

Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

3



Cleiseano Emanuel da
Silva Paniagua
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2021

Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

3



Cleiseano Emanuel da
Silva Paniagua
(Organizador)

Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^ª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Base de conhecimentos gerados na engenharia ambiental e sanitária 3

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B299 Base de conhecimentos gerados na engenharia ambiental e sanitária 3 / 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 978-65-5706-974-5

DOI 10.22533/at.ed.745210804

1. Engenharia Ambiental e 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.

APRESENTAÇÃO

O e-book “Base de conhecimento gerado na Engenharia Ambiental e Sanitária 3”, constituído por vinte e oito capítulos de livros que foram organizados e divididos em três grandes áreas temáticas: (i) gestão de resíduos sólidos e líquidos; (ii) uso e impactos ambientais gerados por aterros sanitários e (iii) gestão e qualidade dos recursos hídricos.

Diante disso, inúmeros estudos já concluíram que vários recursos naturais (água, minerais, combustíveis fósseis e seus derivados entre outros) não são renováveis para suprir a necessidade e crescente demanda para manter tanto a atual quanto as futuras gerações, se não houver uma mudança drástica no atual estilo de vida e visão do homem. Neste sentido, a forma se pensar a relação homem/ambiente, surge a necessidade de melhorar a gestão de materiais e práticas de trabalho. Neste contexto, a construção civil e os diferentes seguimentos industriais passaram por uma mudança radical encararam ao criar e aplicar novas práticas e rotinas de trabalho, possibilitando a geração mínima de resíduos e aumentando o seu reaproveitamento em outros setores da sociedade. Neste sentido, a adoção de novas práticas de fabricação e trabalho levou a: (i) redução de custos com aquisição de matérias – primas; (ii) incorporação de resíduos na composição de diversos produtos industrializados; (iii) o reaproveitamento e tratamento de efluentes antes do seu lançamento em corpos aquáticos; (iv) aprimoramento constante do quadro de colaboradores e (v) aquisição de novas tecnologias foram os principais fatores para se atingir este êxito. Entretanto, a falta de um sistema de educação mais efetivo e uma legislação mais restritiva e punitiva para o poluidor ou a fonte de poluição, se constitui em um entrave para a prática de um desenvolvimento mais sustentável.

Diante disso, inúmeros resíduos são gerados e destinados a áreas para receber todo material enviado que será disposto da forma mais adequada – os aterros sanitários. No entanto, a existência destes não significa em eliminar o impacto gerado pelos resíduos, visto que estas áreas possuem um tempo de vida útil e a precarização da infraestrutura faz com que estes espaços sejam vetores de transmissão de doenças e com alto poder de contaminação tanto do solo com de recursos hídricos que estejam próximos. Não obstante a presença de pessoas e animais nestes lugares se caracteriza como um centro de veiculação de inúmeras doenças.

A destinação inadequada de resíduos se constitui no maior responsável por alterar a qualidade dos recursos hídricos contribuindo tanto para a sua não utilização para fins potáveis quanto para a sobrevivência dos diferentes organismos dos diversos ecossistemas existentes no Brasil. Logo, a utilização de tecnologias que promovam o monitoramento e tratamento dos corpos aquáticos é de suma importância para preservar e garantir que estes não venham a faltar em um futuro bem próximo.

Pensando nisso, a editora Atena trabalha com o intuito de estimular e incentivar tanto

a publicação de trabalhos científicos quanto a disponibilidade destes de forma gratuita por intermédio de diferentes plataformas em tempo real e acessível a todos, contribuindo para o desenvolvimento de uma maior consciência ambiental.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

COMPARAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE DUAS OBRAS EM BELÉM, PARÁ, BRASIL

Yuri Antônio da Silva Rocha
Bruno Mitsuo Hiura
Douglas Matheus das Neves Santos
Paulo Roberto Estumano Beltrão Júnior
Danúbia Leão de Freitas
Yan Torres dos Santos Pereira
Hugo Augusto Silva de Paula
William de Brito Pantoja
Juliane da Silva Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.7452108041

CAPÍTULO 2..... 13

IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO PARA RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM UMA OBRA NA CIDADE DO RECIFE, PERNAMBUCO

Eduardo Antonio Maia Lins
Vanessa Luana Bezerra Barbosa
Adriane Mendes Viera Mota
Maria Clara Pestana Calsa
Andréa Cristina Baltar Barros

DOI 10.22533/at.ed.7452108042

CAPÍTULO 3..... 22

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE: ESTUDO DE CASO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

Mariane Viviurka Fernandes
Silvano da Silva Coutinho
Sílvia Carla da Silva André Uehara
Adriana Aparecida Mendes
Maiara Veiga Coutinho
Tatiane Bonametti Veiga

DOI 10.22533/at.ed.7452108043

CAPÍTULO 4..... 37

AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO DO SHOPPING MEGA MODA PARK, EM GOIÂNIA-GO

Rafaella Ferreira Rodrigues Almeida
Viníciu Fagundes Bárbara
Rosana Gonçalves Barros

DOI 10.22533/at.ed.7452108044

CAPÍTULO 5..... 57

DIAGNÓSTICO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA, ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DESCARTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM TIMON-MA, BRASIL

George Ventura Alves Neri

Adriana Sotero Martins

Maria José Salles

DOI 10.22533/at.ed.7452108045

CAPÍTULO 6..... 71

ESTUDO DE CASO SOBRE A PERCEPÇÃO AMBIENTAL DOS MORADORES DE UM CONDOMÍNIO SOBRE O DESCARTE DO ÓLEO DE COZINHA

Eduardo Antonio Maia Lins

Natália Dias Feijó

Adriane Mendes Vieira Mota

Andréa Cristina Baltar Barros

Maria Clara Pestana Calsa

DOI 10.22533/at.ed.7452108046

CAPÍTULO 7..... 82

SUBTRAÇÃO DE VOLUMES EM ATERROS SANITÁRIOS: GESTÃO DE RESÍDUOS DE PODA DE ÁRVORES URBANAS

Barbara Lucia Guimarães Alves

DOI 10.22533/at.ed.7452108047

CAPÍTULO 8..... 94

GERAÇÃO DE ILHAS DE CALOR EM ATERRO SANITÁRIO – ESTUDO DE CASO

Eduardo Antonio Maia Lins

João Victor de Melo Silva

Regina Coeli Lima

Suzana Paula da Silva França

Sérgio Carvalho de Paiva

Raphael Henrique dos Santos Batista

Camilla Borges Lopes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7452108048

