

# 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 Cremo

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/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 Cremona  
**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>



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

Data de aceite: 04/01/2021

### **Marcelo Hidemassa Anami**

Universidade Estadual de Londrina  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Londrina – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/3307401491797973>

### **Nathalia Pravatto dos Santos**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Londrina  
<http://lattes.cnpq.br/7293573144311921>

### **Gabriella de Moraes Valentim**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Londrina  
<http://lattes.cnpq.br/4286637640654360>

### **Maria Eduarda Aranega Pesenti**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Londrina  
<http://lattes.cnpq.br/5727613613942077>

### **Leonardo Carmezini Marques**

Universidade Estadual de Londrina  
Instituto Federal do Paraná  
Campus Londrina  
<http://lattes.cnpq.br/7559934174616296>

### **Jefferson Sussumu de Aguiar Hachiya**

Universidade Estadual de Londrina  
UTFPR-Londrina  
Instituto Federal do Paraná – Campus Londrina  
<http://lattes.cnpq.br/2703279126438378>

**RESUMO:** O fósforo é um elemento potencialmente prejudicial pelo processo de eutrofização em águas superficiais. Os óxidos de

ferro tem elevada afinidade pelo fosfato devido ao elevado Ponto de Carga Zero. Assim, este trabalho teve por objetivos avaliar a adsorção de fosfato por goethita natural obtido por processo de dissolução seletiva em comparação com goethita nanopartícula sintética. A obtenção da goethita natural ocorreu por processos mecânicos e químicos utilizando hidróxido de sódio na concentração de  $5 \text{ mol.L}^{-1}$ . A síntese de goethita nanopartícula foi baseada na oxidação do sulfato ferroso na presença de bicarbonato de sódio. Para caracterização dos materiais obtidos foram utilizadas técnicas de difração de Raios-X e Fluorescência de Raios-X por energia dispersiva. Os resultados da análise química por fluorescência de Raios-X mostraram uma pureza do óxido de ferro sintético em 99,077% e do óxido de ferro natural em 65,037% antes da dissolução seletiva e 77,291 após a dissolução seletiva, mostrando que parte do silício foi removido pela elevada concentração do álcali. A capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) foi de  $5.505,09 \text{ mg.g}^{-1}$  e  $5.117,076 \text{ mg.g}^{-1}$  para goethita sintética e natural respectivamente. Os valores da constante relacionadas à energia de ligação ficaram em  $0,02841 \text{ mg.L}^{-1}$  e  $0,02959 \text{ mg.L}^{-1}$  e os valores do coeficiente de determinação ficaram em 0,9743 e 0,96516 para para goethita sintética e natural respectivamente. Os resultados mostraram que os valores de adsorção ficaram próximos tendo a goethita natural grande potencial para utilização em sistemas de tratamento de efluentes pois o custo de obtenção é baixo e o pH de trabalho é próximo da neutralidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fósforo, Óxidos de Ferro,

## EVALUATION OF PHOSPHATE ADSORPTION BY NATURAL GOETHITE OBTAINED BY A SELECTIVE DISSOLUTION PROCESS IN COMPARISON WITH GOETHITE SYNTHETIC NANOPARTICLE

**ABSTRACT:** Phosphorus is a potentially harmful element due to the eutrophication process in surface waters. Iron oxides have a high affinity for phosphate due to the high Point of Zero Charge. Therefore, this work aimed to evaluate the phosphate adsorption by natural goethite obtained by selective dissolution process in comparison with goethite nanoparticle synthetic. Natural goethite was obtained by mechanical and chemical processes using sodium hydroxide at a concentration of 5 mol.L<sup>-1</sup>. The synthesis of nanoparticle goethite was based on the oxidation of ferrous sulfate in the presence of sodium bicarbonate. X-ray diffraction and energy dispersive X-ray fluorescence techniques were used to characterize the materials obtained. The results of chemical analysis by X-ray fluorescence showed 99.077% purity of synthetic iron oxide and 65.037% of natural iron oxide before selective dissolution and 77.291% after selective dissolution, showing that part of the silicon was removed by high concentration of alkali. The maximum phosphorus adsorption capacity (MPAC) was 5,505.09 mg.g<sup>-1</sup> and 5,117,076 mg.g<sup>-1</sup> for synthetic and natural goethite, respectively. The constant values related to the binding energy were 0.02841 mg.L<sup>-1</sup> and 0.02959 mg.L<sup>-1</sup> and the values of the determination coefficient were 0.9743 and 0.96516 for synthetic and natural goethite respectively. The results showed that the adsorption values were close, having the natural goethite a great potential of use in wastewater treatment systems due to its low cost of obtaining and working pH, close to neutrality.

