



Helenton Carlos Da Silva
(Organizador)

Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 2

 **Atena**
Editora

Ano 2020



Helenton Carlos Da Silva
(Organizador)

Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 2

 **Atena**
Editora

Ano 2020

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. 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
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

D371 Demandas essenciais para o avanço da engenharia sanitária e ambiental 2 [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-947-9

DOI 10.22533/at.ed.479202101

1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária. I. Silva, Helenton Carlos da.

CDD 628.362

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

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

Prof. Dr. Antonio 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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. 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

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

APRESENTAÇÃO

A obra *“Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental”* aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu I volume, apresenta, em seus 28 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia sanitária e ambiental, tendo como base suas demandas essenciais interfaces ao avanço do conhecimento.

Os serviços inerentes ao saneamento são essenciais para a promoção da saúde pública, desta forma, a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas constitui fator de prevenção de doenças, onde a água em quantidade insuficiente ou qualidade imprópria para consumo humano poderá ser causadora de doenças; observa-se ainda o mesmo quanto à inexistência e pouca efetividade dos serviços de esgotamento sanitário, limpeza pública e manejo de resíduos sólidos e de drenagem urbana.

Destaca-se ainda que entre os muitos usuários da água, há um setor que apresenta a maior interação e interface com o de recursos hídricos, sendo ele o setor de saneamento.

O plano de saneamento básico é o instrumento indispensável da política pública de saneamento e obrigatório para a contratação ou concessão desses serviços. A política e o plano devem ser elaborados pelos municípios individualmente ou organizados em consórcio, e essa responsabilidade não pode ser delegada. O Plano deve expressar o compromisso coletivo da sociedade em relação à forma de construir o saneamento. Deve partir da análise da realidade e traçar os objetivos e estratégias para transformá-la positivamente e, assim, definir como cada segmento irá se comportar para atingir as metas traçadas.

Dentro deste contexto podemos destacar que o saneamento básico é envolto de muita complexidade, na área da engenharia sanitária e ambiental, pois muitas vezes é visto a partir dos seus fins, e não exclusivamente dos meios necessários para atingir os objetivos almejados.

Neste contexto, abrem-se diversas opções que necessitam de abordagens disciplinares, abrangendo um importante conjunto de áreas de conhecimento, desde as ciências humanas até as ciências da saúde, obviamente transitando pelas tecnologias e pelas ciências sociais aplicadas. Se o objeto saneamento básico encontra-se na interseção entre o ambiente, o ser humano e as técnicas podem ser facilmente traçados distintos percursos multidisciplinares, potencialmente enriquecedores para a sua compreensão.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados a estas diversas demandas essenciais do conhecimento da engenharia sanitária e ambiental. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do

conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A UTOPIA DA UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO NO BRASIL	
Marcelo Motta Veiga	
DOI 10.22533/at.ed.4792021011	
CAPÍTULO 2	13
ANÁLISE DE UMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA MIGRAR AO MERCADO LIVRE DE ENERGIA	
Leonardo Nascimento de Oliveira	
Luis Henrique Pereira da Silva	
Milton Tavares de Melo Neto	
DOI 10.22533/at.ed.4792021012	
CAPÍTULO 3	23
APLICABILIDADE DOS INDICADORES DO DIAGNÓSTICO NO PLANO DE SANEAMENTO BÁSICO DE BELÉM	
Arthur Julio Arrais Barros	
Marise Teles Condurú	
José Almir Rodrigues Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.4792021013	
CAPÍTULO 4	41
APLICAÇÃO DA ULTRAFILTRAÇÃO NO PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTE SANITÁRIO VISANDO O REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL	
Layane Priscila de Azevedo Silva	
Marcos André Capitulino de Barros Filho	
Larissa Caroline Saraiva Ferreira	
Moisés Andrade de Farias Queiróz	
Alex Pinheiro Feitosa	
DOI 10.22533/at.ed.4792021014	
CAPÍTULO 5	51
APLICAÇÃO WEB PARA PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO	
Rafael Pereira Maciel	
Luís Henrique Magalhães Costa	
Nágila Veiga Adrião Monteiro	
Liércio André Isoldi	
DOI 10.22533/at.ed.4792021015	
CAPÍTULO 6	64
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE LAGOAS APLICADAS AO TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS APÓS REMOÇÃO DE LODO	
Yasmine Westphal Benedet	
Patrick Ikaru Ferraz Suzuki	
Nattália Tose Lopes	
Sara Cristina Silva	
DOI 10.22533/at.ed.4792021016	