CAPÍTULO 9..... 103

IMPACTOS AMBIENTAIS EM ATERRO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE SEBERI-RS

Tariana Lissak Schüller

Malva Andrea Mancuso

DOI 10.22533/at.ed.7452108049

CAPÍTULO 10..... 115

GESTÃO AMBIENTAL CONJUNTA DOS SISTEMAS DE ÁGUAS RESIDUAIS E PLUVIAIS

Ricardo Pêra Moreira Simões

DOI 10.22533/at.ed.74521080410

CAPÍTULO 11 127

A INTRUSÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS E O INCREMENTO DE VAZÕES EM ETE'S

Diogo Botelho Correa de Oliveira

Marco Aurélio Calixto Ribeiro de Holanda

Camila Barrêto Rique de Barros

Lorena Clemente de Melo
Willames de Albuquerque Soares
DOI 10.22533/at.ed.74521080411

CAPÍTULO 12..... 136

POTENCIALIDADES NO USO DA ÁGUA DO AQUÍFERO GUARANI

Gilmar Antônio da Rosa
Priscila Mara Knoblauch

DOI 10.22533/at.ed.74521080412

CAPÍTULO 13..... 153

CONFLITOS TERRITORIAIS EM BACIAS URBANAS: ESTUDO DE CASO DA BACIA DO SÃO FRANCISCO NA FRONTEIRA BRASIL/COLÔMBIA E PERU

Ercivan Gomes de Oliveira
Adorea Rebello da Cunha Albuquerque
Manoel Góes dos Santos
Jefferson Rodrigues de Quadros

DOI 10.22533/at.ed.74521080413

CAPÍTULO 14..... 160

DESAFIOS DO NOVO MARCO LEGAL DO SETOR DE SANEAMENTO

Hugo Sergio de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.74521080414

CAPÍTULO 15..... 169

BIOPROSPECÇÃO DE RIZOBACTERIAS DE CAFÉ CONILON

Joyce Rayra Pereira Leite
Wanderson Alves Ferreira
Sabrina Spalenza de Jesus
Elson Barbosa da Silva Júnior

DOI 10.22533/at.ed.74521080415

CAPÍTULO 16..... 185

COMPARAÇÃO ENTRE A ANTIGA E A NOVA CLASSIFICAÇÃO TOXICOLÓGICA DOS AGROTÓXICOS UTILIZADOS NA CULTURA DA MAÇÃ NO MUNICÍPIO DE VACARIA/RS

Nilva Lúcia Rech Stedile
Cassiano da Costa Fioreze
Fernanda Meire Cioato
Tatiane Rech

DOI 10.22533/at.ed.74521080416

CAPÍTULO 17..... 204

AVALIAÇÃO DE RISCO RELATIVO DE DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA DE FONTES DE ABASTECIMENTO INDIVIDUAL DE ÁGUA SUBTERRÂNEA LOCALIZADAS NO BAIRRO GURIRI, SÃO MATEUS-ES

Tamires Lima da Silva
Fernando Soares de Oliveira

Talita Aparecida Pletsch
Daniela Teixeira Ribeiro
Yuri Graciano Bissaro Romualdo
Abrahão Welson de Souza
Bruna Bonomo Cosme

DOI 10.22533/at.ed.74521080417

CAPÍTULO 18.....215

PROGRAMA UM MILHÃO DE CISTERNAS [P1MC]: ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE INFORMANTES-CHAVE

Juliana Elisa Silva Santos
Patrícia Campos Borja

DOI 10.22533/at.ed.74521080418

CAPÍTULO 19.....229

AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE SANEAMENTO E DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DOS TRIBUTÁRIOS DO SISTEMA LAGUNAR DE MARICÁ, RJ

Luane Marques Toledo
Fernanda Carvalho Moreno Wall
Marcelo Obraczka
André Luís de Sá Salomão

DOI 10.22533/at.ed.74521080419

CAPÍTULO 20.....244

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DA LAGOA DO BALNEÁRIO VENEZA EM CAXIAS – MA

Manoel Vyctor Rocha da Silva
Deuzuita dos Santos Freitas Viana

DOI 10.22533/at.ed.74521080420

CAPÍTULO 21.....253

MODELAGEM COMPUTACIONAL DO ESCOAMENTO DE ESGOTO EM REDES COLETORAS ASSENTADAS EM DECLIVIDADES DRÁSTICAMENTE REDUZIDAS USANDO AS EQUAÇÕES DE SAINT-VENANT E DE BOUSSINESQ

Wolney Castilho Alves
Luciano Zanella

DOI 10.22533/at.ed.74521080421

CAPÍTULO 22.....268

SIMULAÇÃO HIDRÁULICA DE UMA REDE COLETORES DE ESGOTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE CAMPINA DO MONTE ALEGRE, SÃO PAULO

Fernanda Marques dos Santos
Camila Gallassi
Juliana Noronha Primitz
Vinicius Rainer Boniolo
Jorge Luis Rodrigues Pantoja Filho

DOI 10.22533/at.ed.74521080422

CAPÍTULO 23.....274

**AVALIAÇÃO DA PERFORMANCE DOS MODELOS GR4J, GR5J E GR6J NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO JOÃO, MINAS GERAIS**

Wallace Maciel Pacheco Neto
Fabianna Resende Vieira
Cristiano Christofaro Matosinhos

DOI 10.22533/at.ed.74521080423

CAPÍTULO 24.....289

**USO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA A
PLANIFICAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DESCENTRALIZADO DE ESGOTO
SANITÁRIO COM WETLAND CONSTRUÍDO EM MICROBACIA HIDROGRÁFICA URBANA**

Lessandro Morini Trindade

DOI 10.22533/at.ed.74521080424

CAPÍTULO 25.....302

**SIBOOST – A INOVAÇÃO NA METODOLOGIA DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA COM FOCO NA REGULARIDADE DOS EQUIPAMENTOS
PRESSURIZADORES DURANTE AS SINGULARIDADES DAS CRISES HÍDRICAS E
ENERGÉTICAS – CASE CARMELO BARONI UNIDADE DE NEGÓCIOS SUL – SABESP**

Kleber dos Santos
Ricardo Barros Cunha
Marco Antônio de Oliveira
Rogério de Castro Peres
Anderson Cleiton Barbosa
Vagner Motta