**KEYWORDS:** Phosphorus, Iron Oxides, Water Contamination, Rural Sanitation.

## INTRODUÇÃO

A necessidade de alimentar uma população urbana crescente, faz com que os métodos de produção agrícola e pecuária se intensifiquem gerando problemas ao meio ambiente pela produção de resíduos sólidos e líquidos em grande proporção que demanda do uso de mecanismos para atenuar esta poluição.

Uma das principais fontes de poluição no meio rural é a produção de dejetos de animais. O despejo de dejetos de animais no solo ou nas águas superficiais, sem tratamento adequado pode ocasionar problemas ambientais como a contaminação de cursos d'água e rios devido à elevada carga orgânica e pela presença de nutrientes como o fósforo e o nitrogênio.

O fósforo é um importante elemento para produção vegetal, pois é essencial para as plantas, porém quando gerado pela produção pecuária ou pela agroindústria e carreado do solo para as águas superficiais por processos erosivos, pode provocar a eutrofização das águas. O disponibilidade do fósforo no solo varia em função de que pode ser retido facilmente na superfície e subsuperfície dos solos devido a mudanças químicas e adsorção. Sendo o décimo elemento na natureza, não ocorre na forma elementar por ser facilmente oxidado,

e os compostos comumente encontrados no solo são apatitas, sobretudo as fluorapatitas, e apesar de relativamente abundante na litosfera não é exigido em quantidades grandes pelas plantas (MELLO et al., 1987).

Está presente, tipicamente, como íon fosfato em sistemas de tanques sépticos, lixiviado de disposição sanitária no solo e em sistemas de disposição direta no solo de águas residuárias. O fosfato pode se ligar fortemente com minerais de Fe e Al em solos que tendem de ácido para neutro e se ligar com Ca em solos que tendem de neutro para alcalino (CANTER et al. 1987).

Os óxidos de ferro têm se tornado importante, devido os seus mais variados usos e pelo fato que além de ser componente de sistemas naturais, tem sido utilizado nas áreas de engenharia civil, sanitária e química, mais recentemente nas áreas de biologia e ciências médicas (BIGHAM et al. 2002).

Dos óxidos e hidróxidos de ferro existentes na natureza, oito são de importância nos estudos de ciência do solo, geologia e mineralogia: Lepidocrocita ( $\gamma$ -FeOOH), ferrihidrita ( $5\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ), goethita ( $\alpha$ -FeOOH), akaganeita ( $\beta$ -FeOOH), feroxita ( $\delta'$ -FeOOH), magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), maghemita ( $\gamma$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e hematita ( $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) estes tem ocorrência natural, porém podem ser sintetizadas no laboratório (COSTA e BIGHAM, 2009).

Utilizar as nanopartículas sintéticas de ferro apresentam propriedades interessantes, pois estão na forma pura o que não acontece na natureza, tendo assim importância em estudos de geologia, mineralogia e mais recentemente nas áreas de engenharia ambiental e sanitária (COSTA & BIGHAM, 2009).

Um dos óxidos de ferro mais abundantes na crosta terrestre, a goethita, por ser de característica amorfa, ter um ponto de carga zero elevado e sendo dependente do pH, gera um recobrimento de partículas em seu entorno carregadas negativamente e em função disto a carga característica das partículas do solo é alterada, mudando também as suas propriedades físico-químicas (YONG, 2001). Assim a goethita passa a adsorver cátions apenas em pH acima de 9, valor esse que raramente é alcançado em solos intemperizados do Brasil.

Segundo Orlov (1992), a adsorção é um fenômeno que se refere à acumulação de substâncias na interface sólido-solução e pode ser resultante de interações química ou física de moléculas dispersas na fase líquida com a superfície sólida. Olsen e Watanabe (1957) estudaram a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) em solos.

Segundo Vilar (2010), existem dois pressupostos básicos para que a isoterma represente a adsorção: a primeira é de a adsorção ocorra numa monocamada; e a segunda é que a energia de ligação não vai variar com o montante de elemento adsorvido.

