

# Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

2



Daniel Sant'Ana  
(Organizador)

# Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

2



Daniel Sant'Ana  
(Organizador)

 **Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
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. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andreza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR



Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Giovanna Sandrini de Azevedo  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Daniel Sant'Ana

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

B299 Base de conhecimentos gerados na engenharia ambiental e sanitária 2 / Organizador Daniel Sant'Ana. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-745-1

DOI 10.22533/at.ed.451211901

1. Engenharia Ambiental e Sanitária. 2.  
Conhecimentos. I. Sant'Ana, Daniel (Organizador). II. Título.  
CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

A coleção *“Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária”* tem como objetivo disseminar o estado atual do conhecimento das diferentes áreas das ciências ambientais e sanitárias, apresentando a evolução do campo científico por meio de diferentes tipos de trabalhos que abordam os aspectos tecnológicos, políticos, econômicos, sociais e ambientais desta disciplina.

Os processos de produção industrial têm gerado grandes volumes de efluentes que podem causar sérios danos ambientais caso os contaminantes presentes na água não sejam removidos. Efluentes da indústria têxtil descarregam corantes em seus resíduos e, com isso, os primeiros três capítulos apresentam diferentes processos de tratamento para sua remoção.

Um dos desafios atuais no tratamento de efluentes está na remoção eficaz de contaminantes emergentes. Os capítulos subsequentes apresentam técnicas de adsorção são apresentadas para remoção de antibiótico em efluentes doméstico (Capítulo 4) e fosfato em sistemas de tratamento de águas residuárias (Capítulo 5). Soluções alternativas no processo de tratamento do esgoto doméstico (Capítulo 7), ou até mesmo o reúso de água provenientes de lagoas de estabilização (Capítulo 6), promovem economia financeira e reduzem impactos ambientais.

Ainda há muito o que evoluir na gestão de resíduos sólidos, desde sua geração até a sua disposição final. Mesmo assim, diferentes estudos vêm apontando soluções com o intuito de mitigar impactos ambientais. Por exemplo, no Capítulo 8, vemos a busca de soluções no processo de secagem de lodo provenientes de lagoas de estabilização (Capítulo 8) para seu aproveitamento como fertilizante ou condicionador de solo.

Evidentemente, quanto maior o número de habitantes de uma cidade, maior são os problemas gerados por resíduos urbanos. Com isso, o Capítulo 9 apresenta indicadores de geração de resíduos domésticos como forma de categorizar o tipo de resíduo e estimar o volume sendo gerado diariamente. É de suma importância traçar um plano de ação para estimular a reciclagem de resíduos sólidos, otimizar os processos de reciclagem (Capítulo 10) e promover a conscientização e educação da população (Capítulo 11). Pois o descuido no descarte de resíduos pode causar sérios danos ambientais pela contaminação do solo (Capítulos 12 e 13).

Um dos maiores desafios do século XXI está na redução da emissão de poluentes na atmosfera, não apenas pelo seu impacto sobre as mudanças climáticas, mas também pelo seu impacto na saúde pública. Com isso, os últimos capítulos abordam os danos ambientais causados por queimas controladas na agricultura, indústria e queima de combustíveis fósseis.

Este segundo volume contou com a contribuição de pesquisadores de diferentes

partes do país, México e Inglaterra, trazendo de forma interdisciplinar, um amplo espectro de trabalhos acadêmicos relativos ao tratamento de efluentes industriais, tratamento de esgotos domésticos, reúso de água, gestão de resíduos, contaminação ambiental e qualidade do ar. Por fim, desejo que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Daniel Sant'Ana

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ESTUDIO TEÓRICO Y EXPERIMENTAL DE PROCESOS FOTOCATALÍTICOS APLICADOS A COLORANTES INDIGÓIDES**

Maria Elba Ortiz Romero Vargas

Marina Violeta Gómez Chávez

Verónica Camargo

**DOI 10.22533/at.ed.4512119011**

### **CAPÍTULO 2..... 13**

#### **DECOLORACIÓN DEL COLORANTE ÍNDIGO CON *ASPERGILLUS NIGER* INMOVILIZADO SOBRE CELULOSA OBTENIDA DE ESPINAS DE NOPAL**

Maria Elba Ortiz Romero Vargas

Federico Augusto Trampe Torija

Raymundo Guzmán Gil

Margarita González-Brambila

José Luis Contreras Larios

Marina Violeta Gómez Chávez

**DOI 10.22533/at.ed.4512119012**

### **CAPÍTULO 3..... 25**

#### **DESCOLORAÇÃO DE ALARANJADO DE METILA EM BATELADA E EM PROCESSO CONTÍNUO**

Cássia Sidney Santana

Otávio Henrique Campos Hamdan

Alisson Henrique Marques da Silva

Bruno Andrade Trindade

Daniele Massote Gibram

Marcelo da Silva Batista

**DOI 10.22533/at.ed.4512119013**

### **CAPÍTULO 4..... 35**

#### **ADSORÇÃO DO ANTIBIÓTICO SULFAMETOXAZOL EM MEIO AQUOSO EMPREGANDO CARVÃO ATIVADO**

Ismael Laurindo Costa Junior

Bruna Ataíde Barros Fonseca

Juliana Bortoli Rodrigues Mees

**DOI 10.22533/at.ed.4512119014**

### **CAPÍTULO 5..... 55**

#### **AVALIAÇÃO DA ADSORÇÃO DE FOSFATO POR GOETHITA NATURAL OBTIDA POR PROCESSO DE DISSOLUÇÃO SELETIVA EM COMPARAÇÃO COM GOETHITA NANOPARTÍCULA SINTÉTICA**

