

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA SANITÁRIA 2



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA SANITÁRIA 2



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

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.

Open access publication by Atena Editora



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 Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª 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. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Amanda Costa da Kelly Veiga
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia sanitária 2 /
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. -
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-537-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.379211310>

1. Engenharia sanitária. I. Paniagua, Cleiseano
Emanuel da Silva (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

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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

O e-book: “Coleção desafios das engenharias: Engenharia Sanitária 2” é constituído por vinte e cinco capítulos de livros que foram devidamente selecionados por membros que integram o corpo editorial da Atena Editora. Diante disso, este e-book foi dividido em quatro unidades temáticas de grande relevância.

A primeira é constituída por sete capítulos que tratam da importância de se monitorar os parâmetros físico-químicos e biológicos da água destinada ao abastecimento público, provenientes de águas superficiais ou subterrâneas (poço artesiano). Por ser um recurso natural e cada vez mais escasso em termos de padrões de potabilidade, faz-se necessário a adoção de uma consciência coletiva que leve a redução do consumo *per capita* a nível mundial.

Os capítulos de 8 a 15 apresentam estudos que reforçam a importância de se investigar alternativas a fim de se estabelecer melhores condições de confinamento, destinação final e desaguamento do lodo gerado na ETA. Além disso, é apresentada a importância de melhorar e empregar técnicas de tratamento de efluente hospitalar e provenientes de instituições de ensino.

A terceira temática apresenta trabalhos que tratam da importância do conhecimento sobre resíduos na formação de futuros profissionais da biologia. Outro estudo apresenta a importância e o devido reconhecimento que os catadores de recicláveis representam para a sociedade e que contribuem para a política reversa de materiais recicláveis. Já outros trabalhos, procuram avaliar o uso de lodo de ETA e de rejeitos da mineração como matéria-prima a ser incorporada em substituição aos extraídos da natureza. Por fim, é apresentado um trabalho que validou uma metodologia QuEChERS-CLAE/FL na determinação do antibiótico Tetraciclina em cama de aviários.

O último tema é composto por quatro trabalhos que reportam a utilização de biomassa tanto para remoção de cor de águas residuárias, quanto como matéria-prima para a produção de bioetanol. Além disso, apresenta um trabalho que traz uma discussão em voga em relação aos possíveis riscos associados à utilização de agrotóxicos e por último um trabalho que trata do desenvolvimento de estratégias de *designs* para o reuso de espaços urbanos abertos para o público como espaços de acesso ao público.

Diante desta variedade de estudos, provenientes de pesquisadores (as) de diferentes partes do Brasil e com contribuições provenientes de pesquisadores de Portugal e da Itália, a Atena Editora publica e disponibiliza de forma gratuita em seu *site* e em outras plataformas digitais, contribuindo para a divulgação do conhecimento científico gerado nas instituições de ensino do Brasil e de outros países. Assim, a Atena Editora vem trabalhando, buscando, estimulando e incentivando cada vez mais os pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros ou capítulos de livros.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS PRINCIPAIS TRIBUTÁRIOS AO SISTEMA LAGUNAR DE ITAIPU-PIRATININGA

Flávia Cipriano Dutra do Valle

Wilson Thadeu Valle Machado

Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113101>

CAPÍTULO 2..... 12

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PINHAL - RS


Ronaldo Sartoretto

Samuel Lunardi

Marcelle Martins

Dienifer Stahlhöfer

Willian Fernando de Borba

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113102>

CAPÍTULO 3..... 23


ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS ARTESIANOS: UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

Madalena Teixeira Soares

Manuel Santos da Costa

Mariano Carvalho de Souza

Marijara Serique de Almeida Tavares


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113103>

CAPÍTULO 4..... 36

OS INDICADORES AMBIENTAIS: MELHORIA NA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Yasmin Rodrigues Gomes

Lilian Levin Medeiros Ferreira da Gama

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113104>

CAPÍTULO 5..... 44


COMPARATIVO FINANCEIRO DO CONSUMO DE ÁGUA EM ESCOLAS NAS MICRORREGIÕES SERGIPANAS






Zacarias Caetano Vieira

Carlos Gomes da Silva Júnior


Rayana de Almeida Novais

Paulo Cicero de Jesus Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113105>

CAPÍTULO 6.....	55
DIMENSIONAMENTO DE BARRAGEM PARA O ABASTECIMENTO DE SÃO MATEUS-ES	
Aloísio José Bueno Cotta Renato Pereira de Andrade Honerio Coutinho de Jesus Paloma Francisca Pancieri de Almeida	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113106	
CAPÍTULO 7.....	66
PROPOSTAS DE MELHORIAS NO SISTEMA CAPTAÇÃO, TRATAMENTO, ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL NA ÁREA URBANA E RURAL NO MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO, MG	
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua Valdinei de Oliveira Santos	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113107	
CAPÍTULO 8.....	79
ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NO CENÁRIO BRASILEIRO	
Lucas Rodrigues Bellotti Rosane Freire Boina	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113108	
CAPÍTULO 9.....	87
DESAGUAMENTO DE LODOS DE ETAs: EXPERIÊNCIAS BEM-SUCEDIDAS COM EMPREGO DE LEITO DE DRENAGEM	
Antonio Osmar Fontana João Sergio Cordeiro Cali Laguna Achon Marcelo Melo Barroso Renan Felício dos Reis	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113109	
CAPÍTULO 10.....	104
A IMPORTÂNCIA DA COBERTURA NA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE DESAGUAMENTO DE LODO DE ETA EM LEITOS DE DRENAGEM	
Renan Felício dos Reis Cali Laguna Achon João Sergio Cordeiro	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131010	
CAPÍTULO 11.....	122
AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE DESAGUAMENTO DE LODO – ETA SANTA BÁRBARA (RS)	
Daniele Martin Sampaio Carlos Vinícius Caetano Gonçalves	


