



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

GASEIFICAÇÃO DOS LODOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOS TIPOS CONVENCIONAL E UASB

Data de aceite: 06/01/2020

Luis Henrique Pereira da Silva

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Tecnologia da Energia pela Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE). Coordenador de Eficiência Energética da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

Sérgio Peres Ramos da Silva

Engenheiro Mecânico e Químico Industrial pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Engenharia Mecânica pela Cranfield Institute of Technology. Doutor em Engenharia Mecânica pela University of Florida. Professor Associado da Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE)

Maria de Los Angeles Perez Fernandez Palha

Engenheira Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Bioquímica pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutora em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professora Associada da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Adalberto Freire do Nascimento Júnior

Químico Industrial pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Tecnologia da Energia pela Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE). Doutorando em Tecnologias Energéticas e Nucleares pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

RESUMO: O lodo removido nas diferentes etapas em uma estação de tratamento de esgoto doméstico (ETE), por apresentar grandes quantidades e composição muito variável, constitui um problema complexo. O lodo necessita de tratamento, seja para a redução de seu volume ou umidade, seja para a estabilização da matéria orgânica, aproveitamento ou disposição final. O tipo de tratamento será função da sua qualidade, características de operação e processo, custos, condições climáticas e impactos ambientais. Um primeiro passo para a escolha do tipo de tratamento mais adequado é avaliar o seu posterior uso potencial. O presente trabalho teve como objetivo verificar os potenciais energéticos dos lodos, bem como comparar os resultados dos lodos gaseificados para dois diferentes tipos de tratamento de esgoto. Dessa forma, foram escolhidas as seguintes unidades: ETE Peixinhos (tipo convencional) e ETE Mangueira (tipo UASB). Ambas as ETES estão localizadas na Região Metropolitana do Recife e pertencem à Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa), mas, desde o segundo semestre de 2013, estão sendo administradas, através de uma Parceria Público-Privada-PPP, pela empresa BRK Ambiental. Propôs-se a gaseificação dos lodos das referidas ETES, após a caracterização físico-química e energética destas matérias-primas. Com as variações de

temperatura (de 700 a 900°C), o poder calorífico inferior (PCI) do *syngas* gerado na gaseificação do lodo secundário da ETE Peixinhos variou de 12,66 MJ.m⁻³ a 14,07 MJ.m⁻³. Conclui-se que é possível contribuir com a matriz energética nacional, através da análise de energia final dos combustíveis gerados, com eficiências de conversão que podem chegar até 25,77%.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo de Esgoto, Biomassa, *Syngas*.

GASIFICATION OF SLUDGES FROM WASTEWATER TREATMENT PLANTS CONVENTIONAL AND UASB

ABSTRACT: The sludge removed at different stages in a plant of domestic wastewater treatment (ETE) due to large amounts of very variable composition, is a complex problem. The sludge need of treatment is to reduce its volume or moisture, or to the stabilization of organic matter, recycling or final disposal. The type of treatment will depend on its quality, operating characteristics and process costs, weather conditions and environmental impacts. A first step for selecting the most suitable type of treatment is to evaluate its potential subsequent use. This work aimed to determine the energy potential of the sludge, as well as comparing the results of the sludge aerated for two different types of wastewater treatment. Thus, the following units were chosen: ETE Peixinhos and ETE Mangueira. It was proposed gasification of sludge from sewage treatment plants referred to after the physical-chemical and energy of these raw materials. With temperature variations (from 700 to 900 ° C), the lower calorific power (PCI) of *syngas* generated in the gasification of the secondary sludge from the ETE Peixinhos ranged from 12.66 MJ.m⁻³ to 14.07 MJ.m⁻³. We conclude that it is possible to contribute to the national energy matrix, through the final energy analysis of the generated fuels with conversion efficiencies of up to 25.77%.

KEYWORDS: Sewage sludge, Biomass, *Syngas*.

1 | INTRODUÇÃO

Os combustíveis fósseis são a base da exploração primária de energia no mundo. De acordo com dados divulgados pelo Ministério de Minas e Energia (MME), em 2014 esses combustíveis (carvão mineral, petróleo e gás natural) representaram 81,6% da oferta de energia primária no mundo, sendo que o carvão mineral contribuiu com 29,0%, o gás natural com 21,5% e o petróleo com 31,1% (MME, 2015).

