

Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária



Daniel Sant'Ana
(Organizador)

Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

Daniel Sant'Ana
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2021



Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

Prof^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
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

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

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

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

Base de conhecimentos gerados na engenharia ambiental e sanitária

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Daniel Sant'Ana

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B299 Base de conhecimentos gerados na engenharia ambiental e sanitária / Organizador Daniel Sant'Ana. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-744-4

DOI 10.22533/at.ed.444211901

1. Engenharia. 2. Conhecimento. I. Sant'Ana, Daniel (Organizador). II. Título.

CDD 620

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

A coleção *“Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária”* tem como objetivo disseminar o estado atual do conhecimento das diferentes áreas das ciências ambientais e sanitárias, apresentando a evolução do campo científico por meio de diferentes tipos de trabalhos que abordam os aspectos tecnológicos, políticos, econômicos, sociais e ambientais desta disciplina.

Com o crescimento desordenado das cidades brasileiras, observamos, cada vez mais, os impactos de ocupações urbanas sobre o meio ambiente. Com isso, os primeiros capítulos deste livro debatem sobre a importância da legislação no controle do crescimento desordenado das cidades e na proteção ambiental de bacias hidrográficas, seja pela proteção e a recuperação de matas ciliares ou pela gestão sustentável de águas pluviais urbanas.

E na medida em que as cidades crescem, a demanda por água potável aumenta. Com isso, torna-se crucial promover o controle da demanda urbana de água por meio de medidas que estimulem o uso racional de água, seja por meio de uma revisão tarifária (Capítulo 5) ou pela otimização das redes de distribuição de água (Capítulos 6 e 7).

O uso de fontes alternativas de água, como o aproveitamento de águas pluviais em usos não potáveis, é capaz de promover reduções significativas no consumo de água potável em edificações (Capítulo 8). Porém, para garantir a saúde e o bem-estar de usuários, toda água deve passar por um processo de tratamento capaz de atingir os padrões de qualidade estabelecidos em legislação ou instrumentos normativos (Capítulos 9 e 10).

Evidentemente, para qualquer tomada de ação, é necessário um diagnóstico preliminar para avaliar as condições das águas. Os Capítulos 11 e 12 realizam diagnósticos da qualidade de águas subterrâneas, enquanto os capítulos subsequentes apresentam resultados de análises da qualidade de água do Rio Piabinha (Capítulo 13), Córrego Mirasol (Capítulo 14) e do Rio Chumbao, Peru (Capítulo 15).

A evolução da inovação tecnológica vem auxiliando tomadores de decisão na gestão de recursos hídricos (Capítulos 16 e 17) para garantir a segurança hídrica no abastecimento de água e na preservação ambiental. Os capítulos finais deste volume discorrem a importância de promover a conscientização da população e a educação ambiental para reduzir os impactos ambientais causados pelas ações do ser humano.

Este primeiro volume contou com a contribuição de pesquisadores de diferentes partes do país, Argentina e Peru, trazendo de forma interdisciplinar, um amplo espectro de trabalhos acadêmicos relativos à legislação, abastecimento de água, diagnóstico de qualidade das águas, inovação tecnológica e educação ambiental. Por fim, desejo que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DOS INSTRUMENTOS JURÍDICOS QUE NORTEIAM O DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL, DAS OBRAS DE HABITAÇÃO, INFRAESTRUTURA E SANEAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PONTE GRANDE, EM LAGES-SC

Mayara Rafaeli Lemos
Daniely Neckel Rosini
Valter Antonio Becegato
Vitor Rodolfo Becegato
Alexandre Tadeu Paulino

DOI 10.22533/at.ed.4442119011

CAPÍTULO 2..... 20

CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS DA APLICAÇÃO DO DECRETO ESTADUAL Nº 42.356/2010 NA DELIMITAÇÃO DE FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO EM ÁREA URBANA CONSOLIDADA. ESTUDO DE CASO: RIO PIABANHA/RJ - TRECHO 4

Jorge Chaves Junior
Ana Cristina Malheiros Gonçalves Carvalho
Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes Assumpção

DOI 10.22533/at.ed.4442119012

CAPÍTULO 3..... 31

AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA: POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES PARA O PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA, NO ESTADO DE GOIÁS

Raquel Santarém de Souza Costa
Aldo Muro Junior
Flávio Roldão de Carvalho Lélis

DOI 10.22533/at.ed.4442119013

CAPÍTULO 4..... 47

LEVANTAMENTO E ANÁLISE DO ORDENAMENTO JURÍDICO ACERCA DA CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO BRASIL COM FOCO NAS REGIÕES SUDESTE E SUL

Jordana dos Anjos Xavier
Emili Louise Diconcili Schutz
Nicole Martins Pessoa
Daniely Neckel Rosini
Débora Cristina Correia Cardoso
Valter Antonio Becegato
Vitor Rodolfo Becegato
Alexandre Tadeu Paulino
Natália Martins Vieira

DOI 10.22533/at.ed.4442119014

CAPÍTULO 5..... 61

INDICADOR ECONÔMICO FINANCEIRO PARA AVALIAÇÃO DA NECESSIDADE DE REVISÃO TARIFÁRIA EM CONCESSÕES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO NOS MUNICÍPIOS CATARINENSES

Daniel Antonio Narzetti

Willian Carlos Narzetti
Ricardo Motta Martins
Ciro Loureiro Rocha
Diego Pavam Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.4442119015

CAPÍTULO 6..... 73

**INFLUÊNCIA DAS EQUAÇÕES EXPLÍCITAS DE FATOR DE ATRITO NO
DIMENSIONAMENTO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO**