Marcelo Hidemassa Anami

Nathalia Pravatto dos Santos

Gabriella de Moraes Valentim

Maria Eduarda Aranega Pesenti

Leonardo Carmezini Marques  
Jefferson Sussumu de Aguiar Hachiya  
**DOI 10.22533/at.ed.4512119015**

**CAPÍTULO 6..... 66**

**AVALIAÇÃO DA PRÁTICA DE REÚSO COM EFLUENTE DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO**

Marcel Chacon de Souza  
Andre Luis Calado Araújo  
Juliana Delgado Tinôco Araújo

**DOI 10.22533/at.ed.4512119016**

**CAPÍTULO 7..... 74**

**USO DE FLOCOS DE PEAD RECICLÁVEL (POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE) COMO MEIO SUPORTE EM REATOR MBBR TRATANDO ESGOTO SANITÁRIO**

Bruno de Oliveira Freitas  
Maria Teresa Hoffmann  
Luiz Antônio Daniel

**DOI 10.22533/at.ed.4512119017**

**CAPÍTULO 8..... 82**

**ESTUDO DE SECAGEM DE LODO DE LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO EM ESTUFA AGRÍCOLA**

Leticia Amadeu Freddi  
Danielle Bolandim Costa  
Tsunao Matsumoto

**DOI 10.22533/at.ed.4512119018**

**CAPÍTULO 9..... 95**

**GENERACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS EN CHETUMAL QUINTANA ROO, MÉXICO**

José Luis Guevara Franco  
Laura Patricia Flores Castillo  
Norma Angélica Oropeza García  
José Alfonzo Canche Uuh  
Alondra Martínez Flores

**DOI 10.22533/at.ed.4512119019**

**CAPÍTULO 10..... 99**

**IDENTIFICAÇÃO DE RESINAS TERMOPLÁSTICAS PELO TESTE DE CHAMA**

César Augusto Canciam

**DOI 10.22533/at.ed.45121190110**

**CAPÍTULO 11..... 107**

**PROJETO ESCOLA RESÍDUO ZERO – PERZ (ESTUDO DE CASO EM GOIÂNIA)**

Diógenes Aires de Melo  
Giovane Moraes Toledo  
Camila Batista do Carmo

Fabiola Adaianne Oliveira  
Patrícia Elias Sahium  
**DOI 10.22533/at.ed.45121190111**

**CAPÍTULO 12..... 125**

**CONTAMINAÇÃO POR METAIS TÓXICOS EM ATERROS: IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE E À SAÚDE HUMANA**

Lúrian Sâmia de Lacerda Ferreira  
Luze Daiane da Silva Pereira  
Ruy Bessa Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.45121190112**

**CAPÍTULO 13..... 130**

**EFEITO DO PH NA LIXIVIAÇÃO E SOLUBILIDADE DE COMPOSTOS DA AREIA DESCARTADA DE FUNDIÇÃO**

Luanna Di Mario Rocha  
Maria Magdalena Ribas Döll  
Lilian Tais de Gouveia

**DOI 10.22533/at.ed.45121190113**

**CAPÍTULO 14..... 145**

**MUDANÇA TEMPORAL DO USO DO SOLO NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE PEDRA DO CAVALO**

Israel Henrique Ribeiro Rios  
Ana Júlia Dantas Pitangueira  
Lis Correia Barreto

**DOI 10.22533/at.ed.45121190114**

**CAPÍTULO 15..... 159**

**<sup>14</sup>C COMO TRAZADOR DE QUEIMA DE BIOMASSA EN MÉXICO**

Marina Violeta Gómez Chávez  
Maria Elba Ortiz Romero Vargas  
Corina Solís Rosales  
Efraín Chávez Lomelí  
Javier Miranda del Campo  
Javier Aragón Navarro  
Miguel Ángel Martínez Carrillo  
Telma Gloria Castro  
Oscar Augusto Peralta Rosales

**DOI 10.22533/at.ed.45121190115**

**CAPÍTULO 16..... 170**

**ESTUDO DA DEMANDA DE QUEIMA CONTROLADA DE CAMPOS NATIVOS EM MUNICÍPIOS DA REGIÃO SERRANA DE SANTA CATARINA NOS ANOS DE 2009 A 2018**

Débora Cristina Correia Cardoso  
Daniely Neckel Rosini  
Jordana dos Anjos Xavier  
Valter Antonio Becegato



Vitor Rodolfo Becegato  
Alexandre Tadeu Paulino

**DOI 10.22533/at.ed.45121190116**

<b>CAPÍTULO 17.....</b>	<b>185</b>
<b>MEASUREMENT AND MATHEMATICAL MODELLING OF ODOR GASES IN A COLLAGEN AND GELATINE PLANT</b>	
Rafael Geha Serta	
Ângelo Breda	
Juliana Pilato Rodrigues	
Marcio Barreiro Gonçalves	
Antônio Augusto Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45121190117</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>192</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>193</b>