Laone Hellwig Neitzel
Karen Gularte Peres Mendes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131011>

CAPÍTULO 12..... 135

QUANTIFICAÇÃO DO LODO GERADO DE DECANTADORES DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE GUARATINGUETÁ


Paulo Ricardo Amador Mendes
Ailton César Teles de Barros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131012>

CAPÍTULO 13..... 142

SISTEMA DE CONFINAMENTO DE RESÍDUOS: ESTUDO DE CASO LODO DE ETA


Denise de Carvalho Urashima
Ana Paula Moreira de Faria
Mag Geisielly Alves Guimarães
Beatriz Mydori Carvalho Urashima
Matheus Müller

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131013>

CAPÍTULO 14..... 150

TRATAMENTO DE EFLUENTE HOSPITALAR EM REATOR TIPO UASB E FITOTOXICIDADE

Roberson Davis Sá
Fernando Rodrigues-Silva
Paloma Pucholobek Panicio
Yohannys Mannes
Mariana Azevedo dos Santos
Lidia Lima
Lutécia Hiera da Cruz
Liziê Daniela Tentler Prola
Wanessa Algarte Ramsdorf
Adriane Martins de Freitas
Karina Querne de Carvalho
Marcus Vinicius de Liz


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131014>

CAPÍTULO 15..... 164

WETLANDS: UMA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA TRATAMENTO DE ESGOTO NO INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE

Carina Siqueira de Souza
Halanna Moura de Souza
Soanne Hemylle de Jesus Santos
Thaise Kate Silva dos Santos
Geovane de Mello Azevedo
Maurício Santos Silva
Felippe Matheus Silva Meneses

Florilda Vieira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131015>

CAPÍTULO 16..... 176

A IMPORTÂNCIA DO COMPONENTE CURRICULAR “GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS” PARA A FORMAÇÃO ACADÊMICA DE UM BIÓLOGO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA

Regiane Gabriele Rocha Vidal

Beatriz dos Santos Souza

Dinalva Ribeiro de Oliveira

Juliana Maia Lima

Jannah Thalís da Silva Alves

Ana Caroline Barbosa de Castro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131016>


CAPÍTULO 17..... 185

CONDIÇÕES DE TRABALHO DOS CATADORES E CATADORAS DE CAXIAS DO SUL/RS APÓS 10 ANOS DE IMPLANTAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Ana Maria Paim Camardelo

Nilva Lúcia Rech Stedile

Fernanda Meire Cioato

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131017>


CAPÍTULO 18..... 196

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ESCÓRIA DE FERRONÍQUEL PARA EMPREGO NA COMPOSIÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO À QUENTE

Jéssika Cosme

Daniel Pinto Fernandes

Gilberto Fernandes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131018>

CAPÍTULO 19..... 205

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE ETA COMO IMPERMEABILIZANTE DE OBRAS DE TERRA PARA A CONTENÇÃO DE RESÍDUOS


Leonardo Marchiori

André Studart

Maria Vitoria Moraes

Antônio Albuquerque

Victor Cavaleiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131019>


CAPÍTULO 20..... 213

ANÁLISE DA SEGURANÇA HÍDRICA ASSOCIADA ÀS BARRAGENS DE REJEITOS NO NORDESTE BRASILEIRO

Ana Nery de Macedo Cadete

Abmael de Sousa Lima Junior


Roberta de Melo Guedes Alcoforado
Marcelo Casiuch
Andresa Dornelas de Castro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131020>

CAPÍTULO 21..... 223

OTIMIZAÇÃO E VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA QuEChERS-CLAE/FL PARA A DETERMINAÇÃO DO ANTIBIÓTICO TETRACICLINA EM CAMA DE AVIÁRIO


Ismael Laurindo Costa Junior
Letícia Maria Effting
Luciane Effting

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131021>

CAPÍTULO 22..... 241

ANÁLISE DE RISCO ASSOCIADO AO USO DE AGROTÓXICOS - ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE ESCADA, PERNAMBUCO, BRASIL.


Eduardo Antonio Maia Lins
Fellipe Martins Maurício de Menezes
Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha
Sérgio Carvalho de Paiva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131022>

CAPÍTULO 23..... 249

CASCA E BAGAÇO DA LARANJA COMO ADSORVENTE PARA REMOÇÃO DE COR DE ÁGUAS RESIDUAIS

Rayane de Oliveira Zonato
Bianca de Paula Ramos
Valquíria Aparecida dos Santos Ribeiro
Rosane Freire Boina

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131023>

CAPÍTULO 24..... 263

POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DA BIOMASSA DE SISTEMA *WETLANDS* CONSTRUÍDOS PARA PRODUÇÃO DE BIOETANOL.