Renata Shirley de Andrade Araújo
Alessandro de Araújo Bezerra
Bruno Duarte Moura
Mauro César de Brito Sousa

DOI 10.22533/at.ed.4442119016

CAPÍTULO 7..... 88

QUANTIFICANDO PERDAS HÍDRICAS EM CIDADES PARAIBANAS

Ayuri Medeiros da Silva
Carolina Coeli Rodrigues Batista de Araújo
Flaubert Ruan Nobelino de Araujo
Mikaele de Oliveira Candeia
Francisca Rozângela Lopes de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.4442119017

CAPÍTULO 8..... 98

**PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL PARA APROVEITAMENTO NO
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL DO CAMPUS ALTO PARAOPEBA – UFSJ**

Deysiane Antunes Barroso Damasceno
Isabela Carvalho Pinheiro
Emmanuel Kennedy da Costa Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.4442119018

CAPÍTULO 9..... 109

**SEGUIMIENTO FÍSICO, QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DEL AGUA EN LA LOCALIDAD
DE AGUARAY – SALTA**

Claudia Silvana Soledad Cequeira
Cecilia Hebe Noemi Orphèe
Maria Ines Mercado
Rosa Magdalena Cruz

DOI 10.22533/at.ed.4442119019

CAPÍTULO 10..... 117

**OTIMIZAÇÃO DA CAPACIDADE DE FLOCULAÇÃO DE COAGULANTES NATURAIS NO
TRATAMENTO DE ÁGUA**

David Choque-Quispe
Yudith Choque Quispe
Betsy Suri Ramos Pacheco
Aydeé Marilú Solano Reynoso

Lourdes Magaly Zamalloa Puma
Carlos Alberto Ligarda Samanez
Fredy Taipe Pardo
Miriam Calla Flórez
Miluska Marina Zamalloa Puma
Jhuniór Felix Alonzo Lanado
Yadyra Quispe Quispe

DOI 10.22533/at.ed.44421190110

CAPÍTULO 11..... 126

APLICAÇÃO DO MÉTODO GOD PARA AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DOS POÇOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CIDADE DE ABATETUBA – PARÁ

Gabriel Pereira Colares da Silva
Éverton Costa Dias
Giovanni Chaves Penner
Adria Lorena de Moraes Cordeiro
Cleyanne Kelly Barbosa Souto

DOI 10.22533/at.ed.44421190111

CAPÍTULO 12..... 137

MODELAGEM DO FLUXO DE CONTAMINANTES NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO CEMITÉRIO AREIAS, TERESINA, BRASIL

Mauro César de Brito Sousa
Bruna de Freitas Iwata

DOI 10.22533/at.ed.44421190112

CAPÍTULO 13..... 148

ANÁLISE DO SANEAMENTO E DA QUALIDADE DE ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIABANHA

Luis Carlos Soares da Silva Junior
José Paulo Soares de Azevedo
Ana Silvia Pereira Santos
Verônica Silveira de Andrade
Marília Carvalho de Melo

DOI 10.22533/at.ed.44421190113

CAPÍTULO 14..... 160

PHYSICO-CHEMICAL DIAGNOSIS OF WATER QUALITY IN THE MIRASSOL STREAM, CITY OF SÃO PAULO, BRAZIL

André Contri Dionizio
Marta Ângela Marcondes
Raul Neiva Bertulucci

DOI 10.22533/at.ed.44421190114

CAPÍTULO 15..... 172

ACTIVIDADES ANTRÓPICAS Y CONTAMINANTES EMERGENTES, PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL RIO CHUMBAO, PERÚ

Carlos Alberto Ligarda Samanez

David Choque Quispe
Betsy Suri Ramos Pacheco

DOI 10.22533/at.ed.44421190115

CAPÍTULO 16..... 185

SISTEMA EM PLATAFORMA WEB PARA IMPLANTAÇÃO DE PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA (PSA) EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Nolan Ribeiro Bezerra
Isabela Moura Chagas
Geraldo Alves Pereira Júnior

DOI 10.22533/at.ed.44421190116

CAPÍTULO 17..... 198

SISTEMA WEB PARA ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL POR DIFERENTES MÉTODOS

Lucas Moraes dos Santos
Taison Anderson Bortolin
Adriano Gomes da Silva
Vania Elisabete Schneider

DOI 10.22533/at.ed.44421190117

CAPÍTULO 18..... 217

UM CENÁRIO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO SANTARÉM - PA: ESTUDO DE CASO - RESIDENCIAL SALVAÇÃO

Jarlison Sarmento Lopes
Andressa Rodrigues de Sousa
Antônia Liliâne Ferreira de Oliveira
Claudiane da Silva Rosa
Ewellyn Cristina Santos de Sousa
Kairo Silva de Oliveira
Elton Raniere da Silva Moura
Maria Francisca de Miranda Adad

DOI 10.22533/at.ed.44421190118

CAPÍTULO 19..... 233

EDUCAÇÃO AMBIENTAL COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO DURANTE A PANDEMIA DO CORONAVÍRUS EM ESCOLAS RURAIS DE LAGES-SC

Daniely Neckel Rosini
Débora Cristina Correia Cardoso
Jordana dos Anjos Xavier
Valter Antonio Becegato
Vitor Rodolfo Becegato
Alexandre Tadeu Paulino

DOI 10.22533/at.ed.44421190119

SOBRE O ORGANIZADOR..... 245

ÍNDICE REMISSIVO..... 246

SISTEMA EM PLATAFORMA WEB PARA IMPLANTAÇÃO DE PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA (PSA) EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 16/11/2020