## ESTUDO DE SECAGEM DE LODO DE LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO EM ESTUFA AGRÍCOLA

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 08/11/2020

### Leticia Amadeu Freddi

Universidade estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP  
Ilha Solteira -SP  
<http://lattes.cnpq.br/5593497262753971>

### Danielle Bolandim Costa

Universidade estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP  
Ilha Solteira -SP  
<http://lattes.cnpq.br/5793333514818594>

### Tsunao Matsumoto

Universidade estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP  
Ilha Solteira -SP  
<http://lattes.cnpq.br/9772438921794907>

**RESUMO:** No presente trabalho foi analisado a eficiência de secagem de lodo de lagoa de estabilização numa estufa agrícola. O lodo da lagoa foi retirado por meio de caminhão tipo “limpa-fossa” e transportado até o Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. O lodo foi separado de forma contínua num sistema dotado de decantador de coluna (DC) e floco decantador de manta de lodo (FDML), foi retirado por descarga de fundo destes dispositivos, desaguados e colocados para secagem numa estufa agrícola. Os lodos foram descarregados em bandejas plástica perfuradas, revestidas com manta geotêxtil, Bidim<sup>MR</sup>, de 4mm

de espessura para desaguamento por percolação e evaporação. Após o desaguamento, as bandejas foram colocadas na estufa e mantidas por 10 dias para secagem. Os lodos retirados de cada um dos dispositivos foram analisados em separados, pois o lodo do DC descarregado na bandeja atingia inicialmente 10cm de espessura em todos os 12 ensaios realizados e, ao final do período de secagem, resultaram em média, 1,5cm de espessura e 49% de umidade. Por outro lado, o lodo do FDML foi inicialmente descarregado na bandeja com 14cm de espessura e ao final do período de secagem, resultaram em média, espessura de 0,5cm e 11% de umidade. Pelos resultados observados, foi possível concluir que quanto maior a espessura inicial de lodo na bandeja maior será o tempo para secagem. Ao relacionar estatisticamente os resultados da redução de umidade ao longo do período de secagem com parâmetros climáticos, observou-se que coeficientes de correlação de Pearson foram considerados fracos ou desprezíveis. Porém, foi possível confirmar que a secagem tem relações positivas com a temperatura e evapotranspiração, e negativas com a umidade relativa do ar. Além disto, foi possível demonstrar a capacidade de secagem de lodo desaguado de lagoa de estabilização pela estufa agrícola.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo de Lagoa de Estabilização, Secagem em Estufa Agrícola, Decantador de Coluna, Floco Decantador de Manta de Lodo.

## STABILISATION POND SLUDGE DRYING STUDY IN GREENHOUSE

**ABSTRACT:** In this research was analyzed stabilization pond sludge drying efficiency in the greenhouse. Sludge was withdrawn by vacuum truck and transported to Sanitary Laboratory of Faculty of Engineering of Ilha Solteira. Sludge was separated continued form by system doted with Column Decanter (CD) followed by Sludge Blanket Settler Flocculator (SBSF) and withdrawn by bottom discharges, dewatering, and put to drying at greenhouse. Sludge were discharging on perforated plastic trays covered by geotextile blanket, Bidim™, of 4.0mm thickness for percolation dewatering and evaporation. After dewatering, trays were placed in the greenhouse and maintained for 10 days to drying. Removed sludge from each devices were analyzed in separated because discharged sludge from CD on tray reach initially 10cm thickness in all 12 runs performed and, at the end of drying period, resulted in an average of 1.5cm in thickness and 49% humidity. For other hand, sludge from SBSF was discharged initially on tray with 14cm thickness, after drying period resulted in an average of 0.5cm and 11% humidity. For the observed results was possible to conclude that how greater initial sludge thickness more long will be time for drying. By statistically relating the result of humidity reduction over the drying period with climatic parameters, it was observed that Pearson's correlation coefficients were considered weak or negligible. However, it was possible to confirm that drying has positive relationship with temperature and evapotranspiration, and negative with relative humidity. In addition, it was possible to demonstrate greenhouse dewatered stabilization pond sludge dryer capacity.

**KEYWORDS:** Stabilization Pond Sludge, Drying in Greenhouse, Column Decanter, Sludge Blanket Settler Flocculator.

## 1 | INTRODUÇÃO

O aumento da produção de lodo proveniente das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) tem-se tornado uma preocupação cada vez maior, tanto para a empresa de saneamento básico quanto para a sociedade (DAVID, 2002). A principal preocupação das companhias de saneamento está relacionada ao custo. Com uma maior quantidade de lodo produzido, aumenta-se também os custos com transporte e disposição final deste material.

O lodo gerado em ETE por lagoas de estabilização permanece depositado no fundo das lagoas por longo dos anos, sendo constituído por compostos inorgânicos, compostos orgânicos aportados pelo esgoto, microrganismos, e subprodutos da atividade dos microrganismos (VON SPERLING, 2001; GONÇALVES, 1999). Os lodos brutos contêm, normalmente, de 88% a 99,75% de umidade, que correspondem a um percentual de 12% a 0,25% de sólidos totais e se encontram na forma líquida ou semissólida, dependendo da operação e do processo adotado no tratamento da fase líquida (LIMA, 2010).

O lodo passa por várias etapas de tratamento de modo a alterar e melhorar as características físicas, químicas e biológicas do material. As etapas do processo de tratamento do lodo podem ser divididas em 6 etapas de acordo com Lima (2010), a saber: adensamento, estabilização, condicionamento, desaguamento, higienização e disposição

final em aterro sanitário, reciclagem agrícola, entre outros.