CAPÍTULO 7	75
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO EM UMA INDÚSTRIA DE CALÇADOS VISANDO REÚSO NÃO POTÁVEL	
Layane Priscila de Azevedo Silva Matheus Frazão Arruda Diniz Julyenne Kerolainy Leite Lima	
DOI 10.22533/at.ed.4792021017	
CAPÍTULO 8	84
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS E OPERACIONAIS EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	
Ingrid Moreno Mamedes Karytany Ulian Dalla Costa	
DOI 10.22533/at.ed.4792021018	
CAPÍTULO 9	93
AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ULTRAFILTRAÇÃO POR MEMBRANAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO NA ETA ENGENHEIRO RODOLFO JOSÉ COSTA E SILVA	
Mara Yoshino de Castro	
DOI 10.22533/at.ed.4792021019	
CAPÍTULO 10	110
BIOFILTRAÇÃO PARA TRATAMENTO DE SULFETO DE HIDROGÊNIO	
Monise Fernandes Melo Alexandre Prado Rocha Michele Lopes Cerqueira	
DOI 10.22533/at.ed.47920210110	
CAPÍTULO 11	115
IV-027 – COLIFORMES TERMOTOLERANTES E TOTAIS COMO INDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CASCAÃO, SALVADOR-BA	
Maiza Moreira Campos de Oliveira Adriano Braga dos Santos Alessandra Argolo Espírito Santo	
DOI 10.22533/at.ed.47920210111	
CAPÍTULO 12	125
CONTROLE DE OCORRÊNCIA DE MAUS ODORES EM ETE COM SISTEMA COMBINADO ANERÓBIO/AERÓBIO: REATOR UASB E LODOS ATIVADOS	
Lucas Martins Machado Cláudio Leite de Souza Bruna Coelho Lopes Roberto Meireles Glória Déborah de Freitas Melo	
DOI 10.22533/at.ed.47920210112	

CAPÍTULO 13 138

DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS DE CONTROLE DE EFLUENTES INDUSTRIAIS NO MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA-MG

Paula Rafaela Silva Fonseca
Sue Ellen Costa Bottrel
Ricardo Stahlschmidt Pinto Silva
Júlio César Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.47920210113

CAPÍTULO 14 148

DEFINIÇÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA COM INTERMITÊNCIAS ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO HIDRÁULICA – ESTUDO DE CASO - SÃO BENTO DO UNA - PE

Hudson Tiago dos S. Pedrosa
Marcos Henrique Vieira de Mendonça

DOI 10.22533/at.ed.47920210114

CAPÍTULO 15 158

DESINFECÇÃO DE EFLUENTE DE FBP UTILIZANDO REATOR DE ALGAS DISPERSAS (RAD)

Israel Nunes Henrique
Dayane de Andrade Lima
Keiciane Alexandre de Sousa
Layza Sabrine Magalhães da Silva
Timóteo Silva Ferreira
Fernando Pires Martins
Clodoaldo de Sousa
Júlia de Souza Carvalho
Ana Queloene Imbiriba Correa
Camila Pimentel Maia

DOI 10.22533/at.ed.47920210115

CAPÍTULO 16 167

ELABORAÇÃO DE PROPOSTA DE PROGRAMA DE RECEBIMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS PARA A CIDADE DE JUIZ DE FORA

Paula Rafaela Silva Fonseca
Sue Ellen Costa Bottrel
Ricardo Stahlschmidt Pinto Silva
Júlio César Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.47920210116

CAPÍTULO 17 177

ENSAIO DE TRATABILIDADE PARA OTIMIZAÇÃO DA FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO PARA TRATAMENTO DE ÁGUA DO RIO CAPIBARIBE EM PERNAMBUCO

Joana Eliza de Santana
Romero Correia Freire
Aldebarã Fausto Ferreira
Mayra Angelina Quaresma Freire
Maurício Alves da Motta Sobrinho

DOI 10.22533/at.ed.47920210117

CAPÍTULO 18	185
ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO E PERDAS DE METANO EM REATOR UASB DA ETE-UFLA POR MEIO DE DIFERENTES MODELOS MATEMÁTICOS	
Lucas Barreto Campos Mateus Pimentel de Matos Luciene Alves Batista Siniscalchi Sílvia de Nazaré Monteiro Yanagi Lucas Cardoso Lima	
DOI 10.22533/at.ed.47920210118	
CAPÍTULO 19	196
ESTUDO DA GERAÇÃO DE TRIHALOMETANOS (THM) EM EFLUENTE TRATADO DE SISTEMA DE LODO ATIVADO DE FLUXO INTERMITENTE	
Vanessa Farias Feio Neyson Martins Mendonça	
DOI 10.22533/at.ed.47920210119	
CAPÍTULO 20	205
ESTUDO DA TOXICIDADE DE EFLUENTE TÊXTIL SUBMETIDO À PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO	
Rogério Ferreira da Silva Gilson Lima da Silva Victória Fernanda Alves Milanez Ricardo Oliveira da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.47920210120	
CAPÍTULO 21	214
FITORREMEDIÇÃO UTILIZANDO MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE ESGOTO DOMÉSTICO	
Israel Nunes Henrique Lucieta Guerreiro Martorano Nathalia Costa Scherer José Reinaldo Pacheco Peleja Timóteo Silva Ferreira Julia de Souza Carvalho Patrícia Santos Silva Luciana Castro Carvalho de Azevedo Dayhane Mayara Santos Nogueira Jaelbe Lemos de Castro	
DOI 10.22533/at.ed.47920210121	
CAPÍTULO 22	225
GASEIFICAÇÃO DOS LODOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOS TIPOS CONVENCIONAL E UASB	
Luis Henrique Pereira da Silva Sérgio Peres Ramos da Silva Maria de Los Angeles Perez Fernandez Palha Adalberto Freire do Nascimento Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.47920210122	

CAPÍTULO 23 234

INDICADORES PARA AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA REGIÃO DOS LAGOS NO RIO DE
JANEIRO – 2010 A 2015

Fátima de Carvalho Madeira Reis
Gabriela Freitas da Cruz
Herleif Novaes Roberg
Maria Goreth Santos
Simone Cynamon Cohen

DOI 10.22533/at.ed.47920210123

CAPÍTULO 24 245

INFLUÊNCIA DAS NORMAS NBR 9649 E NBR 14486 NO DIMENSIONAMENTO DE
UMA REDE COLETORA DE ESGOTO DE MATERIAL PVC

Lívia Figueira de Albuquerque
Artemisa Fontinele Frota
Luís Henrique Magalhães Costa

DOI 10.22533/at.ed.47920210124

CAPÍTULO 25 255

POTENCIAL DO CARVÃO RESULTANTE DA PIRÓLISE DE LODO DE ESGOTO
DOMÉSTICO COMO ADSORVENTE EM TRATAMENTO DE EFLUENTES.