A elevada afinidade que a goethita têm pelo fosfato, em pH abaixo do ponto de carga zero, pode se tornar importante para remoção deste elemento de água residuária, porém os seus efeitos quando em solução, ainda não são bem conhecidos quando relacionados contaminação de águas, além do fato de que posteriormente o fósforo adsorvido pelo óxido

de ferro, pode ser separada por processos físico-químicos.

Este trabalho teve por objetivo determinar a capacidade máxima de adsorção de fósforo por goethita natural obtida por processo de dissolução seletiva em comparação com goethita nanopartícula sintética verificando o seu potencial para utilização em sistemas de tratamento de águas residuárias.

## **MATERIAIS E METODOS**

### **Obtenção do óxido de ferro natural**

As rochas foram coletadas na região Sudoeste do Paraná, estavam em local de fácil acesso próximo de uma estrada rural. Os solos do local são classificados como Latossolos Brunos tendo estas como característica a coloração amarelada em função de o óxido de ferro predominante é a goethita conforme descrito por Sambatti (2004).

As rochas foram quebradas com auxílio de uma marreta, após a separação da porção amarelada, foram moídas em graal para que ficassem com granulometria de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar). Após foi separada uma massa de 50g de amostra (TFSA), sendo colocados em frascos de agitação com capacidade de 0,5 L. Em seguida, adicionou-se NaOH 0,02 mol L<sup>-1</sup> como agente dispersante sendo submetidas à dispersão mecânica utilizando-se dispersor de solos. Separaram-se a fração areia por tamisamento (retido em peneira com malha de 0,053 mm) e a fração argila por sifonamento após sedimentação da fração silte, conforme lei de Stokes. Após a separação da fração argila, foi utilizado um ímã permanente de neodímio para separar a fração magnética. A fração argila separada foi floculada com MgCl<sub>2</sub> 1,0 mol L<sup>-1</sup>, sendo o excesso de Mg<sup>2+</sup> e Cl<sup>-</sup> removido por lavagens sucessivas com água deionizada. Em seguida, o material foi congelado e liofilizado (PERROTT, 1977). A dissolução da caulinita e da gibbsita foi realizada na fração argila, utilizando-se NaOH 5 mol L<sup>-1</sup> a quente (KÄMPF & SCHWERTMANN, 1982).

### **Síntese de óxido de ferro (goethita)**

A metodologia utilizada para a síntese da goethita proposta por Schwertmann e Cornell (2000) foram realizadas em duas bateladas. Foram dissolvidas 19,8 gramas de FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O p.a. com pureza mínima de 99,0% em dois litros de água destilada, porém sem o prévio aborbulhamento por N<sub>2</sub> para remover o oxigênio dissolvido. A solução foi preparada em um becker plástico de dois litros de boca larga, tendo adicionado 220 ml de solução de NaHCO<sub>3</sub> 1M. A oxidação completou dentro de 48 horas. Durante este período, a cor da suspensão mudou de um verde azulado para ocre. O pH durante a oxidação foi mantido em torno de 7 devido ao tamponamento do NaHCO<sub>3</sub>.

### **Caracterização dos óxidos de ferro**

Triplicatas do material, na forma de pó (aproximadamente 1 g), foram colocadas

em porta amostra e analisadas por fluorescência de Raios-X por energia dispersiva em equipamento Shimadzu EDX-7000.

O resíduo, na forma de pó foi submetido à análise de difração de raios X (DRX) num equipamento equipado com cátodo de Co, filtro de Ni e radiação  $K\alpha$ , operando a 30 mA e 40 kV. A velocidade de varredura foi de  $0,02\ ^\circ 2\theta$  por 0,6 s, numa amplitude de 10 a  $70\ ^\circ 2\theta$  para os óxidos de Fe concentrados (EMBRAPA, 1997).

### **Adsorção de fosforo em óxidos de ferro sintético e natural**

A determinação da Capacidade Máxima de Adsorção de fosforo (CMAP) por óxidos de ferro sintético e natural, foi feita segundo descrito por Villar et al. (2010).