Eduarda Torres Amaral
Gisele Alves
Gustavo Stolzenberg Colares
Tiele Medianeira Rizzetti
Rosana de Cassia de Souza Schneider
Ênio Leandro Machado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131024>

CAPÍTULO 25..... 270

URBAN OPEN SPACES RE-USE: DESIGN STRATEGIES

Rossella Franchino
Caterina Frettoloso
Nicola Pisacane

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131025>

SOBRE O ORGANIZADOR.....	282
ÍNDICE REMISSIVO.....	283

ANÁLISE DA SEGURANÇA HÍDRICA ASSOCIADA ÀS BARRAGENS DE REJEITOS NO NORDESTE BRASILEIRO

Data de aceite: 01/10/2021

Data de submissão: 17/07/2021

Ana Nery de Macedo Cadete

Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE
<http://lattes.cnpq.br/4654709097466586>

Abmael de Sousa Lima Junior

Centro Universitário Maurício de Nassau
Recife – PE
<http://lattes.cnpq.br/7862476035465489>

Roberta de Melo Guedes Alcoforado

Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE
<http://lattes.cnpq.br/5318588954160014>

Marcelo Casiuch

Universidade Estadual do Rio de Janeiro -
ProfÁgua
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/2091641640827334>

Andresa Dornelas de Castro

Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE
<http://lattes.cnpq.br/9934139202971953>

RESUMO: A mineração é uma atividade de grande importância para a economia brasileira, representando uma parcela importante na geração de recursos e contribuindo para o desenvolvimento do país. Contudo, as barragens construídas para conter os rejeitos de mineração podem ocasionar grande impacto sócio-hidro-

ambiental em caso de ruptura. Ante o exposto, é de fundamental importância a classificação destas barragens de acordo com seu risco estrutural e o dano potencial que podem causar, de maneira a identificar e priorizar as estruturas que mereçam maior atenção. Este estudo tem como objetivo analisar a segurança hídrica associada às barragens de rejeitos presentes no Nordeste Brasileiro e avaliar a implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens em cada Estado, bem como identificar os desafios na atuação dos órgãos fiscalizadores.

PALAVRAS-CHAVE: Segurança Hídrica, Barragens de Rejeitos, Segurança de Barragens

ANALYSIS OF WATER SECURITY ASSOCIATED WITH TAILING DAMS IN THE NORTHEAST OF BRAZIL

ABSTRACT: Mining is an activity of great importance for the Brazilian economy, representing an important share in the generation of resources and jobs, and thus contributing to the country's development. However, dams built to contain mining tailings can have a major socio-hydro-environmental impact in the event of a rupture. In view of the foregoing, it is of fundamental importance to classify these dams according to their structural risk and the potential damage they can cause, in order to identify and prioritize the structures that deserve greater attention. This study aims to analyze the water security associated with tailings dams present in the Brazilian Northeast and evaluate the implementation of the National Dam Safety Policy in each State, as well as to identify the challenges

in the performance of inspection agencies.

KEYWORDS: water security, tailing dams, dam safety

1 | APRESENTAÇÃO

Devido a sua extensão territorial e à grande diversidade geológica, o Brasil tem a mineração como uma atividade de grande importância para a economia do país. De acordo com o Ministério das Minas e Energia, o setor mineral fechou 2019 com superávit de US\$ 21,9 bilhões e representou 20,8% dos US\$ 224 bilhões em bens exportados pelo país.

Por outro lado, as barragens de rejeito utilizadas pelas empresas para conter os resíduos de mineração podem causar impactos socioambientais catastróficos, como exemplo dos acidentes ocorridos no estado de Minas Gerais nas últimas décadas.

Segundo o último Relatório de Segurança de Barragens (2018), o Brasil possui 802 barragens de contenção de rejeitos (Figura 1). Uma quantidade expressiva destas barragens (359) se encontra em Minas Gerais e, em seguida, os estados com maior número de barragens de rejeitos são Pará e São Paulo, com 104 e 71 barragens, respectivamente.

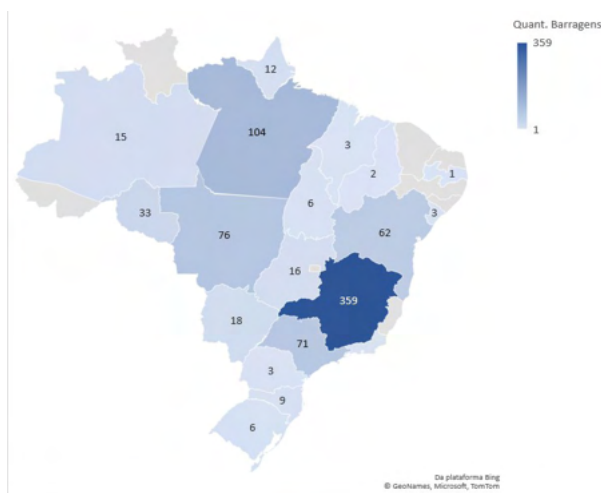


Figura 1 - Quantidade de Barragens de Rejeitos de Mineração por Estado (Brasil)

Para este trabalho, foram selecionadas as 71 barragens de contenção de rejeitos presentes no Nordeste Brasileiro, distribuídas nos estados da Bahia, Maranhão, Paraíba, Piauí e Sergipe. O estudo teve como objetivo a análise da segurança hídrica associada a estas barragens, através da classificação em relação à segurança dessas estruturas utilizando o indicador do Índice de Segurança Hídrica – ISH da Agência Nacional de Águas – ANA.