Murillo Barros de Carvalho
Glaucia Eliza Gama Vieira

DOI 10.22533/at.ed.47920210125

CAPÍTULO 26 265

RETIRADA DE LODO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO COM MÁQUINA ANFÍBIA

Renata Araújo Guimarães
Analine Silva de Souza Gomes
Mariana Marquesini
Mario Márcio Gonçalves de Paula

DOI 10.22533/at.ed.47920210126

CAPÍTULO 27 275

UTILIZAÇÃO DE REATOR UASB SEGUIDO DE FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR
NO TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO

Israel Nunes Henrique
José Tavares de Sousa
Layza Sabrine Magalhães da Silva
Keiciane Alexandre de Sousa
Rebecca da Silva Fraia
Timóteo Silva Ferreira
Fernando Pires Martins
Clodoaldo de Sousa
Julia de Souza Carvalho
Alisson Leonardo Vieira dos Reis
Rita de Cássia Andrade da Silva

DOI 10.22533/at.ed.47920210127

CAPÍTULO 28286

MONITORAMENTO FÍSICO E QUÍMICO DE UM SISTEMA DE LODOS ATIVADOS EM ESCALA DE BANCADA, DO TIPO UCT MODIFICADO

Israel Nunes Henrique
Fernando Pires Martins
Clodoaldo de Sousa
Timóteo Silva Ferreira
Rebecca da Silva Fraia
Julia de Souza Carvalho
Patrícia Santos Silva
Ana Queloene Imbiriba Correa
Yandra Cardoso Sobral

DOI 10.22533/at.ed.47920210128

SOBRE O ORGANIZADOR.....295

ÍNDICE REMISSIVO296

ESTUDO DA TOXICIDADE DE EFLUENTE TÊXTIL SUBMETIDO À PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO

Data de aceite: 06/01/2020

Rogério Ferreira da Silva

Bacharel em Química pela Universidade Federal de Pernambuco, Licenciado em Química pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, possui Mestrado e Doutorado em Química pela Universidade Federal de Pernambuco.

Atualmente, é professor de Química e Coordenador Substituto do Curso Técnico de Agroindústria do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – Campus Belo Jardim.

Gilson Lima da Silva

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Pernambuco, Mestre em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco e Doutor em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas. Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Pernambuco – Centro Acadêmico do Agreste.

Victória Fernanda Alves Milanez

Graduanda em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco no Centro Acadêmico do Agreste.

Ricardo Oliveira da Silva

Licenciado em Química pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, Mestre e Doutor em Química pela Universidade Federal de Pernambuco. Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Pernambuco.

e-mail: rogerio.silva@belojardim.ifpe.edu.br

RESUMO: As indústrias têxteis são importantes na economia de um país devido à geração de recursos e constituem indústrias que consomem bastante água, produzindo efluentes líquidos potencialmente poluidores. Entre as substâncias tóxicas despejadas em corpos receptores, destacam-se os corantes. Diversos estudos buscam o desenvolvimento de formas eficientes de tratamento, sejam biológicos ou químicos. Os processos oxidativos avançados estão entre os tratamentos químicos mais amplamente pesquisados. Os testes de toxicidade são utilizados com a finalidade de verificar a eficácia destes tratamentos antes do despejo dos efluentes tratados no meio ambiente. A toxicidade dos efluentes é testada com uma série de organismos. Neste trabalho, o objetivo foi verificar a eficiência do processo Foto-Fenton e verificar a toxicidade usando sementes de alface, antes e depois do tratamento oxidativo avançado, o efluente analisado foi de uma indústria têxtil de beneficiamento de jeans do agreste pernambucano, pertencente ao Arranjo Produtivo Local. Contudo, constatou-se a redução da toxicidade do efluente têxtil após tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Toxicidade; Efluente têxtil; Foto-Fenton

INTRODUÇÃO

As indústrias de diferentes segmentos descarregam elevada quantidade de contaminantes no meio ambiente, sobretudo nos corpos hídricos. Esta contaminação afeta tanto diretamente quanto indiretamente os seres vivos ao longo da cadeia alimentar, o que torna os poluentes, biodisponíveis, contaminando, inclusive, os seres humanos. Neste sentido, utilizam-se testes de toxicidade para avaliar a qualidade do efluente e também a viabilidade e degradabilidade de produtos químicos domésticos e industriais (BELTRAMI *et al.*, 1999). Os efluentes industriais, principalmente, os provenientes da indústria têxtil, são misturas de componentes tóxicos que, junto à diversidade do meio receptor, torna difícil a determinação da toxicidade de cada componente. A análise da toxicidade no meio aquático é um parâmetro importante na avaliação da qualidade e na quantificação do risco ambiental associado aos poluentes, complementando a análise de resíduos (REEMTSMA, 2001).