Nolan Ribeiro Bezerra

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – câmpus Goiânia
Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/7805750900666580>

Isabela Moura Chagas

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – câmpus Goiânia
Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/1065015271596149>

Geraldo Alves Pereira Júnior

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – IFG – câmpus Formosa
Formosa – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/1695001176543208>

RESUMO: É indispensável que as agências prestadoras de serviços de saneamento básico forneçam água potável sem oferecer risco à saúde humana, para isso, deve-se implantar Plano de Segurança da Água (PSA) recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS). O PSA é um instrumento de identificação de perigos e caracterização de riscos em sistemas e soluções coletivas de abastecimento de água, desde o manancial de captação de água até o consumidor. Sua finalidade é estabelecer medidas de controle para eliminar ou reduzir os perigos e riscos para níveis aceitáveis. Sua elaboração necessita de várias etapas, procedimentos e produção

de protocolos e relatórios. Além disso, requer análise de inúmeros documentos, relatórios e dados de monitoramento da qualidade da água. Nesse sentido, faz-se, portanto, necessário o uso de ferramentas computacionais capazes de realizar estes procedimentos em tempo hábil, avaliando os parâmetros coletados e fazendo as comparações necessárias em todas as etapas pertinentes ao processo de tratamento da água para consumo humano. Com objetivo de suprir essas lacunas e otimizar a implantação do PSA, foi desenvolvido um Sistema de Informação para Implantação de Plano de Segurança da Água – SIPSA, sobre a plataforma web, utilizando ferramentas gratuitas. Devido à grande variedade de dispositivos, optou-se por usar apenas HTML, CSS e JAVASCRIPT no “desenho” e apresentação gráfica das páginas da plataforma no navegador. Cabe destacar, que o desenho gráfico do SIPSA foi concebido para esta primeira versão de forma bem simplificada, desta forma, recomenda-se que posteriormente, o sistema seja atualizado por um designer profissional. Para validar o SIPSA foi realizado um teste com os dados obtidos no desenvolvimento do PSA no sistema de abastecimento de água para consumo humano do Município de Formosa – Goiás operado pela Saneamento de Goiás S/A (Saneago).

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação de risco; Dispositivos móveis; Web Service; Software livre; água potável.

SYSTEM ON WEB PLATFORM FOR IMPLEMENTATION OF WATER SAFETY PLAN (WSP) IN WATER SUPPLY SYSTEMS

ABSTRACT: It is indispensable that the sanitation companies supply potable water without posing any risk to human health, and for this as recommended by the World Health Organization (WHO), a Water Safety Plan (WSP), must be implemented. WSP is an instrument for hazard identification and risk characterization in collective water supply systems and solutions, ranging from the source of supply to the consumer. Its purpose is establishing mitigation measures to eliminate or reduce the hazards and risks to acceptable levels. Its elaboration requires several steps, procedures and the production of protocols and reports. In addition, it requires analysis of numerous documents, reports and monitoring data on water quality. Therefore, it is necessary to use computational tools able to perform these procedures in a proper time, evaluating the collected parameters and making the necessary comparisons in all the relevant steps of the drinking water treatment process. In order to fill these gaps and optimize the WSP implementation, an Information System for the Implementation of Water Security Plan (SIWSP) was developed over a web platform, using free tools. Due to the wide diversity of devices, it was chosen to use only HTML, CSS and JAVASCRIPT in the design, so that the graphical platform can be presented in the web browser. It should be noted that the SIWSP was designed for this first version in a very simplified way, so it is recommended that later the system be updated by a professional designer. To validate the SIWSP was performed a test with the data obtained from the development of the WSP in the drinking water supply system of the city of Formosa - Goiás operated by Saneamento de Goiás S/A (Saneago).

KEYWORDS: Risk assessment; Mobile devices; Web Service; Free software; Drinking water.

1 | INTRODUÇÃO

A água potável, destinada ao consumo humano, seja para a ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem, deve atender ao padrão de potabilidade e não oferecer riscos à saúde conforme estabelecido na Portaria de Consolidação nº 5, de 03 de outubro de 2017 (BRASIL, 2017).

O fornecimento de água potável, que não ofereça risco à saúde, requer um controle da qualidade da água para consumo humano, desde a bacia hidrográfica até a distribuição sob a perspectiva de riscos à saúde. Cabe ao responsável pelo sistema de abastecimento de água (SAA) ou solução alternativa coletiva (SAC) realizar uma avaliação sistemática do sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, sob a perspectiva dos riscos à saúde com base na qualidade da água distribuída, conforme os princípios dos Planos de Segurança da Água (PSA) recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) ou definidos em diretrizes vigentes no País (BRASIL, 2012, 2017).

O PSA é um instrumento de identificação dos perigos e caracterização dos riscos em SAA e SAC que contempla, desde o manancial de captação de água até o consumidor, com a finalidade de estabelecer medidas de controle para eliminar ou reduzir os perigos e riscos para níveis aceitáveis (WHO, 2011). O plano privilegia-se uma abordagem preventiva em

detrimento da metodologia clássica de monitoramento de “fim-de-linha”, integrando todo o processo de produção de água.

A elaboração do PSA necessita de várias etapas, procedimentos e elaboração de protocolos e relatórios, os quais envolvem o relacionamento e interpretação de grandes quantidades de dados obtidos por meio de variáveis e parâmetros, coletados nos períodos de tempo diário, mensal e semestral, que juntos formam um complexo sistema de tomada de decisões.

