

# 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 Internazionale 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/Seccional 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 Andrezza 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 Adaienne 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>



## MEASUREMENT AND MATHEMATICAL MODELLING OF ODOR GASES IN A COLLAGEN AND GELATINE PLANT

*Data de aceite: 04/01/2021*

**Rafael Geha Serta**

Ambiental RB

**Ângelo Breda**

University of Newcastle

**Juliana Pilato Rodrigues**

Ambiental RB

**Marcio Barreiro Gonçalves**

Ambiental RB

**Antônio Augusto Rodrigues**

Ambiental RB

**ABSTRACT:** The objective of this study was to identify and quantify odor sources throughout the production process of a gelatine and collagen factory located in the interior of Paraná State, Brazil. At the same time, an atmospheric dispersion model was used to identify the radius of coverage and the frequency of perceived values of odor around the company and, thus, propose improvements of control systems or installation of new systems. The  $\text{NH}_3$  (ammonia) and  $\text{H}_2\text{S}/\text{CH}_4\text{S}$  gases (hydrogen sulphide/methyl mercaptan) were measured during 7 consecutive days around emission sources and throughout the company's production process. Thus, the monitoring was performed on the arrival of the trucks with the used raw material (bovine hides), loading of storage hopper, storage shed and effluent treatment station. Electrochemical, automatic and continuous measurement Cairpol's

sensors were used. This equipment records the measurements in ppb (part per billion) every minute and stores them in an internal data logger. During the monitoring period, an anemometer was installed to record wind direction and wind speed data every 5 minutes to correlate with gas measurements. After identification and quantification of odors sources the atmospheric dispersion mathematical model AMS/USEPA AERMOD was implemented. The model requires the following input data: meteorological, topographic, soil use of the study region and gases emission rate for emission sources. The emission rates of non-point sources were estimated using a reversed modeling method. The results of gases measurement showed that the largest sources of emissions are concentrated in the storage hopper, storage sheds, industrial effluent treatment plant and the biofilter outlet used to treat the gases from one of the storage sheds. The mathematical simulation showed that under unfavorable conditions for pollutants dispersion, it is possible to smell  $\text{H}_2\text{S}/\text{CH}_4\text{S}$  within a radius of approximately 5 km from the company. For the  $\text{NH}_3$  this radius is 1.5 km for all people with average sensitivity to odors. A hypothetical scenario was created considering a reduction of 80% in the emission of the gases from the biofilter, process and storage and of 50% from the treatment plant, based on the propositions made for adjustment and implementation of new control systems. This future scenario indicated a decrease in the  $\text{NH}_3$  perception radius to approximately 200 meters from the company and 4 km for  $\text{H}_2\text{S}/\text{CH}_4\text{S}$  in the worst conditions of gases dispersion for the simulated period.