2 | BARRAGENS DE REJEITOS NO NORDESTE BRASILEIRO

A mineração é uma atividade econômica tradicional na região Nordeste, mais de 50% desses estabelecimentos minerários têm mais de 20 anos de funcionamento. A poluição da água se configura como importante impacto negativo da mineração no ecossistema local, sendo um desafio para a região (FERNANDES *et al.*, 2014). Contudo, de acordo com MINÉRIOS & MINERALES (2018), aparecem entre as 600 maiores minas do Brasil: Mina do Rio (SE), Usina Rica (CE), Miramar (PB), Mina Ipueira (BA), Pedrinhas (BA), Angico dos Dias (BA), Guaju (PB), Fazenda Casa de Pedra (PE), Jacobina (BA), Malvinas e Cobráulica (MA), Piaba (MA), Santo Antônio (BA), Civil Pedreira (BA), Aratu (BA), OCS (CE), Vanádio de Maracás (BA), Brejuí (RN) e Olho D'Água dos Coqueiros (BA).

Com relação as barragens de rejeitos, o Relatório de Segurança de Barragens da Agência Nacional de Águas – ANA, relativo ao ano de 2018, indica que o Nordeste possui 71 barragens deste tipo, sendo 62 na Bahia, três no Maranhão e em Sergipe, duas no Piauí e uma na Paraíba.

Já no Cadastro Nacional de Barragens de Mineração da Agência Nacional de Mineração – ANM (ANM, 2019), responsável pela fiscalização das barragens de mineração, sendo ela a entidade outorgante de direitos minerários para fins de disposição final ou temporária destes rejeitos, indica-se que o Nordeste possui 58 barragens de rejeitos. Porém, mais de 70% dessas barragens não se encontram inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB (estabelecida pela Lei Nº 12.334, de 2010). A Bahia possui a maior quantidade de barragens de rejeitos de mineração (50), porém apenas 15 delas estão inseridas na PNSB. Sergipe possui três barragens, sendo duas delas inseridas na PNSB. Por fim, o Maranhão possui duas, a Paraíba uma e o Piauí duas barragens cadastradas na ANM, porém nenhuma delas está inserida na PNSB. Não há barragens cadastradas nos estados do Ceará, Alagoas, Rio Grande do Norte e Pernambuco.

De forma a contemplar o maior número de barragens no Nordeste na análise desse trabalho, foi realizada uma comparação dos registros das barragens da ANM e da ANA. Todos os registros apresentados no Cadastro Nacional de Barragens de Mineração (ANM, 2019) já correspondem às barragens do Relatório de Segurança de Barragens – RSB (ANA, 2018). Dessa forma, as barragens de rejeitos selecionadas para este trabalho foram aquelas que compuseram o RSB.

2.1 Categorias de riscos e dano potencial associado

As barragens de rejeitos representam uma potencial fonte de poluição importante, portanto sua construção, desde a escolha da localização até o fechamento, incluindo a descaracterização e descomissionamento das estruturas, deve seguir as normas ambientais e os critérios econômicos, geotécnicos, estruturais, sociais e de segurança e risco (ERAZO LOZANO, F. A., 2006).

No Brasil, as barragens são regulamentadas pela Lei nº 12.334, de 20 de setembro

de 2010. Essa lei estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB, destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais. Para que uma barragem seja inserida nessa política, é necessário que ela apresente pelo menos uma das seguintes características: Altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15 m (quinze metros); Capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos); Reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis; Categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas.

A classificação das barragens de rejeitos de mineração deve ser feita pelo seu agente fiscalizador, a ANM, que é vinculada ao Ministério de Minas e Energia - MME. A classificação é realizada por categoria de risco (CRI) em alto, médio ou baixo e é feita em função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento, do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem e da categoria de dano potencial associado (DPA) à barragem, bem como em função do potencial de perdas de vidas humanas e dos impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem (NEVES, 2018).

Essa classificação é extremamente relevante por diversos motivos, dentre eles, destaca-se o norteamento dado ao governo e ao empreendedor a respeito de suas barragens que estejam com maior probabilidade de ruptura. Além disso, ajuda a cumprir os objetivos, previstos na legislação, relacionados com a redução da possibilidade de acidentes, em coligir informações que subsidiem o gerenciamento da segurança de barragens e o fomento à cultura de gestão de riscos (PEREIRA, O. F. M, 2016).

2.2 Análise de segurança hídrica pela metodologia do PNSH

Para a análise dos riscos ambientais decorrentes de rompimentos de barragens de rejeitos de mineração foi utilizada a metodologia proposta pelo Plano Nacional de Segurança Hídrica – PNSH, demonstrada através do Índice de Segurança Hídrica – ISH, desenvolvido através dos dados obtidos em estudos realizados pela ANA e outros órgãos, e com a aplicação na escala das otobacias desenvolvidas pela ANA.