A grande quantidade de dados que são obtidos e armazenados deve passar por uma avaliação rigorosa e sistemática, onde são comparados com os valores aceitáveis definidos pelo Ministério da Saúde na Portaria nº 5/2017, sendo que as inconformidades entre estes devem gerar possíveis soluções para correção dos problemas e adequação dos valores.

A implantação do PSA envolve a atuação de uma equipe técnica com experiência e conhecimento prévio dos procedimentos e etapas a serem seguidas, além de exigir tempo suficiente para que todos estes procedimentos sejam satisfeitos de forma correta e precisa. Nesse sentido, faz-se, portanto, necessário o uso de ferramentas computacionais capazes de realizar estes procedimentos em tempo hábil, avaliando os parâmetros coletados e fazendo as comparações necessárias em todas as etapas pertinentes ao processo de tratamento da água para consumo humano.

Para suprir essas lacunas, surgiu a necessidade de desenvolver o Sistema de Informação para elaboração de Plano de Segurança da Água (SISPSA), sobre a plataforma web, utilizando ferramentas gratuitas.

2 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS UTILIZADOS

Em síntese, as etapas utilizadas para o desenvolvimento do sistema em plataforma web foram: i) seleção e adequação dos métodos inerentes ao PSA: o método selecionado foi baseado nos pilares de concepção do PSA, como também a metodologia proposta pela OMS (WHO, 2011), norma ISO 31000, as diretrizes do Ministério da Saúde (ABNT, 2012). Para este sistema foi utilizada o método da “Matriz de Priorização Qualitativa de Riscos” validado por Bezerra (2018) e ii) desenvolvimento do *software* em plataforma web para elaboração do PSA.

A proposição do *software* para implantação de PSA levou em consideração o levantamento de requisitos funcionais e não funcionais, que segundo Debastiani (2015), começa sempre pela seleção das fontes de informação, que foram utilizadas para montar a matriz de requisitos, sendo a matéria-prima usada para definição do escopo do projeto.

Os requisitos funcionais utilizados para conceber o SISPSA, trata da própria metodologia do PSA, obtida de um esforço conjunto entre colaboradores da prestadora de serviços Saneamento de Goiás S/A (SANEAGO), discentes e docentes do Instituto Federal de Goiás. Para a obtenção dos requisitos não funcionais foi realizada uma revisão

bibliográfica, a qual buscou definir quais as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do sistema, com base na filosofia do software livre.

O passo seguinte realizou-se a prototipação do sistema, que foi construída segundo as recomendações presentes na literatura e foi adotado uma ferramenta que facilita o entendimento e a escrita dos códigos AJAX (*Asynchronous JavaScript And XML*), ferramenta indispensável para a usabilidade de páginas web;c) definição da modelagem do projeto utilizou-se a ferramenta SQL *Power Architect*, já para a modelagem dos diagramas estruturais do sistema foi contemplada a ferramenta *Astah*.

Para a implantação do sistema informatizado, seguiu as especificações do paradigma de *software* livre e selecionando uma das tecnologias emergentes e altamente difundidas no tocante ao desenvolvimento *Back-End*. Nesse sentido foi escolhido o *framework Laravel* da linguagem de programação PHP, baseado no padrão de projetos MVC (Modelos, Visões e Controladores). Para o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), optou-se por utilizar o Maria DB, uma ferramenta livre advinda do esforço coletivo de desenvolvedores ao redor do mundo que, segundo Elmasri (2014), pode ser entendida como uma versão livre do SGBD MySQL, que conta com uma série de melhorias de performance e execução de consultas que fazem seu diferencial. Como ferramenta para auxílio da programação Front-End, utilizou-se a biblioteca *JQuery* da linguagem *JavaScript*, por ser compatível com os propósitos gerais da aplicação, tais como a requisição assíncrona de conteúdos e manipulação do DOM (Modelo de Objeto de Documentos).

Para a estilização das páginas de forma padronizada e consistente, optou-se por utilizar a biblioteca de folhas de estilo em cascata *Bootstrap*, uma vez que esta disponibiliza uma gama de elementos já estilizados, fontes, recursos e orientação de elementos do HTML, permitindo o desenvolvimento rápido de layouts e conteúdos por permitir um alto reaproveitamento de códigos e vasta documentação.

Baseado no conceito de *Software* Livre o desenvolvimento do sistema se deu do uso majoritário de ferramentas e tecnologias de caráter livre em cada etapa ou fase de seu processo de desenvolvimento. Para o desenvolvimento do *Back-End* (Programação do lado do Servidor) foi utilizado o *Framework Laravel* da linguagem de programação PHP em conjunto com o SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados), já do lado do cliente, seu *Front-End* foi desenvolvido com a linguagem de marcação de hipertextos HTML, com o auxílio do Framework de estilização *Bootstrap* e da linguagem de scripts *JavaScript* com o *Framework JQuery*.

3 I DESENVOLVIMENTO, CARACTERIZAÇÃO E FUNCIONALIDADES DO SISPSA

O SISPSA é um sistema Web cujo objetivo principal é auxiliar as prestadoras de serviço de controle da qualidade e distribuição de água para o consumo humano no

processo de implantação do Plano de Segurança da Água, regulamentado e recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

As funcionalidades do SISPSA são subdivididas em módulos de usuários com diferenciação de responsabilidades, papéis e restrições de acesso, disponibilizando uma gama de tarefas e procedimentos, tais como o preenchimento de formulários pertinentes às etapas de execução do PSA, a definição de cronograma de atividades, a distribuição de responsabilidades para os integrantes da equipe constituinte, o gerenciamento de envio e recebimento de mensagens, a identificação de eventos perigosos e caracterização de riscos, bem como a proposição de medidas de controle, monitoramento operacional e a geração automática de relatórios.