**KEYWORDS:** Odour, odour monitoring, mathematical air dispersion modeling, odour sensors.

**RESUMO:** O objetivo do estudo foi identificar e quantificar as fontes de odor em todo o processo produtivo de uma fábrica de gelatina e colágeno, localizada no interior do Paraná, Brasil. Paralelamente foi empregado um modelo matemático de dispersão de gases odoríferos para identificar o raio de abrangência e a frequência de valores perceptíveis de odor no entorno da empresa e, desta forma, propor melhorias nos sistemas de controle ou instalação de novos sistemas. Os gases  $\text{NH}_3$  (amônia) e  $\text{H}_2\text{S}/\text{CH}_4\text{S}$  (sulfeto de hidrogênio/metilmercaptana) foram medidos durante 7 dias consecutivos no entorno das fontes de emissão e em todo o processo produtivo da empresa. O monitoramento foi realizado na chegada dos caminhões com a matéria prima utilizada (couros de bovinos), no carregamento das moegas, galpão de armazenamento e na estação de tratamento de efluente (ETE). Foram utilizados sensores eletroquímicos automáticos e de medição contínua, da marca Cairpol, que possuem bateria interna e capacidade de armazenamento de dados a cada minuto e fornecem medições em ppb (parte por bilhão). Durante o monitoramento foi instalado um anemômetro para registrar os dados de direção e velocidade do vento a cada 5 minutos, com o intuito de correlacionar com as medições dos gases. Após identificação e quantificação das fontes de odor foi feita a implementação do modelo matemático de dispersão atmosférica AERMOD, da AMS/USEPA. O modelo matemático requer como dados de entrada: dados meteorológicos, topográficos e uso do solo da região de estudo, além de dados da taxa de emissão dos gases das fontes de emissão. As taxas de emissão de fontes não pontuais foram estimadas empregando um método de modelagem reversa. Os resultados das medições dos gases mostraram que as maiores fontes de emissão estão concentradas na moega, barracões de armazenamento, estação de tratamento de efluentes industriais e na saída do biofiltro utilizado para tratar os gases de um dos barracões de armazenamento. A simulação matemática mostrou que em condições desfavoráveis à dispersão de poluentes é possível sentir odor de  $\text{H}_2\text{S}/\text{CH}_4\text{S}$  em um raio aproximado de 5 km da empresa. Para o  $\text{NH}_3$  este raio é de 1,5 km para todas as pessoas com sensibilidade odorífera média. Foi criado um cenário hipotético considerando uma redução de 80% de emissão dos gases no biofiltro, processo e armazenamento e de 50% para ETE, baseado nas proposições feitas para ajuste e implementação de novos sistemas de controle. Este cenário futuro indicou uma diminuição do raio de percepção de  $\text{NH}_3$  para aproximadamente 200 metros da empresa e de 4 km para  $\text{H}_2\text{S}/\text{CH}_4\text{S}$ , nas piores condições de dispersão de gases para o período simulado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Odor, monitoramento de odor, modelagem matemática atmosférica, sensores de odor.

## INTRODUCTION

Odor emitted by industries are the major sources of environmental pollution related claims for air pollution (Henshawet et al., 2006). Odor is the olfactory response of humans to odorous gases, indicating that it is a subjective sensation, with individual characteristic. Odor emissions are a nuisance to neighboring communities due to bad smell and potential health hazards. However, they are rarely monitored on an ongoing basis due to the limitations of the techniques and the lack of legislation. Odoriferous substances can usually be grouped

into three groups: sulfur compounds (hydrogen sulphide, mercaptans), volatile organic compounds and nitrogen-containing compounds (ammonia, amines) (Schifimann, 2001). In several processes some compounds are dominant over the odor, indicating the total odor concentration, as they are present in higher concentrations than other odorants and can be detected in low concentrations through continuous measurement equipment (Karageorgos, 2010). Hydrogen sulfide ( $H_2S$ ), mercaptans ( $CH_4S$ ) and ammonia ( $NH_3$ ) are predominant odoriferous gases in processes using animal raw material, such as gelatine and collagen factories and industrial wastewater treatment plants.  $H_2S$  is a corrosive, colorless, extremely toxic gas with odor of rotten egg. The California Environmental Protection Agency cites that in population terms the average odor threshold of this gas in outdoor environments is in the range of 30 to 50 ppb, for this reason it limits the concentration in the air to 30 ppb, considering the hourly average. Ammonia ( $NH_3$ ) is a colorless gas with an irritating and poisonous odor if inhaled in large quantities (EPA 456, 1995). Nagata (2003) determined the olfactory limit of ammonia, evaluated in the laboratory through the “triangle odor bag” method, at 1,580 ppb. Alberta (Canada) legislation, based on the perception of odors, set the limit of 2,000 ppb for the hourly average of  $NH_3$ . The objective of the study was to identify and quantify the odor emission sources of  $NH_3$  and  $H_2S/CH_4S$  odor gases throughout the production process of a gelatin and collagen factory. After the emission sources were evaluated, the mathematical model AERMOD was used to define the radius of odor coverage in the surroundings of the company and propose improvements or installation of new control systems in odor emission sources.