Por outro lado, existe também a preocupação do ponto de vista ambiental. A disposição final do lodo ainda é um desafio para as empresas de saneamento que buscam por soluções que causem o menor impacto ambiental possível e que ainda sejam economicamente viáveis (LIMA, 2010). Atualmente, o lodo pode ter as seguintes destinações finais: aterro sanitário, incineração, deposição oceânica e florestal, e reciclagem agrícola. A última alternativa vem sendo considerada muito promissora, por aplicar o lodo de esgoto como fertilizante e condicionador de solo (ANDREOLI, 2001).

A operação da secagem térmica do lodo é uma das alternativas para a diminuição do peso e volume de lodos, com conseqüente diminuição de custos de transporte e disposição final, além de ser considerado um processo de melhoria da qualidade de lodo, pois elimina os microrganismos patogênicos e preserva a matéria orgânica. A eficiência do processo de secagem térmica é influenciada por uma série de fatores, como: consumo específico de energia, tipo de equipamento utilizado e teores de umidade inicial e final do material (DAVID, 2002).

Por outro lado, a utilização do lodo como fertilizante na agricultura, a qual é uma prática comum na Ásia, Europa, Estados Unidos e Canadá. No Brasil, porém, esta é uma alternativa recente, mas que vem ganhando cada vez mais espaço. Para atingir os padrões de qualidade determinados pela resolução CONAMA 375/06 (BRASIL, 2006) para aplicação na agricultura, o lodo precisa passar pelos processos de estabilização e beneficiamento, para tornar-se um biossólido. A secagem térmica é o processo de tratamento indicado para a produção de biossólido com características aplicáveis na agricultura (DAVID, 2002).

O uso da estufa agrícola como dispositivo de secagem térmica do lodo pode ser uma alternativa vantajosa pois a estufa é capaz de maximizar a energia solar no aquecimento do lodo, retendo calor e, conseqüentemente, acelerando o processo de secagem. Com a redução de umidade, os microrganismos patogênicos também têm suas concentrações reduzidas (LIMA, 2010).

Para averiguar estas vantagens e a capacidade de secagem, a presente pesquisa teve como objetivo principal verificar a eficiência de secagem de lodo desaguado de lagoas de estabilização utilizando estufa agrícola, focando em: tempo de secagem para diferentes teores de umidade, influência da espessura da camada de lodo durante a secagem e influência das condições climáticas.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O lodo foi coletado na ETE do município de Ilha Solteira/SP/Brasil, cuja população é de 25064 habitantes (IBGE, 2010), localizada nas coordenadas 20°25'18" S e 51°21'46,52" W (Figura 01) e projetada para atender uma vazão de 147,50L.s<sup>-1</sup>, com tempo de detenção hidráulica 18,5d. O sistema de tratamento é composto por duas lagoas facultativas primárias

idênticas de em operação desde 1994 (C=458m x L=105m x P=1,50m) e o efluente tratado lançado no Rio Paraná. O lodo foi coletado por caminhão limpa fossa e armazenado em 2 reservatórios com volume de 2.000L cada com agitador (Figura 02) no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS UNESP.

O lodo armazenado nos reservatórios foi mantido homogêneo por meio de um agitador. Uma bomba submersa instalada no reservatório recalcava o lodo para um sistema de separação contínua mostrado na Figura 03 e 04.



Figura 01. Lagoa de Estabilização da ETE de Ilha Solteira



Figura 02. Lodo no reservatório de lodo de 2.000L com agitador

Fonte: Google Maps (2014)

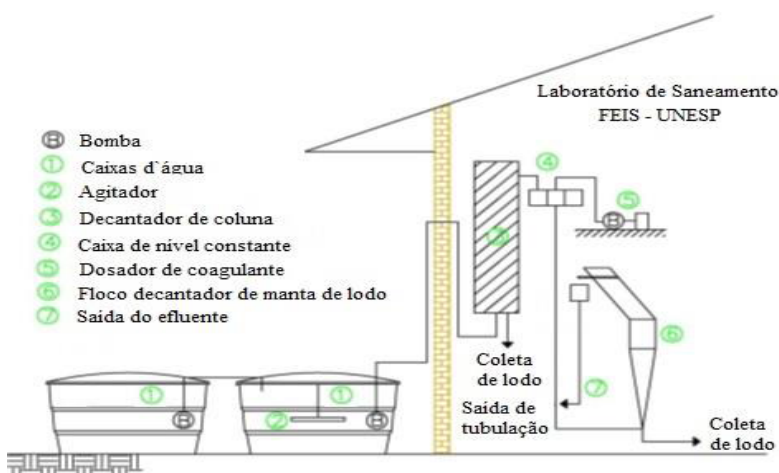


Figura 03. Esquema do sistema de separação contínua do lodo

A Figura 05 mostra a estufa agrícola utilizada para a secagem do lodo. Uma abertura na parte superior de 15cm foi deixada para permitir maior ventilação.

A estrutura da estufa agrícola foi construída com uma base de 3,00x3,00m de lado e altura de 2,78m na parte mais elevada. O material utilizado foi perfis metálicos denominados de “metalón” com 1,5mm de espessura e dimensões variadas como pode ser observado na Figura 05. A cobertura foi executada com plástico transparente de 150mm de espessura.