O SISPSA possui uma resolução máxima horizontal de 1024*768 pixels e apresenta um disposição e navegação nos menus e botões de funcionalidades de forma bem simplificado, conforme descrito na Tabela 1. A plataforma apresenta os seguintes elementos de navegação: i) Menu principal; ii) Menus secundários; iii) Botões funcionalidades especiais; e, v) Botões de navegação nos formulários.

Título	Funcionalidade
Início	Acesso ao conteúdo principal de apresentação do sistema.
Tabelas Básicas	Acesso ao conteúdo explicativo sobre as Tabelas Básicas
Cadastro do SAA	Acesso ao conteúdo explicativo sobre o Cadastro do Sistema de Abastecimento de Água
Etapas do PSA	Acesso ao conteúdo explicativo sobre as Etapas do Plano de Segurança da Água
Relatórios	Acesso ao conteúdo explicativo sobre os relatórios do sistema.
Fazer Login	Acesso à página de Login.
Contato	Acesso à página com informações para contato.
Ajuda	Acesso à documentação de Ajuda.

Tabela 1: Funcionalidades do SISPSA.

Fonte: Autores.

A Figura 1 mostra o layout básico de navegação e conteúdo presente em cada um dos módulos, separando em sessões seus elementos principais e mais relevantes através das linhas vertical e horizontal.

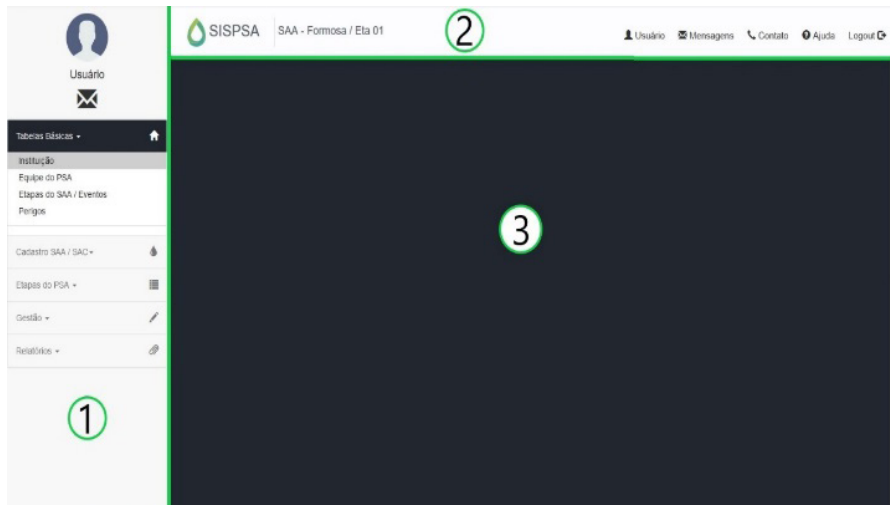


Figura 1: Layout básico de navegação e conteúdo do SISPSA.

Fonte: Autores.

A sessão 1 refere-se ao menu principal localizado lateralmente no canto esquerdo, através do qual é possível acessar as demais páginas e funcionalidades disponíveis para o perfil do usuário em questão. A sessão 2 identifica o cabeçalho situado na parte superior da página onde ficam disponíveis as opções de administração da conta, gerenciamento de envio e leitura de mensagens, acesso à documentação de ajuda e realização de logout do sistema. A sessão 3 identifica a área responsável por exibir formulários e funcionalidades, cujo conteúdo é alterado apenas quando solicitado pelo usuário através do menu principal, que dá acesso à página seguinte e pode sofrer alterações a partir da resposta de alguma ação ou comando.

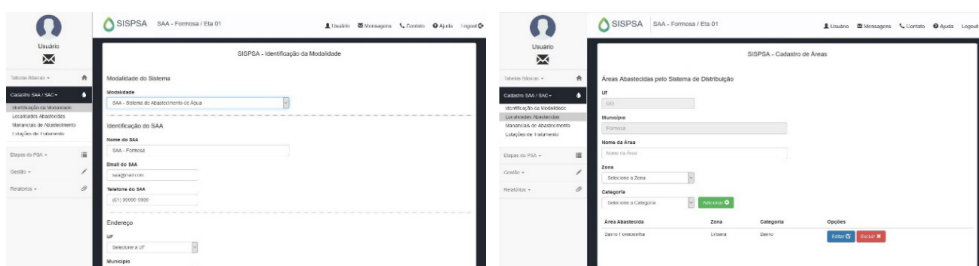
O SISPSA exige a realização do cadastramento somente da equipe técnica instituída no PSA. A seleção da equipe técnica consiste na identificação de um grupo multidisciplinar com a finalidade de elaboração, implantação e avaliação do PSA. A seleção da equipe pode ser dividida conforme o cargo e responsabilidade de cada integrante, a hierarquia dos cargos segue a ordem: coordenador geral, diretor, técnico e colaborador.

O SISPSA foi concebido aos usuários com as seguintes responsabilidades: i) Coordenador (Permissão de alteração e cadastramento das Tabelas Básicas); ii) Diretor e técnico (Acesso a solicitação de inclusão de alteração da Tabela Básica) e iii) Colaborador (Somente leitura sem alteração).