## METHODS

Area of study is located in Maringá city, state of Paraná (Brazil). The measurements of the gases were carried out with the Cairpol sensors, electrochemical, automatic and continuous measurement. This equipment records the measurements in ppb (part per billion) every minute. All sources of odoriferous substances emitted from the company's production process were monitored as places around the sources too. All measurements were performed for seven days in a row. The emission sources monitored were: on the arrival of the trucks with the used raw material (bovine hides), loading of storage hopper and washing of raw materials, storage sheds, effluent treatment station (ETS) and biofilter outlet. Figure 1 shows the 28 gas monitoring points.

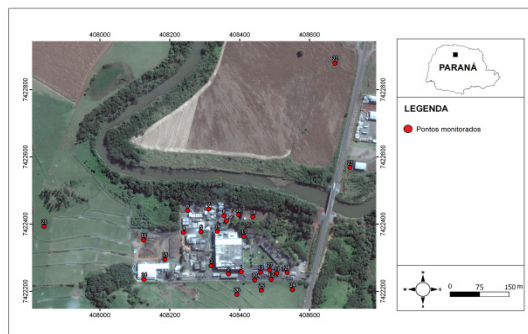


Figure 1: Monitoring points.

During the monitoring period, an anemometer was installed to record wind direction and wind speed data every 5 minutes to correlate with gas measurements. The mathematical modeling of odor dispersion was performed using the AERMOD View. The meteorological input data for the model was obtained for the period from 2013 to 2017 from the meteorological station installed in Maringá city. The terrain data was obtained from the SRTM30, land use data an online database, available at [www.webgis.com](http://www.webgis.com). The emission data of the sources were estimated based on the gas measurements carried out in the field. A square grid of receivers with a size of 10 km x 10 km was defined in two levels of refinement. The first level had dimensions of 2 km x 2 km, spaced every 100 meters and the second level with receivers spaced every 500 m. Two scenarios were simulated: the first one contemplated the real emissions, which were estimated through field measurements. The second scenario considered reductions in  $H_2S/CH_4S$  and  $NH_3$  emissions, with improvement in the design and operation of the biofilter and implementation of new systems for odor control in odor sources, suggesting the installation of gas scrubbers and activated carbon filters. For the biofilter, production process and storage of raw material was considered an 80% reduction of emissions. For the ETS and yard of trucks, as they are open areas, the solution for odor reduction is the use of neutralizers of ambient odor, therefore considered reduction was of 50%.

## FINDINGS AND ARGUMENT

### Gas monitoring

The results of the monitored maximum values of  $H_2S/CH_4S$  and  $NH_3$  were interpolated and superimposed on the aerial image of the study area. Figure 2 shows the maximum monitored concentrations of  $H_2S/CH_4S$ . The maximum values are located throughout the ETS and close to the hopper (beginning of the raw material processing). The maximum

measured concentration was 1000 ppb (maximum scale of equipment used).

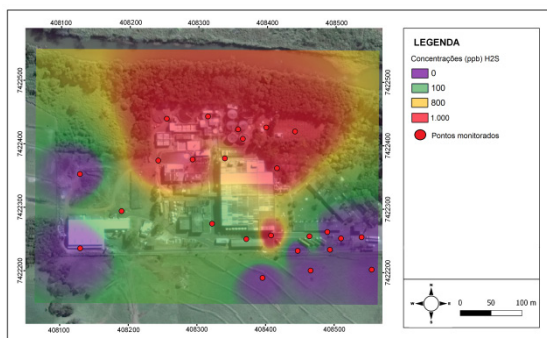


Figure 2: Results for  $H_2S/CH_4S$

Figure 3 shows the maximum concentrations of  $NH_3$  monitored. The maximum values are located in the unloading of the trucks and entrance of the hopper and near the biological filter. The maximum monitored value was 3,079 ppb, near the hopper.