Com a intensidade do consumo de combustíveis fósseis e a depreciação dos recursos naturais, somada ao crescimento desordenado da população mundial e à promoção dos impactos ambientais, surge o conflito da sustentabilidade do sistema econômico e natural. Tentando sanar esses problemas, o homem tem investido em formas alternativas de produzir energia.

Dentre as alternativas renováveis existentes, em relação aos combustíveis

fósseis, a biomassa tem despertado maior interesse. Possui algumas vantagens tais como: é um recurso renovável; tem baixo custo de aquisição; não emite dióxido de enxofre; as cinzas são menos agressivas ao meio ambiente que as provenientes de combustíveis fósseis; provoca menor corrosão nos equipamentos (caldeiras, fornos); tem menor risco ambiental e suas emissões não contribuem para o efeito estufa (GRAUER e KAWANO, 2008).

Uma das formas de conversão energética da biomassa é a gaseificação, cujo surgimento ocorreu durante os anos críticos da Primeira Guerra Mundial. A gaseificação pode ser definida como a conversão termoquímica de um material sólido ou líquido (que tenha carbono em sua composição) em um produto gasoso combustível (gás de síntese). Estes gases combustíveis são compostos por CO_2 , CO , H_2 , CH_4 , H_2O , outros hidrocarbonetos, gases inertes e diversos contaminantes (ex. particulados e alcatrões). Embora existam vários processos de gaseificação, estes ocorrem a altas temperaturas, que podem variar entre 700 e 900°C para a otimização da produção dos gases (DAMARTZIS e ZABANIOTOU, 2011).

Há um renovado interesse pela gaseificação da biomassa principalmente devido à limpeza e versatilidade do combustível gerado, quando comparado aos combustíveis sólidos. A limpeza se refere à remoção de componentes químicos nefastos ao meio ambiente e à saúde humana, entre os quais o enxofre. A versatilidade se refere à possibilidade de usos alternativos, como em motores de combustão interna e turbinas a gás. Um exemplo é a geração de eletricidade em comunidades isoladas das redes de energia elétrica, por intermédio da queima direta do gás em motores de combustão interna (CARDOSO, 2013).

Os lodos de esgoto são considerados biomassa de alto poder calorífico quando possuem baixa umidade e são essencialmente de origem orgânica. Como a maioria dos resíduos orgânicos, os lodos contêm uma grande quantidade de material volátil, portanto é um recurso valioso, que pode ser convertido em produtos úteis (bioprodutos) se submetido a um tratamento adequado como a gaseificação (FRITZ; VIEIRA; DOS SANTOS JÚNIOR, 2011).

Diante do progressivo aumento populacional, os problemas ambientais resultantes da geração de resíduos da atividade humana exigem ações que viabilizem o equilíbrio entre consumo e reuso. No caso do lodo de esgoto não é diferente, pois além do grande volume que exigirá cada vez áreas maiores para descarte, existe ainda o problema ambiental que a ausência de tratamento adequado pode causar à área onde é depositado (GODOY, 2013).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização dos objetivos, foi necessária a realização da caracterização

físico-química e energética dos três tipos de lodos (lodo primário, lodo secundário e lodo do reator UASB). Estas caracterizações foram obtidas através da: - Análise imediata, utilizando-se um DTG/TGA60 da Shimadzu. Foram obtidos dados de umidade, teor de voláteis, carbono fixo e cinzas; - Análise elementar, para obtenção da composição química em termos percentuais de C, H, N, O, S. O analisador CHNOS Elementar – Vario MACRO Cube foi utilizado para esta análise, conforme o procedimento da norma ASTM *Standard Methods for the Ultimate Analysis of Coal and Coke*, D3176-74; - Análise calorimétrica, para determinação do poder calorífico superior e inferior. Na análise calorimétrica, foi utilizado um calorímetro IKA C-2000, de acordo com a Norma ABNT NBR 8633. Após esta etapa de caracterização dos lodos, estes foram gaseificados num gaseificador de bancada, onde são controladas as temperaturas do reator e o tempo de residência.

Os experimentos foram realizados a 700, 800 e 900°C com um tempo de residência de 3 minutos. Os gases produzidos em cada um dos experimentos foram coletados em sacos de amostragem de gases, e então foram analisados num cromatógrafo a gás equipado com detector de condutividade térmica. Com a composição dos gases obtidos na gaseificação, foi então possível determinar os poderes caloríficos superior e inferior (PCI e PCS, respectivamente) analiticamente.