As Tabelas Básicas (Tabela 1) tem como objetivo cadastrar armazenar informações técnicos para o desenvolvimento do PSA, como as instituições responsáveis pelo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e Solução Alternativa Coletiva (SAC), a equipe técnica responsável pela elaboração do PSA com suas respectivas responsabilidades, as etapas/

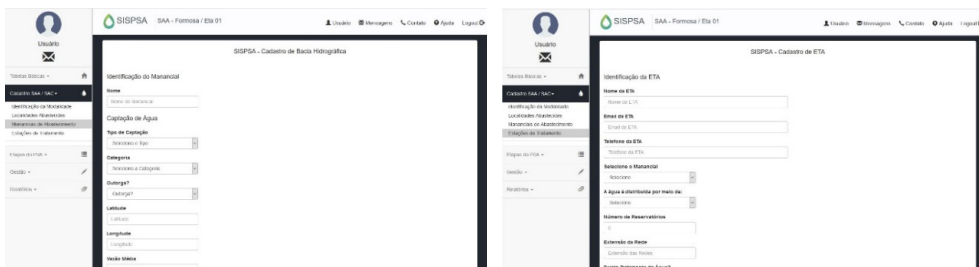
partes constituintes do SAA, (tipos de tecnologias), e eventos perigosos e os perigos. Para cada parte constituinte cadastrada deve-se incluir os seus respectivos “Eventos Perigosos”, que se refere à determinada situação, ou incidente, que pode levar à presença de perigo (o que pode ocorrer e como). Essas tabelas são de preenchimento obrigatório e devem ser preenchida antes do cadastro do SAA que será implantado o PSA.

A Figura 2 apresenta as telas de Cadastro do Sistema de Abastecimento de Água no SISPSA, que tem como finalidade cadastrar o tipo de modalidade do sistema (SAA ou SAC), as localidades abastecidas, ou seja, os nomes das áreas do município abastecidas pelo SAA, os tipos de mananciais de captação (superficial ou subterrâneo), bem como o quantitativo de Estação de Tratamento de Água – ETA.



a) Cadastro da modalidade do SAA ou SAC

b) Localidade do SAA ou SAC



d) Tipos de mananciais abastecidos pelo SAA ou SAC e as informações

e) Quantitativo e as informações sobre as características da ETA

Figura 2: Telas de cadastro do sistema de abastecimento de água no SISPSA.

Fonte: Autores.

A próxima etapa, trata das etapas necessárias para elaboração do PSA, que foram concebidas em consonância com as diretrizes da OMS, MS e a utilização da Matriz de Priorização de Riscos validada por Bezerra (2018), conforme apresentada no Quadro 2.

		Severidade				
		1	2	4	8	16
Frequência Muito Baixa		Baixa	Moderada	Elevada	Crítica	
5	Diária a semanalmente	Baixo (5)	Moderado (10)	Alto (20)	Alto (40)	Extremo Plano de Emergência
4	Quinzenal a mensal	Baixo (4)	Moderado (8)	Alto (16)	Alto (32)	Extremo Plano de Emergência
3	Semestral a anual	Baixo (3)	Moderado (6)	Moderado (12)	Alto (24)	Extremo Plano de Emergência
2	Acima de um ano ate 5 anos	Baixo (2)	Baixo (4)	Moderado (8)	Alto (16)	Extremo Plano de Emergência
1	Acima de 5 anos	Baixo (1)	Baixo (2)	Baixo (4)	Moderado (8)	Extremo Plano de Emergência

Legenda:

Nível	Descritor	Significado da Severidade
1	Muito Baixa	Sem impacto detectável.
2	Baixa	Impacto sobre a qualidade estética ou organoléptica da água, sem causar rejeição da água, podendo ser mitigado em etapa seguinte do sistema de abastecimento de água.
3	Moderada	Impactos com risco moderado à saúde, abaixo do padrão de potabilidade, podendo ser mitigado em etapa(s) seguinte(s) do sistema de abastecimento de água.
4	Elevada	Impactos com risco elevado à saúde, acima do padrão de potabilidade, que não podem ser mitigados em etapa(s) seguinte(s) do sistema de abastecimento.
5	Crítica	Impactos com risco extremo à saúde, acima do padrão de potabilidade, com interrupção do fornecimento de água e necessidade de execução de plano de contingência.

Análise do Risco:

Risco Baixo ≤ 5: Risco baixo

Risco Moderado 6 a 12: Risco tolerável

Risco Alto 16 a 40: Risco não tolerável

Risco Extremo: Risco não tolerável, necessidade de adoção imediata de plano de emergência.

Quadro 2: Matriz Semiquantitativa de Priorização de Risco validada.

Fonte: Autores.

As etapas adotadas contemplam a definição do cronograma de trabalho, a constituição da equipe técnica, a descrição do SAA ou SAC, a definição do diagrama de fluxo, a identificação de eventos, a caracterização de riscos, o monitoramento operacional e os planos de gestão.

O cronograma de execução das principais atividades para implantação do PSA diz respeito à organização cronológica das atividades a serem desempenhadas pela equipe de implantação ao longo dos meses. Esse cronograma deve ser elaborado conforme a situação de cada SAA ou SAC. A Figura 3a e 3b apresenta um exemplo de cronograma gerado pelo SISPSA.



a) Cronograma de Execução do PSA

Atividade	Meses (18)																Total		
	Novembro (2017)	Dezembro (2017)	Janeiro (2018)	Fevereiro (2018)	Março (2018)	Abril (2018)	Mai (2018)	Junho (2018)	Julho (2018)	Agosto (2018)	Setembro (2018)	Outubro (2018)	Novembro (2018)	Dezembro (2018)	Janeiro (2019)	Fevereiro (2019)		Março (2019)	Abril (2019)
Primeira Atividade																			17
Segunda Atividade																			14
Teste																			14
Ativ 33																			12

b) Modelo gerado de cronograma do SISPSA

Figura 3: Cronograma de Execução do PSA (a) e modelo de cronograma gerado no SISPSA (b).