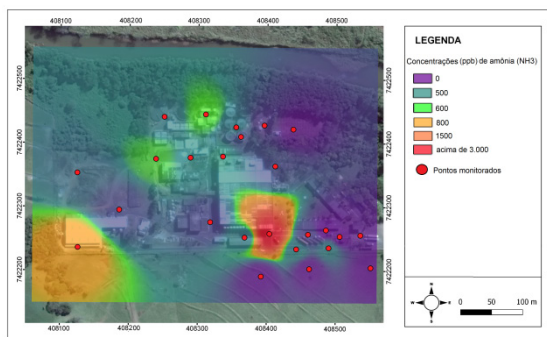


Figure 3: Results for  $NH_3$

The results of the monitoring in the sources of emission indicating the sites of greater emission and allowed the calculation of the emission rate of the odor sources through reverse modeling, which was used as input data in the mathematical model.

## MATHEMATICAL MODELING

### Scenario 1 - $H_2S/CH_4S$

The results of the maximum concentrations of  $H_2S/CH_4S$  are shown in Figure 4.

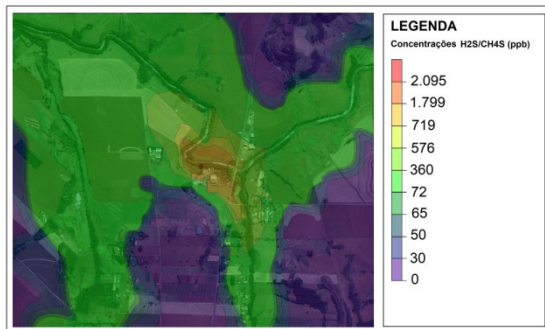


Figure 4: Results for H<sub>2</sub>S/CH<sub>4</sub>S – Scenario 1

The highest concentration of H<sub>2</sub>S/CH<sub>4</sub>S was 2,095 ppb, near the ETS. This simulation showed that in the northwest and southwest directions the concentrations could be higher than 30 ppb at distances higher than 5 km of the company, while in the other directions, the maximum distance is approximately 2.5 km.

### Scenario 1 - NH<sub>3</sub>

The results of the maximum concentrations of NH<sub>3</sub> are shown in Figure 5.

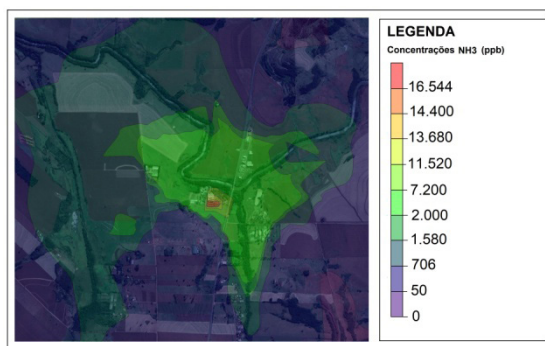


Figure 5: Results for NH<sub>3</sub> – Scenario 1

The odor perception range for NH<sub>3</sub> is concentrations above 1,580 ppb (Nakata, 2003), while Alberta (Canada) legislation sets the limit of 2,000 ppb. The highest concentration of ammonia was 16,544 ppb, close to the truck yard. In a radius of approximately 1.5 km, the concentrations were less than 1,580 ppb, whereas the concentration of 2,000 ppb was restricted to an average radius of approximately 1 km of the company.

### Scenario 2 - H<sub>2</sub>S/CH<sub>4</sub>S

The maximum hourly concentration of H<sub>2</sub>S/CH<sub>4</sub>S was 934 ppb, close to ETS,

indicating a reduction of 55% about scenario 1. The simulation of scenario 2 showed that in the northwest, southwest and east directions the concentrations can be higher than 30 ppb at distances higher than 4 km of the company, while in the other directions, the maximum distance in which concentrations are still higher than 30 ppb is less than 2,5 km.