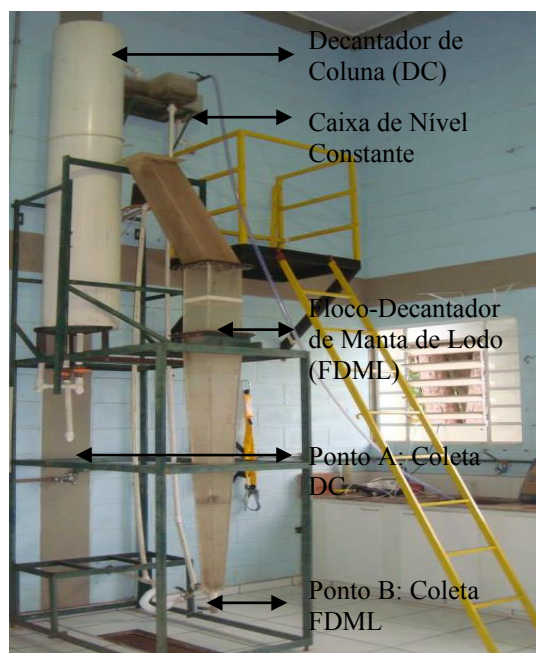


Figura 04. Indicação dos pontos de coleta de lodo, ponto 1 – DC e ponto 2 – FDML, no sistema de separação contínua do lodo

O lodo dos 2 pontos de coleta foi descarregado num leito drenante revestido com manta geotêxtil não tecida, Bidim<sup>MR</sup>. O leito drenante era composto por duas bandejas plástica encaixáveis de dimensões 70x40x15cm e volume útil de 36L. A bandeja superior recebeu 40 furos de 1cm de diâmetro, espalhados ao longo de toda a superfície inferior (Figura 06) para água drenar para a bandeja inferior. Esta bandeja perfurada foi revestida com manta geotêxtil não tecida de 4mm espessura.

O lodo descarregado permanecia no conjunto por cerca de 3 horas até cessar o gotejamento da água da bandeja superior para ser levada à estufa agrícola para secagem natural.





Figura 05. Estufa agrícola utilizada na secagem do lodo

O sistema de separação mostrado foi utilizado por 12 carreiras de ensaios com cerca de 2.000L de lodo para cada carreira, resultando em 12 ensaios de repetição para o presente trabalho. Em cada ensaio utilizou-se duas bandejas para coleta do ponto 1 e uma bandeja para a coleta do ponto 2. No ponto 1 retirava-se cerca de 15L a cada descarga e cada bandeja recebia duas descargas, totalizando aproximadamente 30L. Nas primeiras 3h o desaguamento ocorria mais intensamente e diminuindo ao longo do tempo. No ponto 2, realizou-se 4 descargas de aproximadamente 40L cada, todas descargas na mesma bandeja. Boa parte da água era drenada nas primeiras horas após o descarregamento do lodo na bandeja.

Nas Figuras 06 e 07 são mostradas as bandejas utilizadas nas coletas e desaguamento do lodo retirado do separador contínuo. Sendo uma somente com o revestimento e outra com lodo descarregado sobre a bandeja para desaguamento.



Figura 06 Bandeja furada revestida com manta geotêxtil



Figura 07 Bandeja com lodo descarregado sobre a manta geotêxtil



Na Figura 08 pode-se observar o interior da estufa agrícola durante o processo de secagem de lodos.



Figura 08 -Bandejas com lodo desaguado durante a secagem natural

Durante o período de ensaio foram coletados diariamente dados climáticos como: temperatura média, umidade relativa do ar média, insolação, velocidade do vento, radiação global e evapotranspiração por Penman Monteith. Esses dados foram retirados do site <http://www.agr.feis.unesp.br/clima.php>, (DEFERS, 2014).

Para a determinação da umidade foi coletado amostra do lodo seco de aproximadamente 20 g. Esta amostra foi pesada e colocada em uma estufa a 110°C por 24h e pesado novamente. O teor da umidade com base úmida dado em porcentagem foi obtido pela divisão do peso de água pelo peso da amostra úmida multiplicado por 100.

Os dados de secagem das amostras foram submetidos a análises estatísticas, Teste de Tukey e na determinação dos coeficientes de correlação de Pearson para se certificar das influências ambientais no processo de secagem em estufa agrícola.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A umidade do lodo desaguado e disposto para secagem em estufa foi coletada diariamente num período de 10 dias. As médias do teor de umidade dos ensaios realizados é apresentada na Tabela 01. A umidade média do lodo retirado do DC ao final dos 10 dias de exposição na estufa foi de 50,88% para bandeja 1 e de 40,44% para bandeja 2. Esta diferença está relacionada com a diferença de espessura final da camada de lodo, como pode ser observado na Tabela 02.

Apesar das duas bandejas receberem o mesmo número de descargas do DC e o mesmo volume de lodo, a bandeja 1 recebia a 1ª descarga do dia, sendo esta, geralmente mais pastosa do que a 2ª, devido ao DC não ser esvaziado de um ensaio para outro, tendo um tempo maior para o material contido sedimentar.