Duplicatas, com 100mg de amostra, serão colocadas em tubos de vidro com tampa que receberão soluções de KCl 0,01M ou  $CaCl_2$  0,01M com pH igual a 6, e quantidades crescentes dos metais pesados (zinco, chumbo, cádmio) (0; 10; 20; 40; 80; 160  $mg \cdot dm^{-3}$  de P) na forma solúvel. Em seguida os tubos serão agitadas horizontalmente em mesa agitadora a 60 oscilações por minuto durante 4 horas e após 24 horas de contato mineral soluções, serão centrifugados por 30 minutos à 4000 rpm e então será realizada a determinação dos íons remanescentes na solução sobrenadante através de método descrito no manual de análise de solos da EMBRAPA, (1997).

As quantidades adsorvidas foram determinadas por diferença entre as concentrações iniciais e as concentrações equilíbrio das soluções. Os valores das concentrações de equilíbrio e os respectivos valores de elementos adsorvidos foram então submetidos ao ajuste da isoterma de Langmuir, que depois de linearizada, foram utilizadas para estimar o valor da CMAP a partir da declividade da reta e energia de ligação a partir do valor da interseção, conforme descrito por (VILLAR et al. 2010).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados da dissolução seletiva, analisados por difração por Raios-X apresentados na figura 1 mostram que os minerais que estavam presentes na amostra inicial (figura 1) antes da dissolução não aparecem na amostra após a dissolução e antes da lavagem (figura 2) e que após a lavagem ácida sobram somente a goethita e o quartzo (figura 3). A goethita nanopartícula sintética é apresentada na figura 4.

Os resultados dos difratogramas de Raio-X mostrados nas figuras 1, 2, 3 e 4, possuem os picos característicos e intensidades compatíveis com o padrão ICDD-PDF: 081-0464 para goethita, ICDD-PDF: 029-0041 para gibsitita, ICDD-PDF: 027-1402 para silício, ICDD-PDF: 001-0527 para caulinita, ICDD-PDF: 074-2220 para quartzo e ICDD-PDF: 080-0625 para sodalita (JCPDS, 2003).

Os resultados da análise química por fluorescência de Raios-X por energia dispersiva é apresentada na tabela 1 e os valores confirmam os resultados obtidos por difração por

Raios-X, onde na segunda coluna não aparece o elemento alumínio, que foi dissolvido e removido do sistema após a dissolução seletiva e lavagens sucessivas.

Para a goethita sintética apresentada na terceira coluna da tabela 1 está de acordo com a qualidade do reagente utilizado que apresentava 99,0% de pureza e que os contaminantes possíveis eram o manganês e zinco, sendo que estes elementos não aparecem nos difratogramas, devido a sensibilidade do método, pois os elementos estão abaixo de 1,5%.