### Scenario 2 - NH<sub>3</sub>

The highest ammonia concentration was 3,340 ppb, less than 20 meters from the truck yard. This concentration is 80% lower than the maximum concentration in scenario 1. Concentrations above 2,000 ppb were restricted to a distance of approximately 160 m from the company and concentrations of 1,580 ppb at a distance of about 220 m.

## CONCLUSIONS

The main emission sources identified after the monitoring were: ETS, beginning of the raw material processing and storage of the raw material, besides the exit of the Biofilter. The dispersion study showed that in scenario 2 (future) there is a decrease in the NH<sub>3</sub> perception radius to approximately 200 meters of the company in the worst conditions of gas dispersion of the simulated period. For H<sub>2</sub>S/CH<sub>4</sub>S the reduction of the maximum distance of odor perception was not so significant. The main source of emission of this gas is the ETS, which was attributed a reduction of 50% of its emission, because being an open source its odor control should be by means of encapsulators, which do not allow an efficiency as high as the other control systems. The H<sub>2</sub>S/CH<sub>4</sub>S concentration showed a reduction of 55% from scenario 1 to 2. With the simulations carried out, it is possible to conclude that the improvements in the control of emission sources will avoid the annoyance and complaints in the neighboring community and sanctions of the environmental agency.

## REFERENCES

EPA - Environmental Protection Agency. "Control and Pollution Prevention Options for Ammonia Emissions". EPA-456/R-95-002 (1995).

Government of Alberta. Alberta Ambient Air Quality Objectives and Guidelines Summary. AEP, Air Policy, 2016, N<sup>o</sup>. 2.

Henshaw, Paul et al. "Parameters for the assessment of odour impacts on communities". *Atmospheric Environment* 40 (2006): 1016–1029.

Karageorgos, Petros et al. "Characterization and Dispersion Modeling of Odors from a Piggery Facility". *J. Environ. Qual* 39 (2010): 2170–2178.

Nagata, Yoshio. Measurement of Odor Threshold by Triangle Odor Bag Method. Japan Ministry of the Environment, Tokyo (2003).

Schiffman, Susan S. et al. "Quantification of odors and odorants from swine operations in North Carolina". *Agricultural and Forest Meteorology* 108 (2001): 213–240.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**DANIEL SANT'ANA** - Possui doutorado em Uso e Conservação de Água pela Oxford Brookes University - Inglaterra (2010), mestrado em Eficiência Energética e Sustentabilidade em Edificações pela Oxford Brookes University - Inglaterra (2005) e graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (2002). Atualmente, é Professor Associado na Universidade de Brasília (UnB), líder do grupo de pesquisa Água & Ambiente Construído e coordenador do curso de extensão Aproveitamento de Água Pluvial e Reúso de Água. Atua em processos de editoração como Editor Associado no periódico Paranoá, como avaliador ad hoc em periódicos nacionais e periódicos internacionais e é membro do Conselho Editorial da Atena Editora. Foi membro de comitê de assessoramento ad hoc para o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Apoio a Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) e Programa de Iniciação Científica (ProIC/UnB). Foi membro da comissão de estudo especial da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) participando da elaboração das Normas Técnicas NBR 16782 (Conservação de Água em Edificações) e NBR 16783 (Uso de Fontes Alternativas de Água Não Potável em Edificações), e na revisão da Norma Técnica NBR 15527 (Aproveitamento de Água de Chuva). Tem experiência na área de Sustentabilidade com ênfase em Conservação de Água, atuando principalmente nos seguintes temas: Planejamento, Gestão e Governança da Água; Demanda Urbana e Usos-Finais de Água; Uso Racional de Água; e Sistemas Prediais de Água Não Potável.



## 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) 