Devido à complexidade dos meios e das características dos testes de toxicidade, estes podem ser executados por diversas espécies biológicas. Garcia *et al.* (2013) relatam uma série de aplicações, destacando-se: plantas (CASA *et al.*, 2003; GARCIA *et al.*, 2009), bactérias (OTURAN *et al.*, 2008), células (COLOVIC *et al.*, 2010), crustáceos (SAUER *et al.*, 2006), Cladocera-Daphnias e ceriodaphnias (RIZZO, 2011) e peixes (FERNANDEZ-ALBA *et al.*, 2002).

A questão do reuso de água tem sido amplamente discutida mediante a crise hídrica atual, sendo utilizados diversos processos físico-químicos para esse fim, como: coagulação, floculação, adsorção, filtração com membranas e os processos oxidativos avançados (POA) (GOGATE, 2004; LUSTOSA, 2013; PATEL & RESHMA, 2013). Os POAs têm sido bastante aplicados, minimizado de forma eficiente a presença de resíduos aquosos (APAYDIN, 2014). Tais processos mineralizam e eliminam componentes tóxicos, destruindo as espécies orgânicas poluentes (FORGACS, *et al.* 2004; SHU, *et al.* 2005; KLAVARIOTI *et al.*, 2009). Um desses POAs é o processo foto-Fenton, que consiste da utilização de peróxido de hidrogênio, sais de ferro e luz, produzindo radicais hidroxilas que agem na mineralização dos compostos recalcitrantes. A determinação da toxicidade é importante pois indica se os produtos de degradação são mais ou menos tóxicos que o efluente original. O grau de toxicidade da amostra é avaliado pelo índice de germinação (IG), que é a relação entre o comprimento médio das sementes, expresso pelo Índice de Crescimento Relativo (ICR) e a média de sementes que germinaram. O ICR é o crescimento médio da radícula no período do experimento. Segundo a ASTM (2003), para um índice de germinação ser considerado como ótimo, deve possuir valores acima de 55%. O índice de crescimento da radícula é dado pela equação 1 e o índice de germinação é dado pela equação 2 (Melo *et al.* 2009, OLIVEIRA, 2013). O objetivo

deste trabalho foi avaliar a toxicidade de dois efluentes, sendo um modelo e outro real, de uma indústria têxtil de beneficiamento de jeans do município de Caruaru, no agreste pernambucano. O teste de toxicidade, utilizando sementes de alface *Lactuca Sativa L.*, foi aplicado antes e após o tratamento dos efluentes com o processo foto-Fenton.

MATERIAIS E MÉTODOS

O tratamento do efluente seguiu um planejamento fatorial 2^3 , cujas variáveis foram sal de ferro (1 mg ou 2 mg), volume de peróxido 30% (600 μL ou 900 μL) e tempo de exposição à luz (30 minutos ou 90 minutos), sendo luz artificial para o efluente modelo (Figura 1) e luz solar para o efluente real. Para o efluente modelo, foram utilizadas três lâmpadas fluorescentes com potência de 20 W cada.

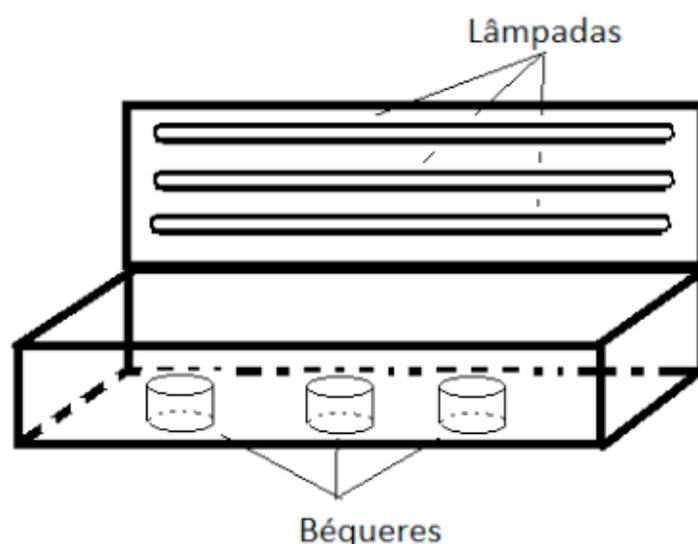


Figura 1: Reator de bancada com lâmpada fluorescente branca.

O efluente modelo foi uma solução aquosa de 1000 mg.L^{-1} do corante vermelho drimaren CL-5B, o qual é muito utilizado na indústria têxtil. O efluente real foi coletado antes do tratamento físico-químico, que é normalmente realizado pela indústria têxtil. Para verificar o efeito da oxidação sobre o efluente modelo e real, utilizou-se um espectrofotômetro UV-Vis Thermo, modelo *Genesis 10*, um colorímetro Hach DR/2010 e um turbidímetro 2100 P Hach.

A toxicidade aguda de efluentes líquidos foi estimada por ensaio com sementes de alface. As sementes da alface da variedade *Lechuga Simpson (Lactuca Sativa L.)* foram expostas a diferentes concentrações do efluente líquido estudado, utilizando placas de Petri e papel filtro como meio de suporte. Estas sementes são facilmente encontradas em sementeiras e foram utilizadas como descrito no método ASTM E 1963-02 (2003) descrita e adaptada por Andrade (2010). O teste ecotoxicológico foi realizado para os efluentes modelo e real.