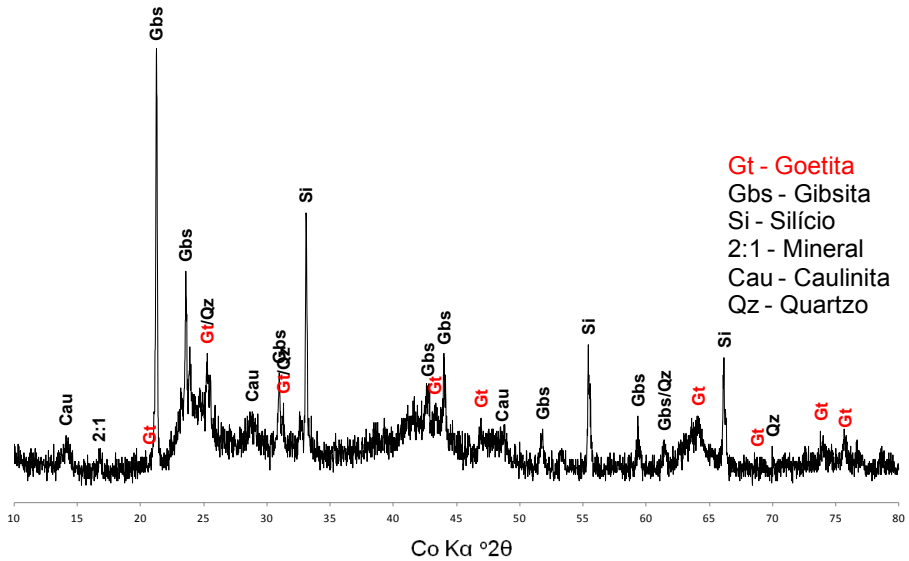


Figura 1 – Difratograma de Raios-X antes da dissolução

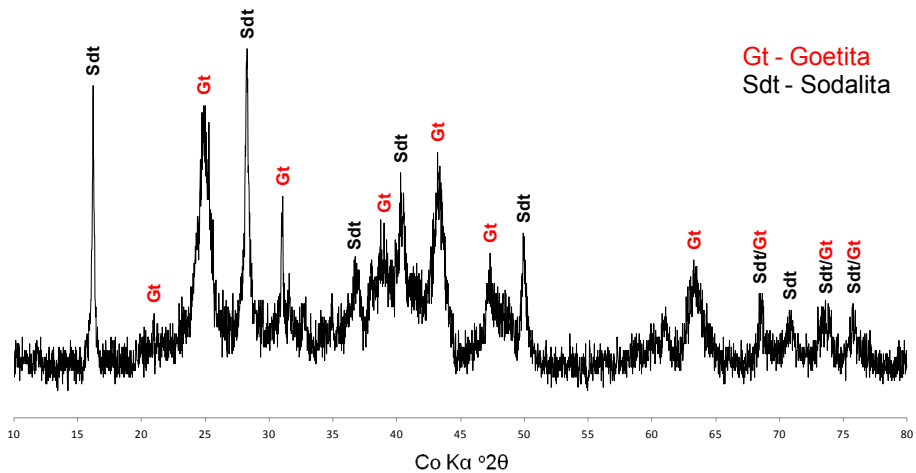


Figura 2 – Difratogramas de Raios-X após a dissolução e antes das lavagens ácidas.

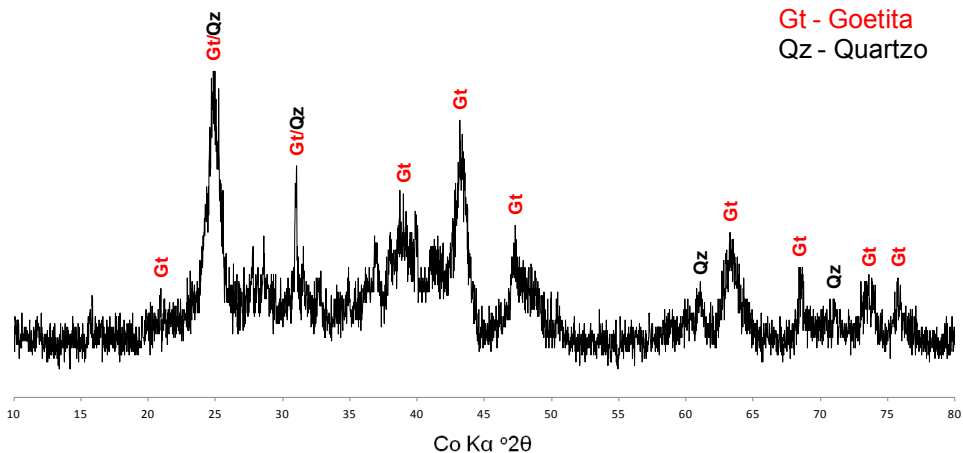


Figura 3 – Difratoograma de Raios-X após a dissolução e após as lavagens ácidas.

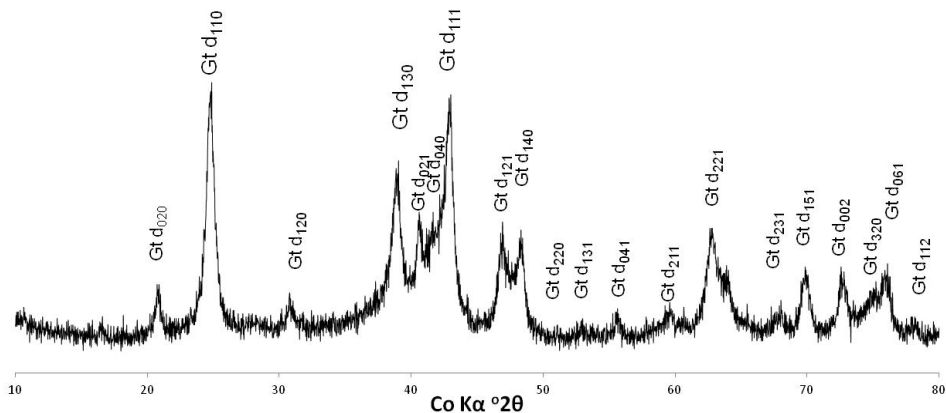


Figura 4 – Difratoograma de Raios-X Goethita sintética.