DOI 10.22533/at.ed.74521080425

CAPÍTULO 26.....319

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DE UM TELHADO VERDE
SUBMETIDO AS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE**

Camila Barrêto Rique de Barros
Marco Aurelio Calixto Ribeiro de Holanda
Diogo Botelho Correa de Oliveira
Ariela Rocha Cavalcanti
Willames de Albuquerque Soares

DOI 10.22533/at.ed.74521080426

CAPÍTULO 27.....330

**REMOÇÃO DE ÁCIDOS HÚMICOS NA FILTRAÇÃO LENTA COM PRÉ-OXIDAÇÃO COM
RADIAÇÃO SOLAR**

Carlos Henrique Rossi
Edson Pereira Tangerino
Tsunao Matsumoto
Anielle Ferreira de Jesus Pardo

DOI 10.22533/at.ed.74521080427

CAPÍTULO 28.....	342
PHOTODEGRADATION OF WATER POLLUTANTS WITH TIO₂ CATALYSTS ACTIVATED WITH VISIBLE LIGHT AND UV LIGHT	
Maricela Villicaña Mendez	
Luisa Verónica Piña Morales	
Ma. Guadalupe Garnica Romo	
DOI 10.22533/at.ed.74521080428	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	352
ÍNDICE REMISSIVO.....	353

IMPACTOS AMBIENTAIS EM ATERRO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE SEBERI-RS

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 05/01/2021

Tariana Lissak Schüller

Universidade Federal de Santa Maria –
Campus Frederico Westphalen
Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/4262616793366948>

Malva Andrea Mancuso

Universidade Federal de Santa Maria –
Campus Frederico Westphalen
Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul
<http://orcid.org/0000-0002-8252-534X>

RESUMO: A área de estudo é o aterro sanitário localizado no município de Seberi (RS). O estudo tem por objetivo identificar os impactos ambientais ocasionados pelo aterro, principalmente no que se refere às águas subterrâneas e às águas superficiais, além de caracterizar a qualidade dos solos, e a eficiência do tratamento das lagoas de estabilização. Também, foi utilizado o método *check-list* para a avaliação de impactos ambientais. A qualidade das águas subterrâneas foi avaliada entre 2007 e 2017. Foi caracterizada a qualidade dos solos e avaliada qualidade do efluente das lagoas de estabilização (com dados de 2011 a 2017). De acordo com os resultados, as águas subterrâneas apresentam indícios de contaminação, com concentrações superiores ao VMP na maioria dos parâmetros analisados, destacando-se o Nitrato, que atingiu 50,79 mg.L⁻¹ em uma das amostras. Em relação às lagoas

de estabilização, foi identificado que estão com valores de DBO, DQO e Nitrogênio acima do permitido pela norma vigente em praticamente todas as análises. No que diz respeito ao solo, os parâmetros Bário, Cobre e Cromo também estão com valores acima do recomendado pela legislação. A avaliação dos impactos ambientais pelo método de *check-list*, apresentou impactos negativos em 91% dos critérios (solo, ar, água, paisagem e outros), indicando a necessidade de controle desses impactos, que atualmente afetam o meio ambiente e a população do entorno.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro Sanitário. Contaminação. Impactos ambientais. Resíduos sólidos.

ENVIRONMENTAL IMPACTS IN A LANDFILL OF SEBERI (RS) COUNTY

ABSTRACT: The study area is the landfill of Seberi (RS) county This study aims to identify the environmental impacts caused by the landfill, mainly with regard to groundwater and surface water, in addition to characterizing the quality of the soil, and the efficiency of the treatment of the stabilization ponds. Also, the *check-list* method was used to assess a general environmental impacts. The quality of groundwater was assessed between 2007 and 2017. Soil quality was characterized and the quality of the effluent from the stabilization ponds was assessed based on data from 2011 to 2017. In most of the assessed parameters groundwater showed signs of contamination, with concentrations higher than the maximum allowable values for water supply. As an example, Nitrate reached up to 50.79 mg. L⁻¹. Also, in almost all the samples,

the stabilization ponds have BOD, COD and Nitrogen above that allowed by the quality standard. With regard to soil, metals as Barium, Copper and Chromium are also above the recommended concentration by the legislation. The environmental impacts assessed by the *check-list* method, showed a negative impacts in 91% of the criteria (soil, air, water, landscape and others), indicating the need to control these impacts, which currently affect the environment and the population living around the landfill.

KEYWORDS: Landfill. Groundwater. Spring. Effluent Pond. Solid Waste.

1 | INTRODUÇÃO

Durante muitos anos, a principal solução para deposição dos resíduos era o despejo no solo, sem qualquer cuidado com o meio ambiente sendo muitas vezes queimados para a redução de volume e o seu desaparecimento. Os resíduos são materiais considerados inúteis, sem valor ou supérfluos, gerado pela atividade humana e que são posteriormente descartados no meio ambiente (RODRIGUES, 2014).

Atualmente um dos principais problemas ambientais e de saúde pública advém da disposição inadequada de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).

Uma das alternativas para minimizar os impactos negativos da disposição inadequada dos RSU são os aterros sanitários, que vêm desempenhando um papel primordial na sustentabilidade da gestão integrada dos resíduos, por não causar danos e impactos ao meio ambiente. Entretanto, aterros mal construídos e/ou operados podem afetar o meio ambiente (SOUSA, 2017), pelo que há necessidade de prever, monitorar e avaliar os eventuais impactos que podem ser provocadas por essas instalações.

2 | OBJETIVOS

Identificar o impacto ambiental com foco no meio físico (águas subterrâneas, superficiais e solos), ocasionado pela operação de um aterro sanitário localizado no município de Seberi (RS).

3 | METODOLOGIA

A presente pesquisa foi desenvolvida com base no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB (1999) e de acordo com a metodologia sugerida por Campos (2008), para avaliação de impactos ambientais. Neste estudo, as atividades desenvolvidas estiveram de acordo com as seguintes etapas: 1) Coleta e avaliação dos dados pré-existentes 2) Avaliação de impactos ambientais pelo método de *check-list* (listas de controle).

3.1 Coleta e Avaliação de Dados Pré-existentes

Foram consultados, junto à administração do aterro sanitário, Relatórios com dados

de qualidade das águas subterrâneas e superficiais, qualidade dos solos e qualidade dos efluentes coletados nas lagoas de estabilização. Os dados de qualidade foram tabelados e analisados.