O Índice de Segurança Hídrica foi concebido para retratar, com simplicidade e clareza, os diferentes graus de segurança hídrica, incorporando o conceito de risco aos usos da água, sendo estruturado em quatro dimensões: Humana, Econômica, Ecológica e de Resiliência (PNSH, 2019).

A presença de barragens de rejeitos de mineração e os possíveis impactos associados ao seu rompimento para os trechos de jusante compõem o indicador de Segurança de barragens de rejeitos de mineração (PNSH, 2019), advindo da dimensão ecológica, selecionado neste trabalho, que considera os danos potenciais nos trechos de jusante decorrentes de um eventual rompimento das barragens, baseado na avaliação de sua condição de segurança. De acordo com esse indicador, para a classificação de Risco Estrutural e Dano

Potencial, o nível de segurança hídrica varia apenas de 1 a 3, considerando que não existe uma condição de alta segurança para o ecossistema na presença de barragens de rejeitos. Essa classificação é apresentada na Tabela 1.

Risco Estrutural	Dano Potencial (Impacto)		
	Baixo	Médio	Alto ou sem informação
Baixo	3	3	2
Médio	3	2	1
Alto ou sem informação	2	1	1

Tabela 1 - Grau da Segurança Hídrica (Riscos Associados a Barragens de Rejeitos).

Foram utilizadas as informações de Categoria de Risco (relacionado a características estruturais da barragem) e Dano Potencial Associado (impacto causado por um eventual rompimento) apresentadas no Relatório de Segurança de Barragens da ANA, relativo ao ano de 2018, apenas para as barragens de rejeitos selecionadas.

Seguindo a metodologia do Índice de Segurança Hídrica do PNSH, com o grau de segurança definido e atualizado para as barragens e a partir da ottobacia em que cada barragem se localiza, foram replicados os valores para cada uma das ottobacias de jusante, até a foz do curso d'água barrado. Também foi adotado o valor mais crítico de segurança para os trechos com mais de uma barragem a montante e nulo para os trechos de rios sem influência de barramentos a montante.

3 | CLASSIFICAÇÃO DOS ESTADOS EM RELAÇÃO À SEGURANÇA DE BARRAGENS DE REJEITOS

O resultado do ISH para a Segurança das barragens de rejeitos selecionadas, tendo como base as ottobacias da base hidrográfica BHO2013 e tendo em vista o horizonte de planejamento do PNSH no Cenário 2035, é apresentado na Figura 2.

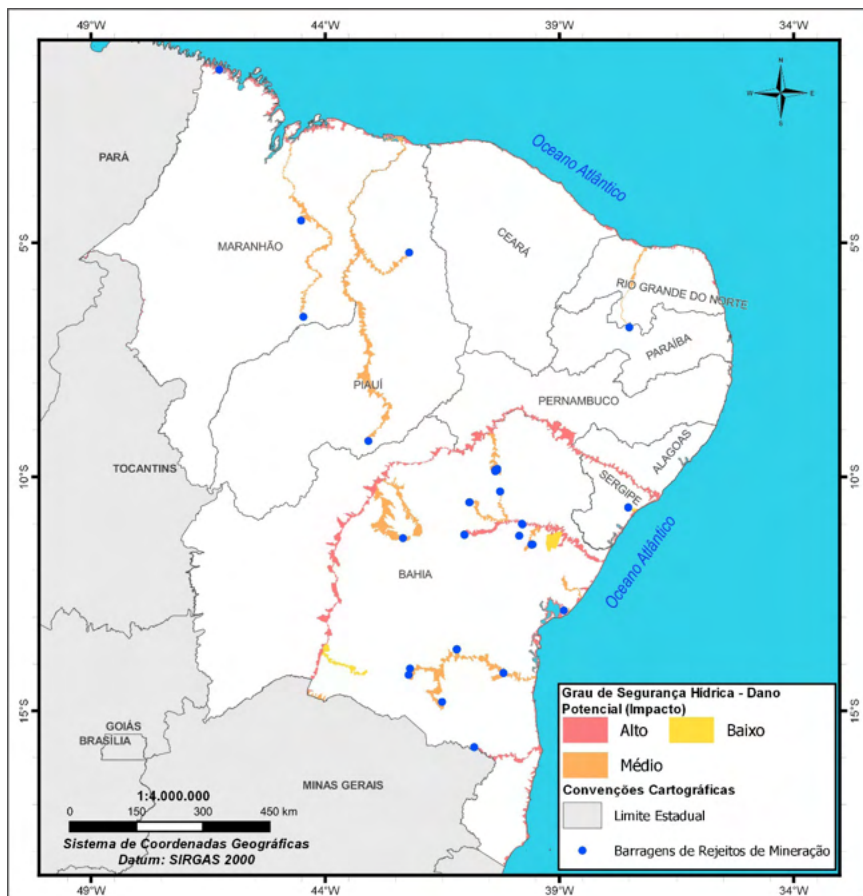


Figura 2 - Grau de Risco Associado a Barragens de Rejeitos de Mineração.