Elemento	Quantidade antes da dissolução	Quantidade após a dissolução	Goethita Sintética
Fe %	65,037	77,291	99,077
Si %	20,54	18,393	0,000
Al %	7,306	0,000	0,000
Ti %	4,104	3,545	0,000
P %	1,224	0,000	0,000
K %	0,752	0,000	0,000
V %	0,243	0,000	0,000
Cu %	0,232	0,151	0,000
Zr %	0,21	0,227	0,000
Ca %	0,164	0,043	0,000

Mn %	0,131	0,175	0,360
Zn %	0,057	0,000	0,303
S %	0,000	0,000	0,216

Tabela 1 – Resultados da análise química por fluorescência de Raios-X por energia dispersiva.

Na tabela 2 são apresentados os resultados da capacidade máxima de adsorção de fósforo para goethita sintética e goethita natural.

Óxido de Ferro	R <sup>2</sup>	CMAP	
		µg.g <sup>-1</sup>	µg.mL <sup>-1</sup>
Goethita sintética	0,97433	5.505,09	0,02841
Goethita natural	0,96516	5.117,076	0,02859

k: constante relacionada com a energia de ligação do fosfato no óxido de ferro

CMAP: capacidade máxima de adsorção de fósforo

Tabela 2 – Resultados do ajuste utilizando a isoterma de Langmuir.

Os resultados mostram que as quantidades adsorvidas ficaram próximas e as energias de ligação também. Os coeficientes de ajustes ficaram acima de 90% confirmando a excelente qualidade do ajuste.

A goethita tem elevada capacidade de adsorção de fósforo em função de que as ligações realizados por este composto, tanto sintético como a natural, são de esfera interna e estas ligações são mais estáveis do que as ligações de esfera externa, porque envolve ligações iônicas ou covalentes entre os cátions metálicos e os ligantes (SPOSITO, 2008).

Villar et al., 2010, estudando a capacidade máxima de adsorção de fósforo em Latossolos no Estado do Paraná, constataram a grande quantidade de fósforo adsorvido no solo influenciada pela presença de goethita na fração argila do solo.

A faixa de pH utilizada neste trabalho ficou ao redor de 6,2 o que indica que a predominância de cargas positivas na estrutura dos óxidos de ferro conforme mostrado na figura 5.



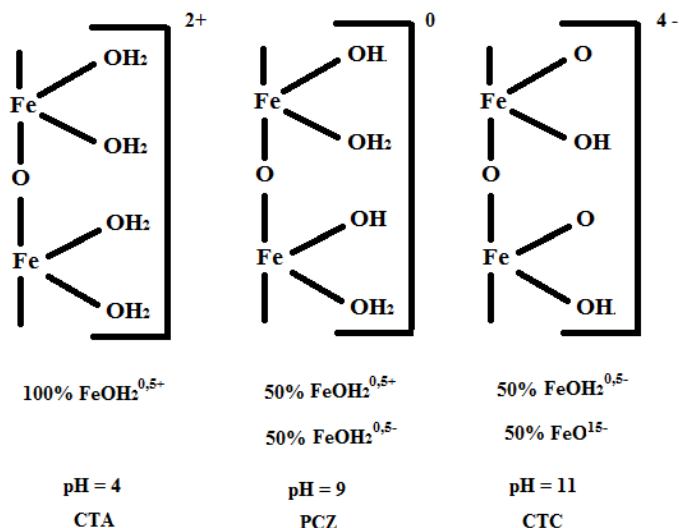


Figura 5 - Variação da carga em função do pH das goethitas.

Fonte: COSTA e BIGHAM (2009).

Assim explicação para a eficiência na adsorção de fosfato por óxidos de ferro diz respeito ao ponto de carga zero (PCZ), definido como o ponto onde cargas positivas e negativas se equilibram abaixo da qual os minerais adsorvem ânions e acima adsorvem cátions (SPOSITO, 2008).

O pH é um dos fatores que influencia fortemente a adsorção do fosfato por óxidos de ferro, assim outras pesquisas são necessárias para determinar em qual pH tem-se a maior eficiência. (COSTA e BIGHAM, 2009).