3.1.1 Parâmetros de Qualidade das Águas e do Solo

Foram analisados 12 parâmetros de qualidade das águas subterrâneas, coletadas trimestralmente entre 10/2007 e 08/2017, seguindo as normas do órgão ambiental do Estado do Rio Grande do Sul (FEPAM), sendo eles: Alcalinidade total (mg. L^{-1}), Cloretos (mg. L^{-1}), Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL), Coliformes totais (NMP/100 mL), Condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg. L^{-1}), Demanda Química de Oxigênio – DQO (mg. L^{-1}), Nitrato (mg. L^{-1}), Nitrogênio Total (mg. L^{-1}), pH, Sólidos Dissolvidos totais (mg. L^{-1}), Sólidos Totais e Sulfato (mg. L^{-1}).

O monitoramento das águas subterrâneas foi realizado em seis piezômetros instalados para essa finalidade (PM1, PM2, PM3, PM4, PM5 e PM6) (Figura 1). A qualidade da água superficial foi avaliada com base em coletas de amostras de água realizadas semestralmente entre 2015 e 2017 (6 coletas), em uma nascente (N1) localizada a aproximadamente 224 metros do aterro sanitário (Figura 1).

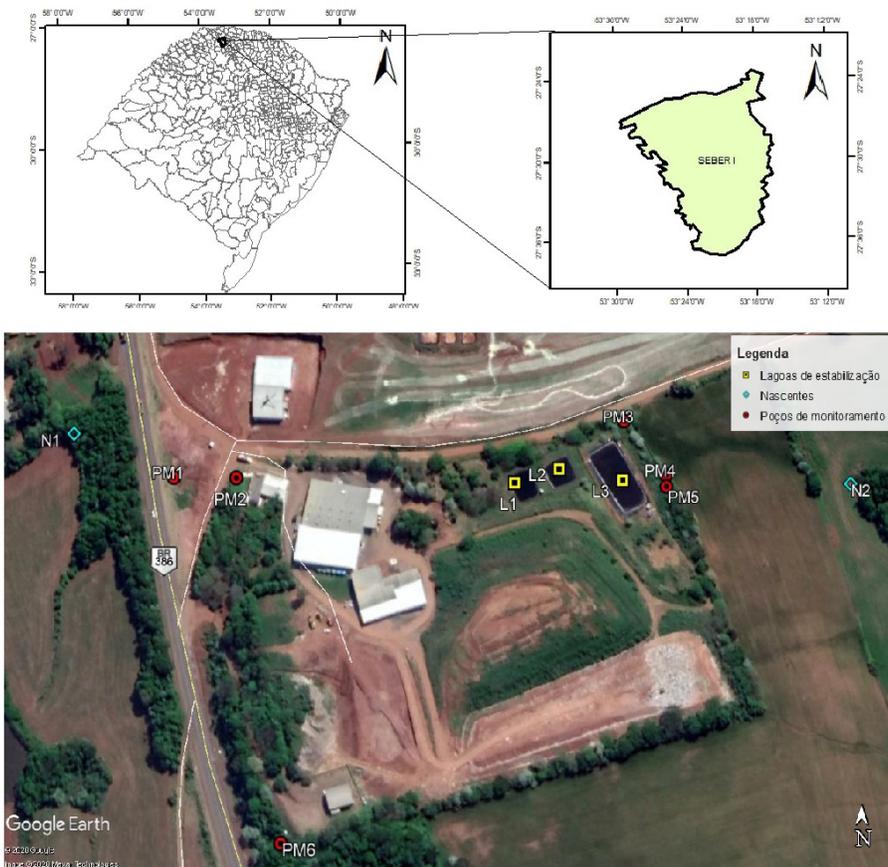


Figura 1. Localização da área, dos pontos de coleta de águas subterrânea (PMs), das nascentes (N1 e N2) e das lagoas de tratamento de efluentes (L1, L2 e L3) do aterro sanitário CIGRES (Seberi, RS).

Fonte: Construído a partir dos softwares ArcGis 10.2.2 e Google Earth pro 2020.

A 500 metros de distância do aterro sanitário, um poço tubular profundo, instalado no Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), abastece cerca de 100 pessoas. A qualidade das águas subterrâneas foi avaliada a partir de dados coletados entre 05/2010 e 08/2017 (17 campanhas ao todo).

A qualidade das águas foi avaliada tendo como referência a Legislação CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008 (BRASIL, 2008), a Legislação CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) e a Portaria de Consolidação do M.S. nº 5/2017 (BRASIL, 2017).

A qualidade do solo foi avaliada a partir de pesquisa bibliográfica de estudos realizados por Borba (2016) e Kemerich (2014) no local, a análise teve como referência a Resolução CONAMA nº 420/2009, que estabelece critérios e valores orientadores de

qualidade do solo (BRASIL, 2009). Os parâmetros para avaliação da qualidade dos solos foram: Bário (mg.kg^{-1}), Cádmio (mg.kg^{-1}), Chumbo (mg.kg^{-1}), Cobre (mg.kg^{-1}), Cromo (mg.kg^{-1}), Cr^{+6} (mg.kg^{-1}), pH, Manganês (mg.kg^{-1}), Mercúrio (mg.kg^{-1}), Níquel (mg.kg^{-1}) e Zinco (mg.kg^{-1}).

3.1.2 Lagoas de Estabilização

O aterro sanitário tem três lagoas de estabilização (L1, L2 e L3) (Figura 1), duas anaeróbias e uma facultativa. Neste estudo foi avaliada, com periodicidade trimestral, a qualidade do efluente recebido pelas lagoas no período de 07/ 2011 a 08/2017.

A qualidade do efluente foi avaliada considerando a norma que orienta as condições e padrões de lançamento de efluentes, Resolução CONAMA nº 430 de 2011 (BRASIL, 2011), e considerando bibliografia específica sobre o tema.

As análises do efluente das lagoas de estabilização foram realizadas em laboratório licenciado e disponibilizadas pela administração do aterro sanitário. Os parâmetros considerados foram: Coliformes Fecais (NMP/100 mL), Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL), Coliformes totais (NMP/100 mL), DBO (mg.L^{-1}), DQO (mg.L^{-1}), Fósforo total (mg.L^{-1}), Nitrogênio amoniacal (mg.L^{-1}), pH, Sólidos sedimentáveis (mg.L^{-1}), e Sólidos suspensos totais (mg.L^{-1}).