Para cada teste foram utilizadas 10 (dez) sementes, que foram adicionadas às placas de Petri sobre papel de filtro. Foram adicionados 5 mL do efluente *in natura* ou diluído em água destilada, variando a concentração do mesmo em 1%, 3%, 10% e 30%. Todos os ensaios foram realizados em duplicata. Como controle negativo foi utilizada água destilada. Os resultados foram expressos na forma de crescimento médio das raízes (em cm), Índice Relativo de Crescimento (ICR) e Índice de Germinação (IG).

As sementes foram incubadas por sete dias, mantendo-as a temperatura de $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Uma avaliação qualitativa da fitotoxicidade foi realizada comparando os ensaios de toxicidade dos efluentes modelos, bruto e diluído, com o ensaio de toxicidade do efluente modelo tratado com processo foto-Fenton e luz artificial. Avaliou-se a germinação das sementes a partir do quinto dia (120 h) de incubação das sementes. Mensurou-se a quantidade de sementes que sofreram protrusão e o alongamento das raízes, considerando germinação aquelas que apresentaram raízes iguais ou superior a 2 mm (BAYDUM, 2012). Procedimento semelhante foi utilizado na investigação da toxicidade do efluente real.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do planejamento fatorial indicou que a melhor condição para os ensaios foi $600 \mu\text{L}$ de peróxido de hidrogênio, 2 mg de sulfato ferroso heptaidratado e 90 minutos de exposição à luz, na qual foram observadas redução de cor e turbidez entre 80 e 90%. Portanto, essa condição foi utilizada nos ensaios. A Tabela 1 apresenta os resultados dos ensaios de germinação das sementes.

Semente	H ₂ O	AT*	PT**1%	PT3%	PT10%	PT30%	PT100%
Germinação	8,0	7,5	10,0	10,0	10,0	10,0	0,0
Crescimento radicular (cm)	2,2	1,8	2,3	2,1	2,3	1,3	0,0

Tabela 1: Número médio de sementes que germinaram e o crescimento radicular (em cm).

*AT - Antes do tratamento; ** PT – Pós-tratamento

Verifica-se, na Tabela 1, que a germinação pós-tratamento, quando as concentrações de efluente eram iguais a 1, 3, 10 e 30%, foi superior a observada para o controle negativo (água destilada), indicando que os subprodutos da degradação não possuem toxicidade para impedir a germinação das sementes de alface nas concentrações testadas. No entanto, quando o ensaio foi realizado com o efluente bruto (100%), nenhuma semente germinou, indicando a necessidade de diluição para minimizar o efeito tóxico. Este fato pode ser corroborado pelo trabalho de Palácio

(2012), que realizou testes toxicológicos, com sementes de alface, em efluente têxtil após tratamento com o processo foto-Fenton com luz artificial e constatou que a toxicidade do efluente não reduziu. O crescimento radicular do efluente antes do tratamento foi menor que o crescimento observado para o controle negativo. Os ensaios contendo 1, 3 e 10% de efluente mostraram redução na toxicidade frente às sementes de alface, uma vez que apresentaram valores próximos ao observado para o controle negativo. No entanto, o crescimento médio diminuiu nas concentrações mais altas, indicando que os subprodutos formados, quando mais concentrados, interferem no crescimento e na germinação das sementes. O crescimento radicular das sementes no efluente antes e após o tratamento é mostrado na Figura 2.

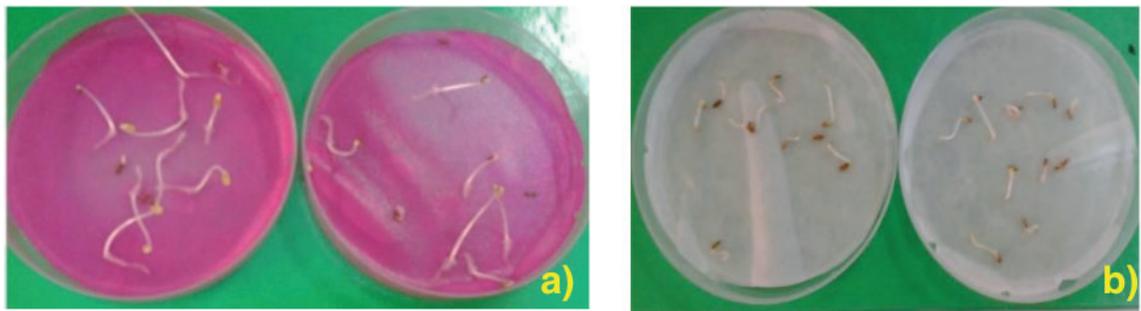


Figura 2: Teste de toxicidade com semente de alface, a) efluente bruto e b) efluente tratado

Uma análise mais detalhada foi realizada com base no índice de crescimento relativo (ICR) e o índice de germinação (IG), conforme descrito pelas equações 1 e 2. Estes dados são apresentados na Tabela 2 e na figura 4.

Amostra	ICR	IG (%)
AT*	0,62	56,00
PT**1%	1,05	105,18
PT3%	0,95	95,24
PT10%	1,02	102,38
PT30%	0,59	59,21
PT100%	0,00	0,00

Tabela 2: Valores do IG (%) e do ICR para sementes de alface *Lactuca sativa*.