Observa-se que a Bahia é o estado mais afetado em relação aos riscos à segurança hídrica associados a barragens de rejeitos de mineração, pois além de comportar o maior número de barragens deste tipo na região, pode vir a receber em primeiro lugar os impactos advindos de um potencial dano em barragens de rejeitos existentes na bacia mineira do São Francisco. Destacam-se também o Piauí e o Maranhão, que apresentam um médio grau de segurança hídrica com relação às captações existentes nos rios que drenam os cursos d'água onde estão localizadas as quatro barragens de rejeito inventariadas, dentre eles o Parnaíba, importante manancial de abastecimento d'água de diversos municípios nesses dois estados e cujo delta é uma Área de Proteção Ambiental (APA) muito valorizada pelo ecoturismo na região.

4 | POLÍTICAS ESTADUAIS DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

A implementação da PNSB está ocorrendo gradativamente, mas merece mais

atenção e empenho de todos os atores, já que os cadastros ainda não refletem o total de barragens existentes no país e para a maioria das barragens ainda não se sabe se estão ou não submetidas à PNSB. Além disso, há pouco avanço na classificação, no Plano de Segurança de Barragens - PSB, no Plano de Ação de Emergência - PAE e na fiscalização dessas estruturas (ANA, 2019).

A seguir, tem-se um resumo sobre como os Estados vêm se estruturando para atender à Lei Federal nº 12.334/2010 e os desafios da atuação dos órgãos fiscalizadores.

- **Bahia**

No Estado da Bahia, o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA é a entidade fiscalizadora da Lei 12.334/2010. Até meados de 2018 o Estado só possuía regulamentação para PSB, Inspeção de Segurança Regular – ISR e RPSB. Porém, através da Portaria Nº 16.481 e da Portaria Nº 16.482, de 11 de julho de 2018, o Estado regulamentou todos os itens de que trata a referida lei.

Entre as dificuldades para cumprimento da Lei 12.334/2010 na Bahia estão a estrutura organizacional, os processos licitatórios extremamente demorados, os altos custos envolvidos e a implantação e operação de sistemas de alerta realizada pelo Empreendedor que não tem a expertise necessária (EMBASA, 2018).

- **Sergipe**

O estado de Sergipe vem se estruturando com a regulamentação da lei nº 12.334/2010, com a regularização das barragens que se enquadram na PNSB, com o levantamento detalhado das barragens por bacia hidrográfica utilizando geotecnologias e com o apoio aos empreendedores através do Programa Águas de Sergipe.

Em Sergipe, o órgão fiscalizador de segurança de barragens é a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH/SE, que publicou a Portaria SEMARH Nº 58 de 18/12/2017, regulamentando a Lei Federal nº 12.334/2010 no estado. A Portaria SEMARH Nº 57, também de 18/12/2017, estabelece a classificação das barragens por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo volume.

- **Maranhão**

O órgão fiscalizador de segurança de barragens no Estado do Maranhão é a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão – SEMA/MA, que regulamentou a Lei federal através da Portaria SEMA Nº 132 de 29/12/2017, conforme Art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 da Lei nº 12.334/2010.

- **Piauí**

No Estado do Piauí, o órgão fiscalizador de segurança de barragens é a Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMAR/PI. O Estado ainda não possui regulamentações de PSB, inspeções especiais, RPSB e PAE. A Portaria SEMAR Nº 2 de 06/01/2016 estabelece a periodicidade, qualificação da equipe responsável, conteúdo

mínimo e nível de detalhamento apenas das inspeções de segurança regulares de barragens, conforme Art. 9º da Lei Federal 12.334/2010.

Em 2018, durante o II Encontro de Segurança de Barragens da Região Nordeste, a SEMAR indicou como ações pretendidas o Decreto regularizando os Art. 8º, 9º e 10º da PNSB e Portarias para regularizar as barragens quanto à outorga de uso e licenciamento ambiental.

• Paraíba

Até ano passado o Estado não possuía regulamentação para PAE para atender integralmente à Lei 12.334/2010. Através da Resolução 002 de 28/03/2019, a Agência Executiva de Gestão das Águas – AESA, que é o órgão fiscalizador estadual de segurança de barragens regulamentou os Art. 8º, 9º, 10, 11 e 12 que estabelece a PNSB.

De acordo com a AESA (2018), os principais desafios de sua atuação é a regularização retroativa das barragens, quantidade de barragens na dominialidade estadual, estruturação, institucionalização e atualização do sistema do órgão e a fiscalização da Secretaria de Estado da Infraestrutura, dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia – SEIRHMACT e do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS.

Na Tabela 2 é apresentado um resumo da Regulamentação Estadual da Lei 12.334/2010.

UF	Órgão Fiscalizador	PSB	Inspeções de Segurança		RPSB	PAE
			ISR	ISE		
BA	INEMA	Portaria nº 16.481/2018	Portaria nº 16.482/2018	Portaria nº 16.482/2018	Portaria nº 16.481/2018	Portaria nº 16.481/2018
SE	SEMARH	Portaria nº 58/2017	Portaria nº 58/2017	Portaria nº 58/2017	Portaria nº 58/2017	Portaria nº 58/2017
MA	SEMA	Portaria nº 132/2017	Portaria nº 132/2017	Portaria nº 132/2017	Portaria nº 132/2017	Portaria nº 132/2017
PI	SEMAR	-	Portaria nº 2/2016	-	-	-
PB	AESA	Resolução 002/2019	Resolução 002/2019	Resolução 002/2019	Resolução 002/2019	Resolução 002/2019

Tabela 2 - Regulamentação Estadual da Lei 12.334/2010.