3.2 Avaliação de impactos ambientais pelo método de *Check-list*

A identificação dos impactos ambientais foi realizada por meio de visitas ao local de estudo, utilizando os parâmetros e critérios indicados na Tabela 1.

ASPECTOS AMBIENTAIS	PARÂMETROS DE AGRAVO	CRITÉRIO
Solo e Subsolo	Apresenta sinais de erosão	Sim/Não
	Alteração na capacidade de uso da terra	Sim/Não
	Dano ao relevo	Sim/Não
	Permeabilidade do solo	Sim/Não
Ar	Emissões de odores	Sim/Não
	Presença de dutos de gases	Sim/Não
	Proximidade de núcleos habitacionais	$d < 500 / d \geq 500 \text{ m}$
	Queima do resíduo	Sim/Não
	Queima do gás	Sim/Não
	Mananciais subterrâneos	

Água	Foi comprometido	Sim/Não
	Utilidades	Consumo humano e/ ou animais e/ou irrigação ou sem uso
		Recreação, c/ contato secundário
	Mananciais superficiais	
	Foi comprometido	Sim/Não
	Presença de chorume a céu aberto	Sim/Não
	Distância	$d < 200 / d \geq 200$ m
	Utilidades	Consumo humano e/ ou animais e/ou irrigação ou sem uso
Recreação, c/ contato secundário		
Não é utilizado		
Paisagem	Alteração paisagem (impacto visual)	Sim/Não
	Alteração na paisagem original	Sim/Não
Outros	Presença de animais	Sim/Não
	Desvalorização de terrenos vizinhos	Sim/Não
	Presença de vetores de doenças	Sim/Não
	Presença de catadores	Sim/Não
	Danos à saúde de quem transita no local	Sim/Não/Talvez

Tabela 1 - Aspectos e Parâmetros do método *Check-list*

Fonte: Adaptado de Campos (2008).

4 | RESULTADOS

Apresenta-se, a seguir, a caracterização da qualidade das águas subterrâneas dos poços de monitoramento (PMs) e do poço tubular profundo; da água de nascente (superficial); a avaliação da qualidade dos efluentes das lagoas de estabilização; a análise qualitativa do solo e a análise da aplicação do método *Check-list*, utilizado para a avaliação do impacto ambiental ocasionado pelo aterro.

4.1 Qualidade das águas subterrâneas e da nascente

As concentrações de Cloreto nas águas subterrâneas, considerado um indicador de contaminação por matéria orgânica, apresentaram valores inferiores do Valor Máximo Permitido (VMP) ($250 \text{ mg Cl}^- \text{ L}^{-1}$) (BRASIL, 2008), exceto em uma amostra do PM1 que apresentou $424,9 \text{ mg Cl}^- \text{ L}^{-1}$.

O nitrogênio total, cujo VMP é de $1,5 \text{ mg N L}^{-1}$ (BRASIL, 2008), ficou acima do VMP

em duas amostras do PM1 (2,67 mg N L⁻¹ e 4,17 mg N L⁻¹), e em uma amostra do PM3 (2,14 mg N L⁻¹).

A presença de Nitratos em concentrações superiores ao VMP (10 mg.L⁻¹) (BRASIL, 2008) foi constatada em coletas realizadas nos poços PM1 (17,3 mg.L⁻¹, 10,22 mg.L⁻¹ e 68,56 mg.L⁻¹), PM2 (18,78 mg.L⁻¹) e PM3 (10,81 mg.L⁻¹, 17,09 mg.L⁻¹ e 31,79 mg.L⁻¹). Também, uma das amostras coletadas no poço de abastecimento indicou concentração de Nitratos (50,79 mg.L⁻¹) muito acima do VMP. O nitrato pode causar problemas graves à saúde pública, principalmente para crianças com idades inferiores a seis meses e para animais que ingerirem essa água (QUEIROZ, 2018).

O poço de monitoramento PM3 foi o único a apresentar concentrações de sulfatos superiores (ao VMP (250 mg.L⁻¹) pela legislação (BRASIL, 2008 e BRASIL, 2011), com 1.590 mg. SO₄ L⁻¹ em 08/2016.

O pH se apresentou ácido a muito ácido em amostras de todos os poços (entre 6 e 3,41), valores estes inferiores ao indicado (entre 6 e 9,5) pela Portaria do M.S. Nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011). O caso extremo (pH 2,47) foi constatado na nascente, em 08/2016.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que é uma indicação indireta do carbono orgânico biodegradável, deve ser de até 5 mg.L⁻¹ (BRASIL, 2005). Apresentou valores elevada em todos os poços de monitoramento na maioria das análises, atingindo até 381 mg.L⁻¹ no PM3, em 08/2015. As águas coletadas no poço tubular profundo também indicaram elevados valores de DBO, que atingiram 60 mg.L⁻¹ em 08/2016.

Os Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) ficaram acima do VMP (500 mg.L⁻¹) (BRASIL, 2005) no: PM1 (1.630 mg.L⁻¹); PM2 (870 mg.L⁻¹); e no PM3 (1.096 mg.L⁻¹ 1581 mg.L⁻¹ 960 mg.L⁻¹ 772 mg.L⁻¹, 576 mg.L⁻¹, 520 mg.L⁻¹), entre 2015 e 2017.

Para Condutividade Elétrica (CE) não existe um padrão estabelecido na legislação, porém, as águas subterrâneas do SASG na região apresentam CE entre 111,2 e 1045 µS.cm⁻¹ (MANCUSO e EMILIANO, 2021). Os PMs 1, 3 e 5 apresentaram valores acima dos máximos indicados na bibliografia, com o extremo de 2.288 10 µS.cm⁻¹ no PM1 (08/2017).

Em relação aos coliformes totais e termotolerantes, somente o PM6 apresentou ausência de coliformes em 100 mL, estando de acordo com a legislação. Todos os outros PMs apresentaram valores acima do máximo permitido em pelo menos uma amostra. Inclusive, o poço de abastecimento apresentou coliformes totais em 75% das amostras e termotolerantes em 08/2017. A nascente apresentou coliformes totais em 100% das amostras e termotolerantes em 83% delas.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DQO) não posse VMP definido pela legislação, mas apresentou valores extremos de 1.098 e 1.140 mg.L⁻¹ no PM1 e no PM3 (08/2015) respectivamente. No poço de abastecimento o DQO atingiu 223 mg.L⁻¹ em 08/2011.