*AT - Antes do tratamento; ** PT – Pós-tratamento

A análise da Figura 4 permite verificar que para semente de alface ocorre uma germinação melhor e um maior crescimento radicular após o tratamento do efluente. O gráfico mostra que a partir da concentração de 10 % ocorre uma diminuição tanto da germinação quanto do crescimento radicular, embora em 30 % a germinação seja considerada ótima, segundo a ASTM (2003). Entretanto, vale salientar que o efluente quando lançado ao corpo hídrico sofre diluição, assemelhando-se as condições dos

testes toxicológicos e com as concentrações dos efluentes inferiores a 100 %, desta forma, o crescimento radicular assemelha-se ao do controle negativo.

O efluente real tratado com o processo foto-Fenton solar apresentou baixa toxicidade em relação aos bioensaios realizados com sementes de alface, as sementes germinaram em diferentes concentrações do efluente real, os testes foram realizados em concentrações de 100%, 30%, 3% e 1%, em todas houve germinação na maioria das sementes. Os dados do teste de toxicidade realizado para o efluente real estão dispostos na Tabela 3.

Semente	H ₂ O	AT*	PT**1%	PT3%	PT30%	PT100%
Germinação	9,0	0,0	7,5	10,0	8,0	9,0
Crescimento radicular (cm)	6,2	0,0	6,6	6,6	5,8	4,5

Tabela 3: Ensaio de germinação (número médio de sementes que germinaram) e de crescimento radicular (em cm).

*AT - Antes do tratamento; ** PT – Pós-tratamento; ***DP – Desvio padrão

Os dados da Tabela 3 apresentam o número de sementes que germinaram e as respectivas médias. Verifica-se nesta tabela que, antes do tratamento do efluente real nenhuma semente germinou. Em todas as concentrações, inclusive, no controle negativo, houve germinação de praticamente todas as sementes nos testes em duplicata. Um dado importante é que não há necessidade de diluição do efluente após tratamento, pois mesmo sem tratamento, o efluente real tratado não apresenta toxicidade para o meio ambiente. Vale salientar que foram medidos os comprimentos das raízes em cada Placa de Petri analisada. Observa-se que na concentração de 100% do efluente tratado, houve uma diminuição no crescimento radicular, embora quase todas as sementes tenham germinado, como foi constatado na Tabela 3. O crescimento radicular das sementes no efluente antes e após o tratamento é mostrado na Figura 3.



Figura 3: Germinação das sementes (a) Efluente real tratado e (b) efluente real bruto

A toxicidade do efluente real sem tratamento pode ser verificada na Figura 5b, pois não houve germinação de nenhuma semente, pois segundo Baydun (2012), só considera germinação após o crescimento superior a 2 cm. Uma análise mais detalhada do teste de toxicidade é feita na Tabela 4, a qual mostra o índice de crescimento relativo e o índice de germinação antes e após o tratamento.

Amostra	ICR	IG (%)
H₂O	1,00	100,00
AT*	0,00	0,00
PT**1%	1,06	88,44
PT3%	1,07	118,92
PT30%	0,94	83,78
PT100%	0,82	82,09

Tabela 4: Valores do IG (%) e do ICR para sementes de alface *Lactuca sativa*.

*AT - Antes do tratamento; ** PT – Pós-tratamento

Os valores obtidos para o ICR e IG (%) estão apresentados na Tabela 4, segundo Young (2012), valores de índice de germinação abaixo de 80 % indicam inibição do crescimento, porém valores de índice de germinação apresentados na Tabela 6 são superiores a 80%, indicando que o tratamento aplicado ao efluente real não é tóxico para a variedade de semente de alface utilizado mesmo na concentração de 100%, ou seja, mesmo sem diluir, a amostra não apresenta toxicidade. Foram analisados o índice de germinação (IG) e o índice de crescimento da radícula (ICR), sendo todos os resultados considerados ótimos, pois segundo a ASTM (2003) apud Andrade (2010), um índice de germinação superior a 55% é considerado ótimo, no teste realizado, todos os índices de germinação obtidos foram superiores a 80 %. O resultado de toxicidade realizado com efluente real após tratamento com o processo foto-Fenton solar evidência que o descarte num corpo hídrico não afetaria a vida aquática, devido à baixa toxicidade observada.

CONCLUSÕES

Neste estudo, demonstrou-se que o processo foto-Fenton com luz artificial e solar aplicado a um efluente têxtil modelo e real, respectivamente, resulta num efluente tratado com baixa toxicidade. O foco do trabalho foi avaliar a toxicidade final, com sementes de alface *Lactuca Sativa*, após o tratamento foto-Fenton. Constatou-se a redução significativa da toxicidade dos efluentes no estado bruto, mostrando que as sementes de alface podem ser utilizadas para avaliar a toxicidade após o tratamento de efluentes têxteis com o processo foto-Fenton. De modo geral, a investigação da toxicidade com outros tipos de organismos é necessária, bem como o estudo de