Após, a obtenção do poder calorífico inferior, foi então possível determinar a energia final disponível com a gaseificação destes lodos.

3 | RESULTADOS OBTIDOS

Para as ações propostas, foram obtidos os seguintes resultados:

1. Nas tabelas 1, 2 e 3, encontram-se os resultados obtidos para as análises imediata, elementar e calorimétrica dos lodos primário e secundário para a ETE Peixinhos, bem como os resultados para o lodo da ETE Mangueira. Tais resultados estão na base seca.

BIOMASSA	LODO PRIMÁRIO-ETE PEIXINHOS	LODO SECUNDÁRIO-ETE PEIXINHOS	LODO DO UASB-ETE MANGUEIRA
CARBONO FIXO (%)	1,50 ± 0,03	0,37 ± 0,01	2,10 ± 0,06
MATERIAL VOLÁTIL (%)	40,24 ± 0,34	55,67 ± 0,35	43,24 ± 0,20
CINZAS (%)	58,26 ± 0,36	43,96 ± 0,35	54,66 ± 0,21
UMIDADE (%)	3,55 ± 0,03	5,23 ± 0,44	12,77 ± 0,10

Tabela 1: Análise Imediata dos Lodos Estudados.

Fonte: Os autores, 2015.

BIOMASSA	LODO PRIMÁRIO-ETE PEIXINHOS	LODO SECUNDÁRIO-ETE PEIXINHOS	LODO DO UASB-ETE MANGUEIRA
C (%)	47,72 ± 0,57	49,25 ± 0,32	22,08±0,12
H (%)	3,55 ± 0,04	4,37 ± 0,01	3,37 ± 0,01
N (%)	0,83 ± 0,01	1,85 ± 0,01	2,43 ± 0,01
S (%)	1,16 ± 0,02	0,96 ± 0,03	2,85 ± 0,03

Tabela 2: Análise Elementar dos Lodos Estudados.

Fonte: Os autores, 2015.

BIOMASSA	LODO PRIMÁRIO-ETE PEIXINHOS	LODO SECUNDÁRIO-ETE PEIXINHOS	LODO DO UASB-ETE MANGUEIRA
PCS (kJ/kg)	11.898±17,42	15.987±19,95	7.564 ± 96,15
PCI (kJ/kg)	11.752±18,06	16.294±17,21	7.317 ± 99,92

Tabela 3: Análise Calorimétrica dos Lodos Estudados.

Fonte: Os autores, 2015.

2. Nas tabelas 4, 5 e 6 encontram-se os resultados obtidos dos lodos gaseificados das unidades estudadas. Para a gaseificação das biomassas, foram utilizadas amostras com massas em torno de 9 g, nas temperaturas de 700°C, 800°C e 900°C.

A gaseificação é um processo termoquímico que converte o combustível sólido ou líquido em combustível gasoso. A operação é realizada em ambiente parcialmente oxidativo, sob temperaturas elevadas compreendidas entre 800°C e 1000°C (GÓMEZ, 1996) e com o uso de reatores pressurizados ou atmosféricos. Ao contrário da combustão, neste processo a quantidade de ar aplicada está abaixo dos níveis estequiométricos.

No que se refere ao uso do lodo de ETE como matéria-prima para a gaseificação, são evidentes os potenciais de uso e suas vantagens, em especial pelo uso do gás liberado na gaseificação em benefício da produção de energia elétrica, assim como o uso do calor liberado para a secagem do lodo (AZNAR, 1998 e MANARA e ZABANIOTOU, 2012).

BIOMASSA	LODO PRIMÁRIO-ETE PEIXINHOS	LODO SECUNDÁRIO-ETE PEIXINHOS	LODO DO UASB-ETE MANGUEIRA
H ₂ (% m/m)	18,93 ± 0,35	15,52 ± 0,70	10,07 ± 0,25
CO (% m/m)	3,37 ± 0,21	26,69 ± 0,86	3,26 ± 0,25
CH ₄ (% m/m)	4,64 ± 0,22	16,70 ± 0,10	4,01 ± 0,30
C ₂ H ₆ (% m/m)	2,05 ± 0,03	3,82 ± 0,55	1,94 ± 0,12
C ₂ H ₄ (% m/m)	4,26 ± 0,08	3,79 ± 0,27	4,60 ± 0,10

Tabela 4: Resultados médios encontrados para T=700°C.