A Alcalinidade Total não possui VMP definido pela legislação, mas poços instalados no SASG indicaram valores entre 30 e 200 mg CaCO₃ L⁻¹ nas águas subterrâneas

(MANCUSO e EMILIANO, 2021). Valores de até 448,5 e 602,55 mg CaCO₃ L⁻¹ (PM2 e PM3 respectivamente), foram obtidos em 2012, 2015 e 2016. A maior DQO nas águas da nascente foram de 59 e 33 mg CaCO₃ L⁻¹, obtidas em 12/2015 e 08/2016 respectivamente.

4.2 Qualidade dos Solos

A qualidade dos solos, no que se refere às concentrações de Cádmiu, Chumbo, Cobre, Cromo, Cr⁺⁶, Mercúriu, Níquel, Zinco, Manganês e pH, indicam: solos ácidos, com concentrações de Cobre superiores a 253 mg.kg⁻¹ (100% das amostras); com Cromo acima de 85 mg.kg⁻¹ (75% das amostras) e Níquel acima de 31 mg.kg⁻¹ (50% das amostras) (Tabela 2). Esses valores são superiores aos considerados como Referência de Prevenção (BRASIL, 2009).

Variáveis	Concentrações (mg.kg ⁻¹)				Valores de Referência para Prevenção - Conama nº 420/2009
	Perfil 1 (cm)		Perfil 2 (cm)		
	30	150	30	150	
Cádmiu	<LD**	<LD	<LD	<LD	1,3
Chumbo	17	15	15	16	72
Cobre	299	253	272	285	60
Cromo	75	85	79	96	75
Cr⁺⁶	<LD*	<LD*	<LD*	<LD*	-
Mercúriu*	0,06	0,04	0,06	0,06	0,5
Níquel	20	29	31	39	30
Zinco	74	84	90	104	300
Manganês	74	814	0,13	910	-
pH	4,8	4,6	5,9	5	-

LD: Limite de detecção *Concentração em µg.kg⁻¹

Tabela 6 – Informações sobre as concentrações dos elementos em solos coletados a duas diferentes profundidades (30 e 150 cm) e os respectivos Valores de Referência para Prevenção conforme CONAMA nº 420/2009 (BRASIL, 2009).

Fonte: Qualidade dos solos de acordo com Borba (2016).

A partir de estudos realizados no aterro sanitário foram avaliadas as concentrações de Bário, Cobre e Cromo de dez amostras de solo, e em todas elas foram constatadas concentrações superiores às indicadas pela legislação (BRASIL, 2009), sugerindo a contaminação do solo nos pontos amostrados (KEMERICH, 2014). As altas concentrações

de Cobre são preocupantes, pois podem causar danos ao fígado, rins e ao cérebro, enquanto que as de cromo, apesar de importante para o metabolismo dos açúcares, quando na forma de cromo hexavalente, as altas concentrações pode causar câncer (CUNHA e MACHADO, 2004).

4.3 Qualidade dos efluentes das Lagoas de Estabilização

Os resultados da análise da qualidade dos efluentes das lagoas de estabilização permitiram avaliar a eficiência na remoção de fósforo, DBO, DQO, nitrogênio amoniacal e sólidos, no período de 2011 à 2017.

A utilização do lixiviado das lagoas de estabilização para a irrigação após recebido o tratamento adequado é uma técnica comumente utilizada, entretanto, a qualidade dos efluentes precisa estar dentro do recomendado para essa prática. Em relação ao fósforo, as concentrações devem ser inferiores a 2 mg.L^{-1} (ALMEIDA, 2010), mas nas lagoas de estabilização do CIGRES, as concentrações de fósforo alcançam valores superiores aos recomendados (em 76% dos casos da L1, 100% dos casos da L2, e 80% dos casos da L3). As concentrações extremas atingiram 49 mg.L^{-1} (Lagoa 3, 07/2014).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é elevada (393 a 2.684 mg.L^{-1} em 82% das amostras) na maioria das análises realizadas na primeira lagoa (L1) (que é anaeróbia). Este parâmetro segundo Filho (2007) deve ser de até 350 mg.L^{-1} . Na última lagoa (L3), último sistema de passagem de chorume antes da sua disposição, o valor de DBO deveria ser inferior a 120 mg.L^{-1} (ANDRADE, 2014) mas uma análise indicou valor inferior ao recomendado (76 mg.L^{-1}), enquanto que 93% das amostras apresentaram DBO entre 345 e 3.050 mg.L^{-1}).

A DQO final segundo Andrade (2014) deve ser de até 900 mg.L^{-1} , porém de 15 análises realizadas na Lagoa 3 (L3), 80% apresentaram valores superiores a esse, atingindo uma DQO de 3.520 mg.L^{-1} em 07/2011.

Em 100% das amostras analisadas na L1 (17) e L2 (2) o Nitrogênio amoniacal foi superior a 20 mg.L^{-1} (VMP) (BRASIL, 2011), com valores extremos de 325,9 e $194,2 \text{ mg.N L}^{-1}$, respectivamente. No caso da L3, apenas duas amostras apresentaram concentração inferior à recomendada, e 87% acima da mesma, atingindo o máximo de $215,95 \text{ mg.N L}^{-1}$.

O pH, segundo a Resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011) deve estar na faixa entre 5 a 9, esse se manteve dentro do permitido em todas as análises realizadas.

Nota-se a diminuição dos Sólidos Suspensos Totais (SST), a medida que o efluente vai passando pelas lagoas, com médias de $220,73 \text{ mg.L}^{-1}$ na Lagoa 1, e de $167,3 \text{ mg.L}^{-1}$ na Lagoa 3.

Considerando a qualidade do efluente da Lagoa 3, que está em desacordo com o indicado pela Resolução CONAMA nº 430/2011 (BRASIL, 2011), o chorume tratado não pode ser reutilizado e nem lançado no corpo hídrico.

No local é realizada a recirculação do chorume no aterro, conforme recomendada

por Pessin (1997), é efetuada após a Lagoa 3. Assim o líquido efluente retorna para o aterro sanitário por meio de tubulações, umedecendo o mesmo. Entretanto, esse processo requer o controle das taxas de recirculação de chorume, o que não é efetuado no aterro CIGRES, pelo que não se recomenda essa prática, pois, em caso de excesso de líquidos, podem ocorrer problemas estruturais de estabilidade dos taludes (Andrade, 2014).