formas de tratamento de efluentes e sua reutilização, uma vez que a crise hídrica é uma realidade e não pode ser desconsiderada.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, V. T. ANDRADE, B. G., COSTA, B. R. S., PEREIRA, O. A., DEZZOTTI, M. Toxicity assessment of oil field produced water treated by evaporative processes to produce water to irrigation, **Water Science and Technology**, v.62, n.3, p.693-700, 2010.
- BAYDUM, V. P. A., DANTAS, R. F., TEIXEIRA, A., PACHECO, J. G. A., SILVA, V. L. Pre-treatment of propranolol effluent by advanced oxidation processes, **Afinidad**, v.69, n.559, p.211-216, 2012.
- BELTRAMI, M., BAUDO, R., & ROSSI, D. In situ tests to assess the potential toxicity of aquatic sediments. **Aquatic Ecosystem Health and Management**, v.2, n.4, p.361–365, 1999.
- CASA, R., ANNIBALE, A. D., PIERUCETTI, F., STAZI, S. R., SERMANNI, G. G., CASCIO, B. L. Reduction of the phenolic components in olive mill wastewater by an enzymatic treatment and its impact on durum wheat (*Triticum durum* Desf.) germinability. **Chemosphere**, v.50, n.8, p.959–966, 2003.
- COLOVIĆ, M., KRSTIĆ, D., PETROVIĆ, S., LESKOVAC, A., JOKSIĆ, G., SAVIĆ, J., et al. Toxic effects of diazinon and its photodegradation products. **Toxicology Letters**, v.193, n.1, p.9– 18, 2010.
- FERNANDEZ-ALBA, A. R., HERNANDO, D., AGUERA, A., CÁCERES, J., MALATO, S. Toxicity assays: a way for evaluating AOPs efficiency. **Water Research**, v.36, n.17, p.4255–4262, 2002.
- GARCIA, J. C., FREITAS, T. K. F. S., PALÁCIO, S. M., AMBRÓSIO, E., SOUZA, M. T. F., SANTOS, L. B., ALMEIDA, V. C., SOUZA, N. E. Toxicity assessment of textile effluents treated by advanced oxidative process (UV/TiO₂ and UV/TiO₂/H₂O₂) in the species *Artemia salina* L. **Environ Monit Assess**, v.185, p.2179-2187, 2013.
- GARCIA, J. C., SIMIONATO, J. I., SILVA, A. E. C., NOZAKI, J., SOUZA, N. E. Solar photocatalytic degradation of real textile effluents by associated titanium dioxide and hydrogen peroxide. **Solar Energy**, v.83, n.3, p.316–322, 2009.
- MELO, S. A. S., TROVÓ, A. G., BAUTITZ, I. R., NOGUEIRA, R. F. P. Degradação de Fármacos Residuais por Processos Oxidativos Avançados. **Química Nova**, v.32, n.1, p.188-197, 2009.
- OLIVEIRA, L. C. A., FABRIS, J. D., PEREIRA, M. C. Óxidos de ferro e suas aplicações em processos catalíticos: uma revisão, **Química Nova**, v. 36, n.1, p.123-130, 2013.
- OTURAN, N., TRAJKOVSKA, S., OTURAN, M. A., COUDERCHET, M., AARON, J. J. Study of the toxicity of diuron and its metabolites formed in aqueous medium during application of the electrochemical advanced oxidation process “electro-Fenton”. **Chemosphere**, v.73, n.9, p.1550–1556, 2008.
- PALÁCIO, S. M., NOGUEIRA, D. A., MANENTI, D. R., MÓDENES, A. N., QUIÑONES, F. R. E., BORBA, F. H. Estudo da Toxicidade de Efluente Têxtil Tratado por Foto-Fenton Artificial Utilizando as Espécies *Lactuca Sativa* e *Artemia Salina*, **Engvista**, v. 14, n. 2. p. 127-134, 2012.
- REEMTSMA, T. Prospects of toxicity-directed wastewater analysis. **Analytica Chimica Acta**, v. 426, n.2, p.12, 279–287, 2001.
- RIZZO, L. Bioassays as a tool for evaluating advanced oxidation processes in water and wastewater treatment. **Water Research**, v.45, n.15, p.4311–4340, 2011.

SAUER, T. P., CASARIL, L., OBERZINER, A. L. B., JOSÉ, H. J., MOREIRA, R. F. P. M. Advanced oxidation processes applied to tannery wastewater containing Direct Black 38—elimination and degradation kinetics. **Journal of Hazardous Materials**, v.135, n.1–3, p.274–279, 2006.

YOUNG, B. J.; RIERA, N. I.; BEILY, M. E.; BRES, P. A.; CRESPO, D. C.; RONCO, A. E. Toxicity of the effluent from an anaerobic bioreactor treating cereal residues on *Lactuca sativa*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.76, p.182-186, 2012.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento de água 4, 5, 6, 14, 22, 24, 26, 27, 31, 32, 36, 38, 53, 148, 149, 150, 151, 154, 157, 158, 160, 234, 235, 236, 237, 238

Águas residuárias 63, 136, 161, 188, 193, 194, 197, 215, 216, 224, 262, 275, 277, 279, 285, 288, 289, 290, 294, 295

Aplicabilidade 23, 26, 30, 33, 37, 41, 265

B

Balanço de massa 185, 187, 190, 191, 194

Biofiltro 110, 111, 112, 113

Biomassa 16, 111, 130, 131, 133, 134, 135, 171, 189, 216, 223, 226, 227, 231, 232, 233, 256, 257, 258, 289, 290, 294, 295