Fonte: Os autores, 2015.

BIOMASSA	LODO PRIMÁRIO-ETE PEIXINHOS	LODO SECUNDÁRIO-ETE PEIXINHOS	LODO DO UASB-ETE MANGUEIRA
H ₂ (% m/m)	13,62 ± 0,44	14,94 ± 0,49	27,31 ± 0,30
CO (% m/m)	6,12 ± 0,01	24,86 ± 0,78	6,68 ± 0,42
CH ₄ (% m/m)	7,83 ± 0,09	14,81 ± 0,05	6,63 ± 0,46
C ₂ H ₆ (% m/m)	1,52 ± 0,01	3,74 ± 0,05	0,91 ± 0,05
C ₂ H ₄ (% m/m)	3,21 ± 0,08	3,05 ± 0,01	4,46 ± 0,48

Tabela 5: Resultados médios encontrados para T=800°C.

Fonte: Os autores, 2015.

BIOMASSA	LODO PRIMÁRIO-ETE PEIXINHOS	LODO SECUNDÁRIO-ETE PEIXINHOS	LODO DO UASB-ETE MANGUEIRA
H ₂ (% m/m)	19,18 ± 0,44	32,59 ± 0,66	16,05 ± 0,21
CO (% m/m)	10,19 ± 0,09	26,96 ± 0,10	5,38 ± 0,55
CH ₄ (% m/m)	11,61 ± 0,13	14,67 ± 0,10	4,49 ± 0,34
C ₂ H ₆ (% m/m)	2,04 ± 0,08	1,45 ± 0,11	0,64 ± 0,10
C ₂ H ₄ (% m/m)	2,69 ± 0,07	1,73 ± 0,10	2,93 ± 0,66

Tabela 6: Resultados médios encontrados para T=900°C.

Fonte: Os autores, 2015.

Para os testes de gaseificação, foi utilizado um minigaseificador laboratorial. Trata-se de um equipamento que opera em regime de batelada, visto que esta tecnologia é mais eficiente para operação em pequena escala e para testes de novos processos que ainda não foram completamente desenvolvidos.

O sistema de análise dos gases combustíveis consistiu de um cromatógrafo a gás Thermo, equipado com detector de condutividade térmica (TCD) e coluna Restek (1/8 polegada de diâmetro, empacotada com recheio de peneira molecular Mol Sieve 5 A). A análise transcorreu de modo isotérmico (40°C), com vazão de gás de arraste de 20 mL por minuto.

3. Para cada situação experimental, o PCI do gás combustível produzido a partir da gaseificação dos coprodutos investigados neste trabalho foi calculado conforme equação 1. Os resultados estão apresentados na tabela 7.

$$\text{PC da mistura} = \sum \% M_i \cdot \text{PCI} \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

M_i – Massa molar do gás (kg.kmol⁻¹) e

PCI – Poder calorífico do gás (MJ.m⁻³)

TEMPERATURA	LODO PRIMÁRIO-ETE PEIXINHOS	LODO SECUNDÁRIO-ETE PEIXINHOS	LODO DO UASB-ETE MANGUEIRA
700°C	7,13	14,07	6,17
800°C	7,09	12,77	8,41
900°C	9,32	12,66	5,52

Tabela 7: Resultados médios encontrados para o PCI (MJ. m⁻³).

Fonte: Os autores, 2015.

Os maiores valores médios dos poderes caloríficos inferiores obtidos neste trabalho são superiores aos valores obtidos por Judex, Gaiffi e Burgbacher (2012). Uma justificativa para isto se deve ao fato de os gases combustíveis obtidos a partir dos lodos secundários da ETE Peixinhos possuírem maiores concentrações de metano, que possui elevado poder calorífico individual.

4. A energia final disponível para cada situação experimental foi calculada multiplicando-se o volume de gás gerado pelo poder calorífico inferior do gás combustível. A eficiência de conversão (η) foi calculada dividindo-se a energia final (forma gasosa) pela energia inicial (forma sólida). Os resultados para os lodos primário e secundário da ETE Peixinhos e para o lodo do UASB da ETE Mangueira são mostrados, respectivamente, na tabela 8.