5 I CONCLUSÃO

Deve-se considerar que, com a publicação da Lei Federal 12.334/2010, o Brasil deu um passo muito importante na área de segurança de barragens de rejeitos, porém há

pouco avanço nos instrumentos da PNSB e deficiências na governança para coordenar a atuação dos diversos órgãos estaduais.

Certos Estados ainda carecem de regulamentação da legislação de segurança de barragens, ressaltando-se que, apesar de alguns possuírem poucas ou nenhuma barragem de contenção de rejeitos, podem vir a sofrer graves consequências em sua segurança hídrica, advindas de possíveis rompimentos de barragens deste tipo implantadas em Estados vizinhos.

De um modo geral, a Região Nordeste ainda precisa muito avançar no âmbito da Segurança de Barragens, através da sensibilização dos Governos Estaduais, da conscientização dos empreendedores quanto à importância da PNSB, do monitoramento e fiscalização das barragens, do apoio aos empreendedores para o estabelecimento de mecanismos financeiros para viabilizar a elaboração dos PSBs e PAEs, da contratação de profissionais qualificados, além da necessidade de cada Estado buscar uma real integração com os programas apoiados pela ANA na região.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2013). **Base Hidrográfica Ottocodificada – BHO2013**. Brasília – DF. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2019). **Plano Nacional de Segurança Hídrica 2019**. Brasília: ANA, 2019. 116 p. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>. Acesso em: jul. 2020, 24.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2019). **Segurança de Barragens na Bacia do Rio Grande** in Seminário de Segurança de Barragens na Bacia do Rio Grande, Ribeirão Preto. Jun. 2019, 26.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2018). **Relatório de Segurança de Barragens 2018**. Brasília: ANA, 2019. 103 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (2019). **Cadastro Nacional de Barragens de Mineração**. Brasília: ANM, 2019. 7 p.

EMPRESA BAHIA DE ÁGUAS E SANEAMENTO (2018). **Aspectos de Segurança de Barragens frente à Lei nº 12.334/2010, 2018, 19p.**

ERAZO LOZANO, F. A. **Seleção de locais para barragens de rejeitos usando o método de análise hierárquica**. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. São Paulo – SP, 128 p.

FERNANDES, F. R. C. (Ed.); ALAMINO, R. C. J. (Ed.); ARAUJO, E. R. (Ed.). (2014). **Mineração na Região Nordeste do Brasil: quadro atual e perspectivas**, in *Recursos Minerais e Sociedade: impactos humanos – socioambientais - econômicos*. CETEM/MCTI, 2014. Rio de Janeiro – RJ, pp. 117 – 123

MINÉRIO & MINERALES (2018). **600 minas brasileiras**. Revista Minérios e Minerais 397, pp. 40-59. Disponível em: https://revistaminerios.com.br/wp-content/uploads/2019/07/MM397_finalbx-40-59.pdf. Acesso em: jul. 2020, 24.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2019). **Setor mineral registra superávit de US\$ 21,9 bilhões em 2019**. Disponível em: http://www.mme.gov.br/web/guest/todas-as-noticias/-/asset_publisher/pdAS9lcdBICN/content/setor-mineral-registra-superavit-de-us-21-9-bilhoes-em-2019?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.mme.gov.br%2Fweb%2Fguest%2Ftodas-as-noticias%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_pdAS9lcdBICN%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-1%26p_p_col_count%3D1. MME, 2019. Acesso em jul. 2020, 24.

NEVES, L. P. (2018). **Segurança de Barragens – Legislação Federal Brasileira em Segurança de Barragens Comentada**. Brasília. 2018.

PEREIRA, O. F. N. (2016). **Análise da metodologia atual para classificação de barragens de contenção de rejeitos no Brasil, quanto ao critério de categoria de risco**. Dissertação de Mestrado, Instituto Tecnológico da Vale, 2016. Belém – PA, 52 p.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 85, 232, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 259, 260

Adsorvato 251, 255, 259

Adsorvito 251

Afluentes 5, 8, 56, 57, 59, 60, 61, 67, 123, 124, 125, 168, 243

Agropecuária 175, 238

Agrotóxicos 3, 8, 41, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248

Água 3, 4, 5, 6, 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 98, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 147, 148, 149, 151, 154, 155, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 173, 174, 186, 193, 196, 198, 199, 201, 204, 205, 215, 216, 217, 218, 219, 226, 227, 228, 232, 234, 242, 244, 246, 247, 248, 250, 251, 252, 253, 264

Águas residuárias 3, 151, 152, 163, 252, 260, 265

Antibiótico 3, 8, 223, 226

Atividades antrópicas 12, 13, 36, 38

Aviário 8, 223, 225, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 235, 236, 237, 238, 239