Fonte: Autores.

A próxima etapa de elaboração do PSA, trata da constituição da equipe técnica. Na página do SISPSA fica à disposição do usuário a lista dos participantes da equipe técnica, permitindo a delegação das responsabilidades de cada usuário de forma individual. Clicando no link “Responsabilidades” é aberta uma caixa de texto para definição textual da responsabilidade do participante selecionado. A etapa de descrição e avaliação do sistema tem a finalidade de realizar avaliação sistemática do sistema de abastecimento de água, sob a perspectiva dos riscos à saúde humana, com base na ocupação da bacia contribuinte a zona de captação, no histórico das características de suas águas, nas características

físicas do sistema, nas práticas operacionais e na qualidade da água distribuída. No SISPSA o usuário deve descrever textualmente cada uma das etapas vinculadas à ETA e ao SAA como um todo. Selecionando a etapa no campo de seleção e digitando o texto no campo específico. A definição do diagrama de fluxo do SAA ou SAC prevê a construção simples das etapas do fluxo do sistema, desde a bacia hidrográfica até a distribuição final. O fluxograma do sistema de abastecimento de água deve ser elaborado de uma forma fiel ao estado que se encontra o sistema, além de contemplar todos os itens da infraestrutura física. A validação do fluxo foi realizada por meio de: i) verificação da abrangência das etapas, ii) correção dos elementos constantes no diagrama e iii) confirmação do diagrama *in-loco*.

A etapa seguinte tem como objetivo identificar os eventos perigosos, ou seja, as possíveis causas de contaminação, onde e quando? Como pode acontecer em cada etapa do sistema de abastecimento (bacia hidrografia contribuinte a captação, zona de captação, estação de tratamento de água sistema de distribuição) e associá-las aos respectivos perigos (Figura 4).

The screenshot shows the SISPSA web application interface. The header includes the SISPSA logo, the system name 'SAA - Formosa / Eta 01', and user navigation options like 'Usuário', 'Mensagens', 'Contato', 'Ajuda', and 'Logout'. The sidebar on the left contains navigation menus for 'Usuário', 'Tabelas Básicas', 'Cadastro SAA / SAC', and 'Etapas do PSA'. The main content area is titled 'SISPSA - Identificação de Eventos' and contains the following sections:

Identificação de Eventos Perigosos

Selecionar a Etapa: Bacia Hidrográfica

Lista de Eventos

Evento	Opção
Grau de Atendimento da disponibilidade hídrica é insatisfatório	Sim
Predominância de uso e ocupação por indústrias	Sim
Carreamento de Agrotóxicos	Sim
Lançamento de Efluentes	Sim
Ausência de Cerca	Sim
Total de Eventos:	5

Lista de Eventos Identificados

Evento	Opção
Predominância de uso e ocupação por indústrias	Não
Predominância de uso e ocupação por indústrias	Não
Predominância de uso e ocupação por indústrias	Não
Carreamento de Agrotóxicos	Não
Lançamento de Efluentes	Não
Ausência de Cerca	Não
Total de Eventos Identificados:	6

Figura 4: Identificação dos eventos perigosos do sistema de abastecimento de água.

Fonte: Autores.

Após a identificação dos eventos perigosos e seus respectivos perigos, em cada etapa do sistema de abastecimento de água para consumo humano, os mesmos devem ser avaliados e caracterizados os riscos, conforme a metodologia de caracterização de riscos. O risco é calculado no SISPSA (Figura 5) por meio da multiplicação da frequência do evento/perigo (valores variam entre 1: Acima de 5 anos, 2: Acima de um até 5 anos,

3: Semestral a Anual, 4: Quinzenal a Mensal e 5: Diária a semanalmente) e função da severidade (valores variam entre 1: Muito Baixa, 2: Baixa, 4: Moderada, 8: Elevada, 16: Crítica). Esse cálculo é realizado para todos os eventos identificados em cada etapa do SAA ou SAC e o nível de risco varia de baixo, moderado, alto e extremo, conforme descrito no Quadro 3. Cada risco deve ser fundamentado com base na avaliação do risco.

Evento	Perigos (0)	Frequência	Severidade	Risco	Fundamento	Opções
Predominância de uso e ocupação por indústrias	• Benzeno	Diária a semanalmen	Muito Baixa	Baixo (9)	Teste	Salvar ✓
Predominância de uso e ocupação por indústrias	• Chumbo • Benzeno • 1,1 Diclorobenzeno	Frequência	Severidad	Baixo (9)	Fundamento	Salvar ✓
Predominância de uso e ocupação por indústrias		Frequência	Severidad	Baixo (9)	Fundamento	Salvar ✓
Carreamento de Agrotóxicos	• 1,4 Diclorobenzeno • Glifosato	Quinzenal a mensal	Baixa	Moderado (8)	Fundamento	Salvar ✓
Lançamento de Efluentes		Semestral a anual	Moderada	Alto (12)	Fundamento	Salvar ✓

Figura 5: Caracterização dos riscos no SAA.

Fonte: Autores.