Umidade (%)			
Tempo (dias)	DC 1	DC 2	FDML
0	95,19	96,32	98,29
1	91,56	92,52	93,33
2	88,39	89,34	90,47
3	85,60	85,96	86,82
4	83,23	82,29	81,61
5	80,87	79,70	73,08
6	78,43	75,94	60,67
7	75,15	70,97	43,21
8	67,84	59,06	33,43
9	59,19	49,17	22,37
10	50,88	40,44	17,92

Tabela 01. Valor médio de umidade do lodo para cada dia de secagem.

O lodo retirado do FDML apresentou 17,92% de umidade média ao final dos 10 dias de secagem.

A espessura da camada de lodo no desaguamento, em todos os ensaios realizados, foi de 10 cm para o lodo retirado do DC e de 14 cm para o lodo retirado do FDML. As espessuras finais variaram conforme a Tabela 02.

As curvas da Figura 09 representam a secagem média de lodo nas 12 repetições realizadas e as linhas de tendência de secagem dos lodos do DC e do FDML.

Até o 6º dia de secagem, os lodos do DC e do FDML, comportaram de maneira semelhante estatisticamente. A partir do 7º dia ocorreram diferenças, o lodo do FDML apresentou menores teores de umidade (Tabelas 03 e 04).

Espessura final (cm)			
	DC 1	DC 2	FDML
<b>Média</b>	1,7	1,4	0,5
<b>Máxima</b>	3,5	3,0	1,5
<b>Mínima</b>	0,5	0,5	0,1

Tabela 02. Espessura final média, máxima e mínima do lodo seco após 10 dias de secagem em estufa.

	Dias de secagem											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Médias
<b>DC</b>	96,31 A	90,81 A	85,69 A	79,19 A	70,94 A	64,19 A	60,00 A	55,94 A	48,69 A	41,63 A	35,25 A	66,23 A
<b>FDML</b>	98,63 A	93,56 A	88,44 A	80,25 A	67,81 A	57,75 A	47,88 A	34,44 B	26,69 B	17,87 B	14,53 B	57,50 B
<b>Média</b>	97,47	92,19	87,06	79,72	69,38	60,97	53,94	45,19	37,69	30,13	25,23	61,88

Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 03 - Umidade média do lodo, previamente adensado por DC e por FDML, durante o período de 10 dias de secagem em estufa agrícola.

FV	DF	U_LODO	
Tratamento	21	221599,98	**
Decantador	1	7407,72	**
Dias secagem	10	205915,37	**
Dec * dias secos	10	9843,97	*
Erro	328	157345,79	
Total	349	378945,77	
CV		35,39	
Desvio padrão		21,90	
Média		61,89	

\*\* significativo a 1% e; \* significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 04 - Desdobramento da relação entre a umidade do lodo desaguado e os dispositivos utilizados, DC e FDML e os dias de secagem em estufa agrícola.

Na avaliação da relação entre as variáveis climáticas e de secagem, por meio do coeficiente de correlação de Pearson (Tabela 05), os resultados mostraram correlações positivas entre a umidade relativa do ar e a umidade do lodo e entre a chuva e a umidade do lodo.

As correlações positivas indicam que quanto maior o seu valor e o coeficiente de umidade relativa do ar ou de chuva, maior será a relação com o aumento da umidade do lodo. Assim como era esperado que para temperatura, radiação global, ETO-PNM, velocidade do vento e insolação, as correlações resultassem negativas, indicando que altos valores e coeficientes destas variáveis, se relacionam na diminuição da umidade do lodo.

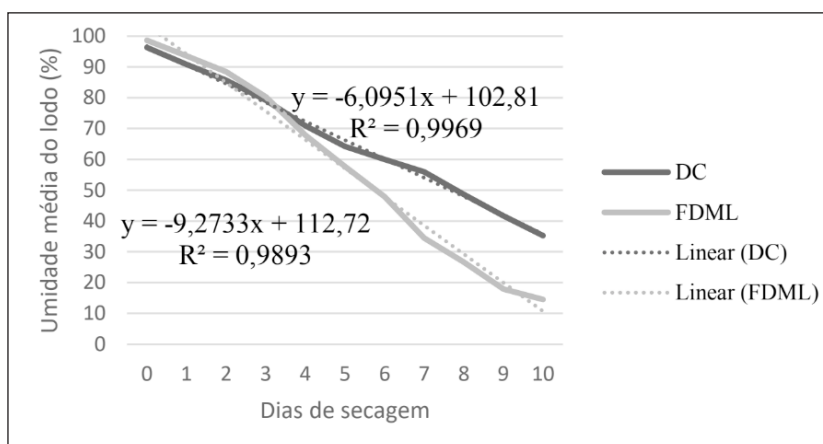


Figura 09 – Umidade média do lodo desaguado durante o período de secagem em estufa agrícola e linhas de tendência de secagem dos lodos do DC e do FDML.

	Temperatura	Umidade Relativa do Ar	Radiação Global	ETO PN-M	Velocidade do Vento	Chuva	Insolação
<b>Umidade do Lodo DC</b>	-0,42	0,52	-0,51	-0,57	-0,27	0,12	-0,19
<b>Umidade do Lodo FDML</b>	-0,31	0,41	-0,31	-0,37	-0,16	0,16	-0,13
<b>ETO PN-M</b>	0,72	-0,81	0,92	1	0,71	-0,03	0,61

Tabela 05 - Coeficientes de correlação de Pearson

Pelos resultados obtidos observou-se diferenças nos coeficientes entre as amostras do lodo do DC e do FDML em algumas das variáveis. Enquanto para a umidade relativa do ar e para chuva, os valores do DC e do FDML ficaram próximos, resultando em correlações positivas moderadas e correlações positivas muito baixas, respectivamente.