Motta et al.2002, estudando principais Latossolos brasileiros, constatou uma adsorção que variou de 324 mg.kg<sup>-1</sup> em Latossolos amarelos a 3000 mg.kg<sup>-1</sup> em Latossolos Vermelhos e constatou que as maiores adsorções estão relacionados à presença de óxidos de ferro cristalinos como hematita e maghemita e os teores de goethita nestes solos estudados era proporcionalmente pequenos quando comparados aos outros óxidos de ferro.

## CONCLUSÕES

Os óxidos de ferro sintético e natural apresentaram elevada capacidade de adsorção de fósforo.

A energia de ligação obtida pelo ajuste da isoterma de Langmuir, demonstrou que tanto a goethita nanopartícula sintética e a goethita natural são equivalentes.

Existe elevado potencial de uso da goethita natural para utilização em sistemas

de tratamento de água residuária para remoção do fósforo, devido ao baixo custo para obtenção.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), ao Instituto Federal do Paraná (IFPR) e Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, ao Laboratório Multiusuário do Campus Londrina, pelo apoio financeiro e na realização das análises. Agradecimento especial ao Prof. PhD. Antonio Carlos Saraiva da Costa e ao COMCAP/UEM, pela realização dos difratogramas de Raios-X essenciais ao projeto.

## REFERÊNCIAS

BIGHAM J. M.; FITZPATRICK R. W.; SCHULZE D. G. Iron oxides. In: DIXON J. B.; SCHULZE D. G. (Org.). Soil mineralogy with environmental applications. v. 7. *Soil Science Society of America*, Madison, p. 323–366, 2002.

CANTER, L. W.; KNOX, R. C.; FAIRCHILD, D. M. *Ground water quality protection*. New York: Lewis Publishers Inc., 256 p, 1987.

COSTA. A. C. S.; BIGHAM, J. M. *Óxidos de ferro*. In: MELO, V. F.; ALLEONI, R. F. (eds.) Química e mineralogia do solo, parte 1. Viçosa, SBCS, 695p, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 212 p. 1997. (EMBRAPACNPS. Documentos, 1).

JOINT COMMITTEE ON POWER DIFFRACTION STANDARDS – JCPDS. International Center for Diffraction Data, 2003.

KÄMPF, N.; SCHWERTMANN, U. Goethite and hematite in a climosequência in Southern Brazil and their application in classification of kaolinitic Soils. *Geoderma*, v. 29, p.27-39, 1982.

MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. F.; COBRA NETTO, A.; KIEHL, J. C. *Fertilidade do solo*, Piracicaba: Nobel, 1987.

MOTTA, P. E. F., CURI, N., SIQUEIRA, J. O., VAN RAIJ, B., FURTINI NETO, A. E. & LIMA, J. M. Adsorção e formas de fósforo em latossolos: influência da mineralogia e histórico de uso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.349-359, 2002

OLSEN, S. R.; WATANABE, F. S. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir isotherm. *Soil Science Society of America Journal*, v. 21, n. 2, p. 144-149, 1957.

ORLOV, D. S. *Soil chemistry*. Brookfield, VT:AA Balkema Publishers, 1992, 390p.

PERROTT, K.W. Surface charge characteristics of amorphous aluminosilicates. *Clays and Clay Minerals*, v.25, p.417-421, 1977.

SAMBATTI, J. A. *Mineralogia e adsorção de fósforo da fração argila de latossolos provenientes do intemperismo de rochas vulcânicas do terceiro planalto paranaense*, 2004. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual de Maringá, 2004.

SCHWERTMANN, U.; CORNELL, R. M. *Iron oxides in the laboratory - Preparation and characterization*. Weinheim: Verlagsgesellschaft, 2000, 188p

SPOSITO, G. *The Chemistry of Soils*. New York: Oxford University, 2008. 344 p.

VILAR, C.C.; COSTA, ACS, HOEPERS, A., SOUZA JUNIOR, I.G. DE. Capacidade máxima de adsorção de fósforo relacionada a formas de ferro e alumínio em solos subtropicais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo (Impresso)*, v.34, p.1059 - 1068, 2010.

YONG, R.N. *Geoenvironmental engineering: contaminated soils, pollutant fate and mitigation*. CRC Press LLC. 2001. p.42.

## 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) 