Há relato de moradores sobre o transbordo desse chorume da Lagoa 3 quando há excesso de precipitação, o que pode ocasionar a contaminação do solo e das nascentes N1 e N2, localizadas a 224 e 171 m à jusante da lagoa, respectivamente. De acordo com o proposto na NBR 13.896/1997 (ABNT, 1997) recomenda-se a instalação das Lagoas de Tratamento a uma distancia maior que 200 metros de uma nascente.

4.4 Aplicação dos métodos de avaliação de impacto ambiental

A aplicação do método *check-list* permitiu sistematizar os principais impactos ambientais ocasionados pelo aterro sanitário CIGRES, que são:

- 1) Solo e subsolo: apresentam sinais de erosão, alteração da capacidade de uso da terra, danos ao relevo e modificação da permeabilidade;
- 2) Ar: há emissões de odores, presença de dutos de gases, proximidade de núcleos habitacionais (a menos de 500 m), e não há queima de gás;
- 3) Águas subterrâneas: o recurso utilizado para o consumo humano foi comprometido;
- 4) Águas superficiais: estão comprometidas na qualidade (utilizadas para consumo de animais), há presença de chorume a céu aberto, e de nascente a menos de 200 m de distância;
- 5) Paisagem: há alteração na paisagem original e alteração da paisagem (impacto visual); e
- 6) Outros: há presença de animais, desvalorização de terrenos vizinhos, presença de vetores de doenças, danos à saúde de quem transita no local.

A contaminação de mananciais subterrâneos também foi constatada pelo monitoramento dos piezômetros instalados no entorno do aterro (PM1, PM2, PM3, PM4 e PM5).

5 | CONCLUSÕES

Por meio do monitoramento da qualidade da água subterrânea foi possível identificar que as concentrações de nitrato, nitrogênio total, cloreto, sulfato, DBO, sólidos dissolvidos totais, condutividade elétrica e coliformes totais e termotolerantes apresentam, em distintas análises, valores acima do máximo permitido pelas legislações vigentes: Resolução CONAMA nº 396/2008 (BRASIL, 2008), CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) e Portaria de Consolidação do MS. nº 5/2011 (BRASIL, 2011). Entre esses parâmetros destaca-se o nitrato, que atinge até cinco vezes a concentração máxima permitida para as águas de

abastecimento do poço mais próximo do aterro, que abastece uma comunidade com cerca de 100 habitantes. Os coliformes estiveram presentes em quase todas as amostras.

As lagoas de estabilização apresentaram os valores de DBO, DQO e nitrogênio amoniacal elevados em praticamente todas as análises, o que significa que, segundo a Resolução CONAMA 430/2011, o líquido efluente da terceira lagoa (L3) não pode ser reaproveitado e nem lançado em corpos hídricos em função de sua qualidade, sendo necessário a implementação de melhorias no sistema de tratamento do efluente do aterro.

As análises químicas de solo indicaram concentrações acima do permitido pela Resolução CONAMA nº 420/2009 para Cobre, Cromo, Bário e Níquel. Esses valores, entretanto, podem estar relacionados às características das rochas vulcânicas típicas da região.

A avaliação dos impactos ambientais pelo método de *check-list*, apresentou impactos negativos em 91% dos critérios (solo, ar, água, paisagem e outros), indicando a necessidade de controle desses impactos, que atualmente afetam o meio ambiente e a população do entorno

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 13.896**: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 1997. 12p.

ALMEIDA, P. S. **Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte**. Editora Rima Artes e Textos. Florianópolis, 2010.

ANDRADE, F. S. **Aplicação da técnica de recirculação de chorume em aterros tropicais – Estudo de caso do aterro sanitário metropolitano centro (ASMC)**. 2014. 176f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2014.

BORBA, W. F. **Vulnerabilidade Natural à Contaminação da Água Subterrânea em Área Ocupada por Aterro Sanitário em Seberi – RS**. 2016. 162p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2016.

BRASIL. Portaria de consolidação nº 5, de 28 setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União, Brasília**, DF, 28 set. 2017. Disponível em: < <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2020.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Diário Oficial da União, Brasília**, DF, 13 mai. 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial da União, Brasília**, DF, 28 dez. 2009. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 396, de 07 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 07 abr. 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União, Brasília**, DF, 17 de mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

CAMPOS, L. R. **Aterro sanitário simplificado: Instrumento de análise de viabilidade econômico-financeira, considerando aspectos ambientais**. 2008. 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

CETESB. COMPANHIA ESTADUAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. São Paulo: CETESB, 1999.

CUNHA, G. F.; MACHADO, J. G. **Estudos de Geoquímica Ambiental e o Impacto na Saúde Pública no Município de São Gonçalo do Piauí, Estado do Piauí**. Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica (PGAGEM). CPRM – Serviço Geológico Do Brasil 2004. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/4864/estudo_geoq_amb.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em: 28 de março de 2018.

FILHO, P. A. S. **Diagnóstico operacional de lagoas de estabilização**. 2007. 169f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

KEMERICH, P. D. C.; BORBA, W. F.; FLORES, C. E. B.; GERHARDT, A. E.; FLORES, B. A.; RODRIGUES, A. C.; BARROS, G. Indicativo de contaminação ambiental por metais pesados em aterro sanitário. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, Santa Maria, v. 13, p. 3744-3755, 2014.

MANCUSO M.A.; EMILIANO, C. Avaliação hidrogeológica quali-quantitativa do aquífero fraturado Serra Geral no noroeste do Rio Grande do Sul. *Geologia USP. Série Científica*. 2021. No prelo.

PESSIN, N.; SILVA, A.R.; BRUSTOLIN, I.; MANDELLI, S.M.C.; PANAROTTO, C.T. **Variação da Composição dos Líquidos Percolados do Aterro Sanitário de São Giácomo - Caxias do Sul – RS**. In: XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Foz do Iguaçu, 1997.

QUEIROZ, E. T. **Diagnóstico de águas minerais e potáveis de mesa do Brasil**. In: Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas. Brasília, 2018.

SOUSA, R. V. **Avaliação ecotoxicológica do solo do aterro sanitário de Goiânia**. 2017. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Goiás , Goiânia, GO, 2017.