E para a insolação, as correlações com a umidade do lodo foram negativas e muito baixas nos dois casos.

Para Temperatura, Radiação global, ETO PN-M e velocidade do vento, as amostras do DC apresentaram correlações negativas moderada, moderada, moderada e baixa, enquanto para as amostras do FDML os resultados foram correlações negativas baixa, baixa, baixa e muito baixa, respectivamente.

Desta forma, entre as variáveis climáticas observadas, as que apresentaram maiores correlações em relação a queda de umidade do lodo foram a ETO PN-M, umidade relativa do ar, radiação global e temperatura. A temperatura média ao longo dos 10 dias de secagem permaneceu em 23,36°C. As temperaturas médias das máximas e mínimas obtidas foram 30,67 e 17,18°C, respectivamente.

Os valores médios de redução de umidade encontrados nesta pesquisa mostraram ser relevantes, assim como os resultados obtidos por Melo (2006) em Campina Grande, no qual a umidade do lodo chegou a 5% num período de 15 dias de secagem natural.

O uso da estufa agrícola permitiu que as amostras de lodo secassem sob condições climáticas naturais, com a vantagem de não utilizar nenhuma outra fonte de energia além da energia solar e dos ventos. Este fato merece destaque, uma vez que as fontes de energia usadas são limpas e inesgotáveis.

Na Figura 10 pode se observar o aspecto da bandeja com o lodo retirado do DC ao longo dos dias de secagem e na Figura 11 as imagens mostram o aspecto do lodo retirado do FDML. Estas Figuras mostraram nitidamente as diferenças nas características dos lodos, como textura e espessura, devido aos diferentes teores e tamanhos de sólidos contidos em cada amostra.

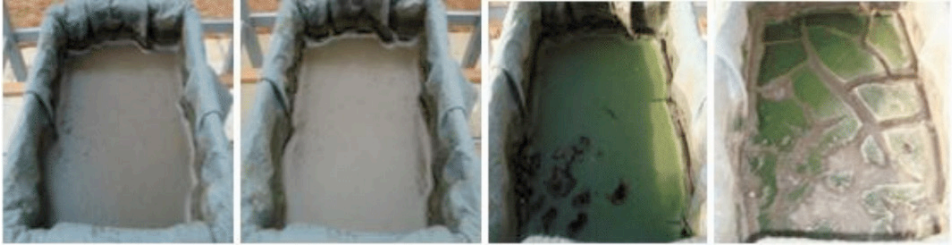


Figura 10 - Evolução da secagem do lodo retirado do DC, com 1, 2, 5 e 10 dias, respectivamente.



Figura 11 - Evolução da secagem do lodo retirado do FDML, com 3, 5 e 7 dias, respectivamente.

O lodo do FDML sempre mais fino em relação ao lodo do DC, notando-se também que ao longo do período de secagem, fissuras começaram a aparecer nas amostras do lodo separado tanto pelo DC, ocorreram por volta do 5º dia como pelo FDML, ocorreram a partir do 3º dia.

Uma análise relacionando a espessura final da camada de lodo desaguado com a umidade final, aos 10 dias de exposição, pode-se observar que na maioria das vezes quanto maior a espessura da camada de lodo inicial maior foi o valor de umidade. A curva de tendência da Figura 12 mostra essa relação destacada pelo comentário.

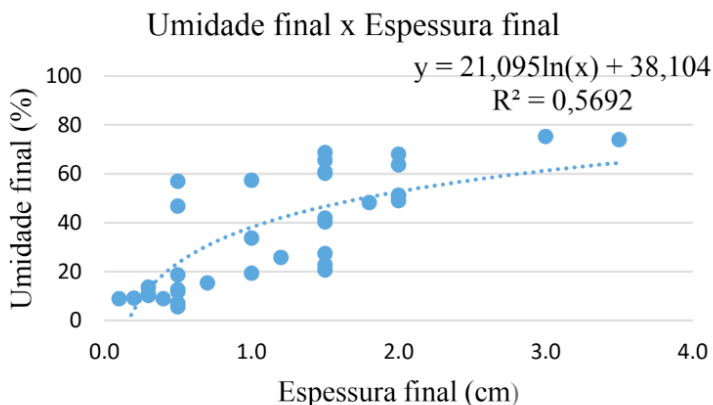


Figura 12 - Relação entre a umidade final e a espessura da camada de lodo final, após 10 dias de secagem em estufa agrícola.

Pela Figura 12, pode-se notar que para uma mesma espessura de camada do lodo encontrou-se diferentes teores de umidade final, isso pode ser justificado porque o material de entrada não foram idênticos nas diferentes repetições, por trazer diferentes composições de sólidos desde o instante em que fôra retirado da lagoa de estabilização, além das diferentes condições climáticas a que foram expostas.

Quando comparar três bandejas de lodo oriundas de cada ensaio (duas do DC e uma do FDML), as quais teoricamente ficaram sob as mesmas condições climáticas, apenas em dois casos a menor espessura resultou em valor de umidade maior, ressaltando que estes ocorreram quando a umidade estavam muito baixos, entre 13,71 e 5,65%. Desta forma, provavelmente a umidade do ar foi absorvida, assim como foi observado por Melo (2006).