TEMPERATURA	Lodo Primário - ETE Peixinhos		Lodo Secundário - ETE Peixinhos		Lodo do UASB - ETE Mangueira	
	Energia Final (kJ)	η (%)	Energia Final (kJ)	η (%)	Energia Final (kJ)	η (%)
700°C	105,7	8,96	109,15	15,36	62,43	10,06
800°C	105,77	11,91	115,86	25,77	64,34	15,18
900°C	107,2	17,76	107,15	24,44	72,31	12,22

Tabela 8: Análise da energia final.

Fonte: Os autores, 2015.

Pela análise da tabela 8, pode ser observado que a maior eficiência de conversão (25,77%) foi alcançada na temperatura de 800°C para o lodo secundário da ETE Peixinhos. Nestas condições, a energia final (energia do gás combustível produzido proveniente da biomassa do lodo secundário da ETE Peixinhos injetada) foi de 115,86 kJ.

4 | CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

De todos os lodos estudados, o lodo secundário da ETE Peixinhos, de acordo

com os resultados dos experimentos, é o lodo com maior potencial para a geração de energia. Obviamente, faz-se necessário um estudo mais aprofundado e ficam como sugestões as seguintes propostas:

- Variar as massas das biomassas injetadas no minigaseificador;
- Incluir o tempo de residência como variável de processo;
- Verificar a influência da cogaseificação (utilização de combustível formado a partir da mistura do lodo de diferentes ETEs) na formação dos principais componentes gasosos do *syngas*;
- Realizar estudo cinético do processo de gaseificação e mecanismos de formação dos gases componentes do *syngas*;
- Verificar a aplicação das condições otimizadas encontradas neste trabalho em gaseificações de maior escala;
- Desenvolver de técnicas para medição do alcatrão formado durante o processo de gaseificação.

REFERÊNCIAS

ABNT **NBR 8.633/1984**: Carvão vegetal - Determinação do poder calorífico - Método de ensaio.

ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. “**Standards Methods for the Ultimate Analysis of Coal and Coke**”, in Annual Book of ASTM Standards, section D3176-74, 1983.

AZNAR, M. P. **Commercial steam reforming catalysts to improve biomass gasification with steam oxygen mixtures, 2. Catalytic tar removal**. Ind Eng Chem Res, v.37, p.2668–2680, 1998.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Resenha Energética Brasileira**. Brasília: MME, 2015.

CARDOSO, M. T. **da iluminação das cidades no século XIX às biorrefinarias modernas: história técnica e econômica da gaseificação**. 2013. 139f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo.

DAMARTZIS, T.; ZABANIOTOU, A. **thermochemical conversion of biomass to second generation biofuels through intergrated process design: a review**. Renewable ans Sustainable Energy Reviews, New York, v. 15, n. 1, p. 366-378, 2011.

FRITZ, A. G. N. C.; VIEIRA, G. E. G; DOS SANTOS JÚNIOR, R. K. **Reaproveitamento e caracterização do lodo para produção de energia renovável**. Biomassa & Energia, v. 4, n. 2, p. 121-130, 2011.

GODOY, L. C. **A logística na destinação do lodo de esgoto. Revista Científica On-line Tecnologia – Gestão – Humanismo, v. 2, n. 1, 2013**. Disponível em: < <http://www.fatecguaratingueta.edu.br/revista/index.php/RCO-TGH/article/view/43/27>>. Acesso em: 05 dez. 2014.

GÓMEZ, E. O. **Projeto, construção e avaliação preliminar de um reator de leito fluidizado para gaseificação de bagaço de cana-de-açúcar**. 1996. 178 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GRAUER, A.; KAWANO, M. **Aproveitamento energético de resíduos para biomassa é rentável. Revista da Madeira, n. 110, 2008.** Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1203&subject=Biomassa&title=Aproveitamento de resíduos para biomassa é rentável](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1203&subject=Biomassa&title=Aproveitamento%20de%20residuos%20para%20biomassa%20%C3%A9%20rent%C3%A1vel)>. Acesso em: 12 nov. 2014.

JUDEX, J. W.; GAIFFI, M.; BURGBACHER, C. **Gasification of dried sewage sludge: Status of the demonstration and pilot plant.** Waste Management, v. 32, p.719-723, 2012.

MANARA, P.; ZABANIOTOU, A. **Towards sewage sludge based biofuels via thermochemical conversion – A review. Renewable and Sustainable.** Energy Reviews. v. 16, p.2.566– 2.582, 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