B

Bacias hidrográficas 1, 2, 43, 64, 65, 67, 77, 174

Barragem 5, 55, 59, 61, 62, 63, 64, 69, 125, 134, 216, 217, 218, 221

Bioetanol 3, 8, 263, 264, 265, 266, 267

Biomassa 3, 8, 154, 157, 263, 264, 265, 266, 267, 268

C

Calha Parshall 137

Captação 5, 26, 35, 56, 57, 59, 61, 62, 63, 66, 68, 69, 75, 76, 81, 87, 89, 106

Carvão ativado 136

Cloração 68, 70, 72, 75, 77

Coagulação 71, 74, 77, 80, 87, 89, 136, 141, 251

Coliformes termotolerantes 1, 2, 8, 9, 10, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 31, 32, 33

Cor 3, 8, 23, 27, 29, 30, 33, 71, 75, 109, 116, 129, 135, 137, 138, 139, 168, 199, 249, 251,

252, 254, 257

Corante 250, 252, 253, 254, 256, 257, 258, 259, 260, 261

D

Decantação 68, 70, 71, 73, 74, 89, 108, 136, 137

Desaguamento 3, 5, 82, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 101, 102, 104, 113, 114, 117, 119, 120, 122, 124, 126, 127, 130, 132, 134, 142, 144, 145, 146, 147, 148

Desenvolvimento sustentável 37, 43, 166

Design 8, 79, 133, 168, 224, 270, 271, 274, 275, 276, 278, 280, 281

Desinfecção 3, 32, 70, 72, 77, 136, 151

Development 64, 123, 195, 214, 224, 238, 261, 264, 270, 272, 275

E

Ecosistema 36, 41, 136, 167, 215, 217, 224, 251

Educação ambiental 9, 21, 167, 177, 178, 179, 182, 184, 192, 282

Efluentes 1, 3, 9, 13, 14, 21, 22, 31, 40, 58, 59, 77, 81, 84, 124, 125, 127, 128, 132, 150, 151, 152, 159, 160, 161, 164, 166, 167, 168, 174, 249, 250, 251, 253, 260, 265, 282

Environmental 2, 11, 36, 43, 64, 84, 88, 123, 148, 161, 162, 163, 165, 177, 186, 196, 197, 206, 210, 214, 238, 239, 240, 241, 242, 250, 261, 262, 270, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280

Escoamento pluvial 3

Estação de Tratamento de Efluente - ETE 148

Estuários 56

Eutrofização 3

F

Fármacos 77, 151, 224, 225, 226, 227, 237, 238

Filtração 68, 72, 74, 75, 89, 92, 106, 126, 127, 133, 136, 138, 142, 146, 148, 155, 200, 254

Flotação 68, 70

Fluoretação 70, 72, 75, 77, 78

Fósforo total 2, 8, 12, 13, 16, 17, 19, 20, 21

I

Impactos ambientais 36, 37, 38, 42, 81, 106, 122, 136, 141, 162, 164, 166, 183, 205, 241, 243, 244, 245, 246

Índice de Qualidade da Água 4, 1, 2, 11, 12, 13, 16, 17, 41

Índices pluviométricos 56, 97, 135, 138

J

Jusante 14, 217, 218

L

Leito de drenagem 5, 87, 88, 89, 90, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 111, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 134

Lignocelulósicas 264

M

Mananciais 13, 106, 107, 125, 137

Matrizes ambientais 224, 225, 226, 237

Meio ambiente 10, 21, 22, 24, 27, 34, 38, 77, 82, 85, 86, 88, 89, 91, 105, 106, 108, 123, 133, 148, 150, 164, 167, 177, 178, 183, 187, 192, 194, 198, 199, 219, 220, 224, 225, 241, 243, 244, 248

Micro-organismos 72, 74, 75

Mineração 3, 30, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 222, 264

Montante 14, 58, 59, 218

N

Nitrogênio total 12, 13, 16, 17, 19, 20

P

Passivo ambiental 204

Patógenos 37, 151, 191

Poço artesiano 3, 23, 26, 35

Polímeros 87, 101

Poluição 1, 2, 3, 11, 12, 13, 21, 36, 41, 42, 105, 152, 167, 178, 198, 215, 216, 227, 248, 250

Potabilidade 3, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 37, 64, 68, 74, 75, 76, 77, 90, 123, 136, 196, 199, 204

R

Reaproveitamento 89, 133, 135, 141, 177, 179, 182, 265

Reciclável 186, 188, 192, 194

Recursos hídricos 1, 2, 3, 10, 11, 13, 14, 41, 42, 55, 56, 63, 64, 65, 68, 106, 134, 149, 150, 219, 220

Rejeito 144, 187, 190, 192, 214, 219

Resíduos agroindustriais 249, 251, 260

Resíduos sólidos 7, 3, 81, 84, 85, 102, 106, 120, 136, 143, 144, 147, 148, 165, 176, 177,

178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 190, 194, 195, 197, 198, 199, 204, 260

Resolução CONAMA 357 1, 2, 3, 4, 19, 21, 136

S

Saneamento básico 9, 10, 66, 78, 80, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 103, 106, 110, 125, 144, 147, 164, 165, 174

Segurança hídrica 7, 213, 214, 215, 217, 219, 221

T

Turbidez 2, 8, 12, 13, 16, 17, 19, 20, 23, 29, 30, 33, 69, 74, 75, 98, 99, 109, 116, 124, 126, 129, 135, 137, 138, 139, 164, 168, 170, 172, 199

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA SANITÁRIA 2



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

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA SANITÁRIA 2



 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

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

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br