Para reduzir o tempo de secagem ou ter o mesmo resultado de umidade relativa aumentando a espessura da camada e com isso tornar a estufa mais eficiente, sugere-se fazer o revolvimento do material em trabalhos futuros.

Vale ressaltar que o clima não sofreu grandes alterações no período do trabalho. Por isso, sugere-se analisar um período de tempo mais longo para melhor analisar a influência de cada parâmetro climático na secagem do lodo.

## 4 | CONCLUSÕES

Com o presente trabalho pode-se concluir que a estufa agrícola utilizada para a secagem de lodo de lagoa de estabilização mostrou ser eficaz.

A estufa permitiu que as amostras secassem sob condições climáticas naturais, não sendo necessária nenhum outro tipo de energia além da energia solar.

Os coeficientes de correlação de Pearson foram considerados fracos ou desprezíveis,

para as relações entre cada parâmetro climático e a redução de umidade.

O lodo retirado do DC foi descarregado na bandeja com 10cm de espessura e ao final dos 10 dias chegou-se a uma média de 1,5cm de espessura com 49% de umidade.

Para o lodo retirado do FDML foi inicialmente descarregado na bandeja com 14cm de espessura e no final dos 10 dias chegou a uma espessura média de 0,5cm com 11% de umidade.

A principal característica que causa influência no tempo de secagem do lodo foi a espessura, pois quanto maior a espessura da camada do lodo maior será o tempo de secagem.

## REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V. **Aproveitamento do lodo gerado em estações de tratamento de água e esgotos sanitários, inclusive com a utilização de técnicas consorciadas com resíduos sólidos urbanos.** Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB. Curitiba/PR, 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 375**, D.O.U. de 29/08/2006, Brasília: Governo Federal, 2006.

DAVID, A. C. **Secagem térmica de lodos de esgoto. Determinação da umidade de equilíbrio.** 163p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo/USP. São Paulo, 2002.

DEFERS - Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP. <http://www.agr.feis.unesp.br/clima.php>. 2014.

GONÇALVES, R. F. **Gerenciamento do lodo de lagoas de estabilização não mecanizadas.** 64p. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Universidade Federal do Espírito Santo/UFES, 1999.

GOOGLE, Google Maps, 2014.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB.** 2010.

LIMA, M. R. P. **Uso de estufa agrícola para secagem e higienização de lodo de esgoto.** 284p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo/USP. São Paulo, 2010.

MELO, A. S. **Contribuição para o dimensionamento de leitos de secagem de lodo.** CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS. Universidade Federal De Campina Grande. Campina Grande – PB. 2006.

VON SPERLING, M. **Lodo de Esgotos: Tratamento e Disposição Final.** In: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 6, 1. ed. – DESA/UFMG, Belo Horizonte, MG; 2001, 484p.



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adsorção 35, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 70, 71, 139, 140

Aerosoles 159, 160, 161, 162, 163, 166, 167, 168

Alaranjado de metila 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33

Área de proteção ambiental 145, 148, 158

Área superficial elevada 74

Aspergillus niger 13, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24

Aterros 125, 131, 132

### C

Celulosa 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24

Colorantes 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 18, 21

Compostagem 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 117, 118, 119, 120, 121, 123, 124

Contaminação ambiental 26, 130

Contaminação hídrica 56

### D

Decantador de coluna 82

### F

Fármacos 35, 36, 37, 38, 39, 46, 47

Floco decantador de manta de lodo 82

Fósforo 55, 56, 57, 58, 62, 63, 64, 65, 66, 70, 71

### I

Índigo carmín 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 21, 22, 23

### L

Lodo de lagoa de estabilização 82, 93

### M

Mathematical air dispersion modeling 186

Meio ambiente 36, 37, 46, 56, 72, 94, 101, 120, 124, 125, 128, 129, 145, 146, 148, 170, 171, 172, 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183

Meio suporte alternativo 74, 75, 76

Metais tóxicos 125, 126, 128

Micropoluentes 35, 39

## **O**

Odour monitoring 186

Odour sensors 186

Óxidos de ferro 55, 57, 58, 59, 62, 63

## **P**

Plástico reciclável 74

Processo contínuo 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33

Processo de lixiviação 130, 131

Processo em batelada 25, 26, 27, 28, 31, 33

## **Q**

Queima de biomassa 159, 160, 161, 162, 166, 167, 168

## **R**

Radiocarbono 160, 161, 162, 167

Reação de Fenton 26

Resíduo sólido 108

Resíduos sólidos domiciliares 95, 96, 97

Resíduo zero 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 121, 123, 124

Resinas 99, 100, 101, 104

## **S**

Saneamento rural 56

Saúde humana 37, 125, 126, 128, 170, 171, 172, 178

Secagem em estufa agrícola 82, 88, 89, 90, 93

Solubilização 130

## **T**

Termoplásticos 99, 100, 105

Tratamiento de agua 1, 13, 14

## **U**

Unidade de conservação 145, 146, 158

Uso do solo 145, 146, 147, 148, 150, 151, 152, 153, 158, 172, 178, 180, 186

# Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

## 2

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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

## 2

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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 