RODRIGUES, M. D. O. **Avaliação e Gestão de Riscos em Aterros Sanitários**. 2014. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, Braga, 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ácidos graxos 99

Afluentes 129, 234, 238, 239, 339

Agricultura 84, 137, 140, 144, 145, 170, 171, 181, 182, 185, 189, 202, 203, 222

Águas pluviais 96, 118, 120, 127, 128, 129, 132, 134, 240

Águas residuais 77, 86, 100, 115, 118, 120, 154

Águas subterrâneas 103, 104, 105, 106, 108, 109, 112, 114, 134, 137, 139, 141, 145, 149, 150, 151, 152, 212, 214

Aproveitamento energético 85, 94, 96, 97

Aquífero 106, 114, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 144, 145, 149, 150, 151, 152

Aterro sanitário 32, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 110, 112, 113, 114

Atividade antrópica 156

B

Bacia hidrográfica 141, 154, 156, 229, 274, 275, 276, 281, 285, 286, 288, 297, 300

Bactérias 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 182, 183, 204, 206, 249, 332

Biodegradabilidade 334, 335, 339

Biodiversidade 180, 232, 245

Biogás 94, 96, 97, 99, 100

C

Chorume 96, 108, 111, 112, 113

Coleta seletiva 71, 74, 80

Coliformes fecais 107, 206, 209, 233

Coliformes totais 105, 107, 109, 112, 139, 204, 205, 206, 207, 212, 213

Combustíveis renováveis 100

Composto orgânico 89

Conselho nacional de meio ambiente (CONAMA) 34

Contaminação do solo 110, 112

Cor 30, 147, 173, 175, 187, 188, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 244, 247, 248, 249, 335, 336, 337, 338, 339

Corpos hídricos 95, 96, 113, 128, 233, 238, 239, 240

Crescimento populacional 39, 83, 95, 155, 230, 231, 236

D

Decomposição anaeróbia 94, 95
Degradação ambiental 37, 38, 72, 153, 230, 240
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) 105, 109, 111, 233
Demanda química de oxigênio (DQO) 105
Descarte 8, 25, 49, 57, 58, 59, 60, 64, 67, 71, 73, 74, 76, 77, 80, 81, 239, 247, 295
Desenvolvimento sustentável 26, 35, 58, 69, 151, 152, 181, 294, 320
Dióxido de carbono (CO₂) 94, 95, 96, 99
Doenças de veiculação hídrica 69, 154, 204, 205, 206, 209, 210, 211, 213, 230

E

Ecosistema 81
Educação ambiental 5, 7, 33, 35, 49, 58, 71, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 185, 195, 240, 352
Efeito estufa 95, 99
Efluentes 16, 96, 105, 106, 107, 108, 111, 113, 114, 127, 128, 133, 134, 145, 149, 153, 156, 158, 205, 230, 231, 232, 238, 239, 240, 241, 246, 339, 342, 352
Escoamento pluvial 320, 321
Esgoto doméstico 235, 242, 290
Estação de tratamento de esgoto (ETE) 134, 352

G

Geoprocessamento 67, 289, 291, 293
Gerenciamento de resíduos 1, 2, 9, 10, 13, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 26, 33, 34, 35, 36, 49, 71, 81

I

Impacto ambiental 104, 108, 112, 241
Infraestrutura urbana 149, 155
Instituto brasileiro de geografia e estatística (IBGE) 12, 39, 55, 59, 68, 69, 269, 273

L

Lagoas de estabilização 103, 105, 107, 108, 111, 113, 114
Lixo 13, 34, 36, 49, 64, 77, 81, 83, 92, 128
Lodos ativados 99, 130

M

Meio ambiente 2, 7, 10, 11, 13, 14, 20, 21, 23, 24, 26, 32, 34, 40, 58, 68, 69, 72, 76, 79, 80, 81, 82, 102, 103, 104, 113, 116, 120, 128, 134, 182, 200, 201, 251, 270, 320, 333

Micro-organismos 31

P

Parâmetros físico-químicos e biológicos 231, 352

Patogênicos 8, 31, 204, 206

Política nacional de resíduos sólidos (PNRS) 4, 10, 11, 12, 35, 58, 68

Política nacional do meio ambiente (PNMA) 20, 26, 34

Poluição 14, 49, 72, 100, 121, 122, 141, 154, 156, 158, 170, 229, 230, 231, 244, 245, 246, 247, 251, 290, 294, 295

Poluidor-pagador 26

Potabilidade da água 140, 204, 212

Preservação ambiental 13, 14, 171

R

Radiação solar 330, 331, 333, 334, 335, 339, 352

Reaproveitamento 1, 4, 5, 8, 9, 26, 83, 85, 86, 87, 91, 96, 100

Reciclagem 1, 3, 7, 9, 12, 15, 17, 19, 20, 26, 49, 52, 64, 72, 74, 80, 84, 92

Recursos hídricos 66, 68, 102, 134, 140, 145, 150, 151, 152, 154, 158, 160, 214, 225, 241, 242, 243, 245, 266, 273, 274, 275, 286, 288, 289, 290, 291, 294, 295, 300, 340

Recursos naturais 14, 66, 72, 95, 145, 171, 245, 274

Resíduos biológicos 25, 29, 31

Resíduos perigosos 21, 23, 24, 35, 36, 100

Resíduos químicos 29, 30, 31, 35

Resíduos recicláveis 31

Resíduos sólidos 1, 2, 4, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 20, 21, 23, 24, 34, 35, 36, 37, 49, 52, 53, 57, 58, 60, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 72, 82, 83, 85, 90, 91, 92, 93, 100, 103, 104, 113, 153, 156, 232, 239, 290, 295

Reutilização 3, 4, 5, 7, 9, 11, 12, 15, 18, 21, 26, 52, 81, 352

S

Saneamento básico 58, 59, 68, 69, 118, 129, 154, 157, 168, 229, 230, 231, 233, 235, 236, 237, 240, 241, 242, 245, 252, 266, 269, 303, 306, 340

Segregação de resíduos 17, 35

Sistema de esgotamento sanitário 123, 128, 239, 269, 292, 293, 300

Sistema nacional de informações sobre saneamento (SNIS) 58, 68, 231, 273

Sustentabilidade 9, 11, 12, 39, 40, 54, 72, 81, 91, 104, 146, 148, 160, 181, 183, 184, 319, 328

T

Tratamento biológico 96, 331

Turbidez 66, 233, 244, 247, 248, 249, 251, 337, 338, 339

V

Valor máximo permitido (VMP) 108, 140, 213, 244, 248, 249

Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

3

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

Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

3

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