C

Controle 18, 22, 37, 38, 44, 70, 71, 75, 79, 100, 107, 109, 111, 114, 125, 128, 130, 131, 133, 135, 138, 139, 140, 141, 142, 145, 149, 157, 159, 168, 169, 173, 175, 176, 186, 197, 208, 209, 210, 236, 258, 289

D

Desinfecção 47, 75, 79, 82, 86, 90, 91, 158, 159, 160, 161, 164, 165, 196, 198, 199, 204

Diagnóstico 12, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 35, 37, 38, 39, 49, 52, 63, 72, 130, 131, 136

Dragagem de lodo 65, 67, 68, 69, 72

E

Eficiência energética 13, 14, 22, 225

Efluentes não domésticos 138, 139, 140, 145, 146, 147, 167, 168, 169, 170, 173, 175, 176

Efluente têxtil 205, 209, 211, 212

Efluente tratado 64, 66, 69, 70, 71, 196, 199, 200, 201, 202, 209, 210, 211, 214, 274

Esgotamento sanitário 2, 4, 5, 9, 14, 24, 26, 27, 31, 32, 34, 36, 38, 51, 84, 139, 167, 168, 169, 170, 176, 234, 235, 236, 237, 238, 243, 246, 247, 266, 267

Estações de tratamento de esgotos 41, 44, 49, 51, 52, 54, 62, 83, 84, 92, 138, 139, 169, 186, 197, 257

F

Filtro biológico percolador 55, 59, 158, 160, 161, 163, 276, 277, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286

Flotação 177, 178, 179, 180, 183, 184

I

Indicadores 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 43, 47, 73, 80, 81, 86, 87, 92, 115, 116, 123, 234, 235, 236, 238, 239, 240, 243, 244, 245, 274

Indústria de calçados 75, 77, 78, 81, 82

L

Lagoa de estabilização 64
Lagoas de polimento 158, 159, 160, 165, 166
Lodo biológico 64, 73, 133, 257, 266, 268, 271
Lodo de esgoto 226, 227, 232, 256, 258, 259, 262, 264, 265
Lodos ativados 62, 65, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 135, 136, 176, 198, 218, 276, 279, 287, 289, 295

M

Máquina anfíbia 266, 267, 270, 271, 272, 273
Material orgânico 203, 276, 277, 278, 294
Maus odores 125, 126, 127, 128, 130, 131, 133, 134, 135
Membranas ultrafiltrantes 93, 95, 97, 99, 101, 105, 106
Mercado livre de energia 13, 19, 21, 22
Metano dissolvido 185, 189, 190, 191, 192
Modelagem hidráulica 149, 157
Monitoramento 4, 29, 38, 47, 67, 79, 80, 81, 96, 99, 106, 111, 116, 117, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 167, 168, 171, 173, 174, 175, 176, 196, 199, 203, 204, 220, 236, 267, 282, 287, 289, 290, 291, 292

N

Nutrientes 90, 122, 123, 158, 159, 160, 185, 186, 215, 216, 217, 218, 223, 276, 278, 279, 287, 288, 289, 295

P

Plano municipal de saneamento básico 23, 24, 25, 37, 38, 140, 168, 169
Poluentes 52, 65, 93, 95, 106, 140, 158, 160, 169, 197, 206, 215, 216, 258, 262, 287, 288, 289
Poluição industrial 139, 171
Pré-dimensionamento 51, 52, 53, 57, 61, 62, 63
Problemas ambientais 216, 227, 287, 288

Q

Qualidade da água 44, 47, 63, 65, 80, 93, 94, 95, 96, 99, 101, 106, 107, 115, 123, 138, 140, 197, 204, 244, 270, 289

R

Reator UASB 55, 59, 70, 79, 83, 112, 125, 126, 127, 131, 132, 133, 163, 164, 185, 187, 188, 190, 191, 194, 228, 259, 276, 277, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285
Recursos hídricos 34, 41, 42, 43, 49, 62, 65, 76, 116, 141, 147, 148, 149, 176, 185, 188, 197, 215, 278
Rede coletora de esgoto 32, 242, 246, 249
Redução de custos 13, 14
Remoção de lodo 64, 66, 67, 71, 72, 73, 266, 267, 268, 270, 272
Remoção de nutrientes 158, 160, 215, 216, 217

Reúso não potável 42, 48, 49, 75, 77, 83
Reúso urbano 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 81

S

Saneamento ambiental 12, 22, 63, 266, 267, 286
Saneamento básico 1, 4, 9, 12, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 51, 53, 61, 62, 63, 108, 110, 116, 140, 147, 167, 168, 169, 170, 176, 234, 238, 239, 244, 245, 275
Sistema de gestão ambiental 84, 85, 91
Sustentabilidade 1, 2, 8, 11, 35, 36, 37, 39, 111, 160, 169, 226, 263, 296

T

Taxa de recirculação 162, 177, 180, 181, 182, 183
Toxicidade 174, 184, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212
Tratamento de água 10, 15, 57, 62, 93, 94, 95, 96, 105, 107, 108, 177, 178, 179, 183, 264
Tratamento de efluente doméstico 64
Tratamento de lodo 266

U

Ultrafiltração 41, 42, 44, 49, 93, 94, 95, 96, 97, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108
Universalização 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 27, 38, 51, 53, 62

 **Atena**
Editora

2 0 2 0