Condição	Descritor	Tolerância	Cor
Se $R \leq 5$	Risco Baixo	Tolerável	Verde
Se $R \geq 6$ e $R \leq 12$	Risco Moderado	Tolerável necessita de medidas de controle	Amarelo
Se $R \geq 16$ e $R \leq 40$	Risco Alto	Não Tolerável	Laranja
Se $R > 40$	Risco Extremo	Não Tolerável, necessidade de adoção imediata de plano de contingência	Vermelho

Quadro 3: Nível de risco.

Fonte: Autores.

Para cada risco classificado como moderado a alto deve-se propor medidas de controle. O monitoramento operacional tem a finalidade de monitorar os perigos identificados como significativos e eliminá-los em nível aceitáveis ou reduzi-los por meio de uma ou mais ações preventivas. Essa etapa consta de dois passos: i) estabelecimentos dos limites críticos e ii) estabelecimentos das medidas corretivas (Figura 6).

A Etapa de Gestão do Sistema tem a finalidade de documentar todas as etapas anteriores, além de prever a verificação periódica de adesão ao PSA e de sua eficácia, além de estratégias de comunicação, que vai desde os procedimentos de rotina e emergências.

Os relatórios têm como finalidade extrair as informações necessárias para avaliação geral da implantação e funcionamento do PSA. O sistema permite extrair os Relatório de Riscos, Relatório do Protocolos e Relatório de Procedimento Operacional e Relatório do PSA.

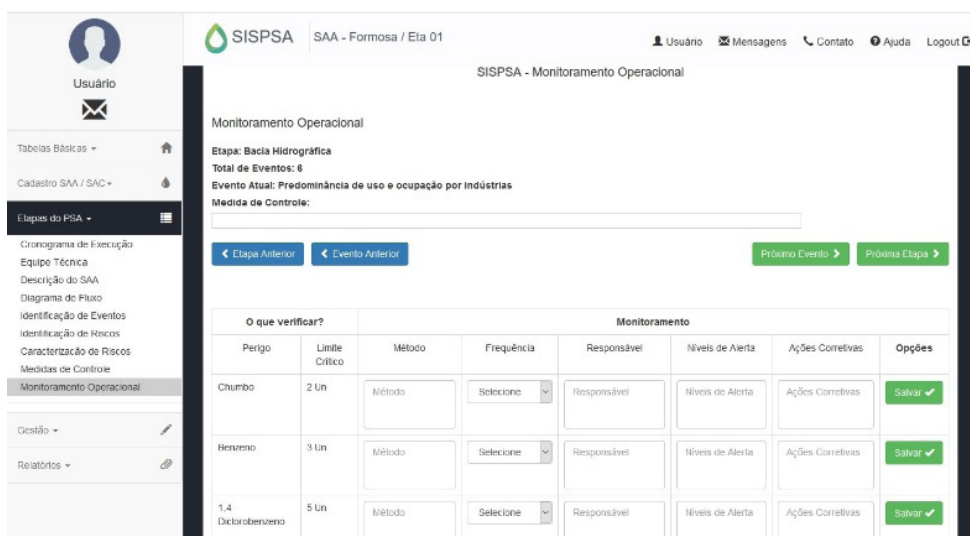


Figura 6: Monitoramento operacional.

Fonte: Autores.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cabe destacar, que o desenho gráfico do SISPSA foi concebido para esta primeira versão de forma bem simplificada, desta forma, recomenda-se que posteriormente, o mesmo seja atualizado por um profissional gráfico. Devido à grande variedade de dispositivos, optou-se por usar apenas HTML, CSS e JAVASCRIPT no “desenho” e apresentação gráfica das páginas da plataforma no navegador. O desenvolvimento de uma solução tecnológica completa para implantação do PSA envolve o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de executar a computação necessária para a metodologia escolhida. Como resultado parcial foi obtido um protótipo prático de implantação do PSA, face às disposições da Portaria de Potabilidade e diretrizes da Organização Mundial de Saúde.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO; IEC:31010, Gestão de riscos – Técnicas para o processo de avaliação de riscos**. 1. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 96p.

Bezerra, N. R. Aplicação da técnica Delphi para validação dos métodos a serem utilizados no sistema em plataforma web para implantação de Plano de Segurança da Água. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 6, n. 1, p. 29-40, 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.9771/gesta.v6i1.21957>

BRASIL. **Portaria de Consolidação nº 05, de 03 de outubro de 2017**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, Brasília, série E, 2017. Publicação Nº 190 – DOU de 03/10/17 – Seção 1 – Suplemento. p.360.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Plano de segurança da água: garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS. **Ministério da Saúde**, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. – Brasília: Ministério da Saúde, 2012. 60 p.

DEBASTIANI, C. A. **Definindo Escopo em Projetos de Software**. São Paulo: Novatec, 2015.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. **Fundamentals of database systems**. 7. Ed. [S.I.]: Pearson Addison Wesley, 2016. 1272 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for drinking-water quality**. 4. ed. WHO chronicle, v. 38, p. 104-108, 2011.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Água 9, 11, 12, 19, 21, 22, 23, 30, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 75, 77, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 117, 118, 126, 127, 128, 129, 132, 133, 134, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 144, 146, 148, 151, 152, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 197, 198, 199, 202, 204, 205, 218, 227, 245

Água pluvial 52, 55, 58, 98, 102, 103, 107, 245

Água potável 9, 52, 53, 55, 89, 91, 98, 99, 103, 107, 185, 186

Água residual artificial 118

Águas subterrâneas 99, 126, 128, 129, 131, 136, 137, 138, 144, 145, 146

Água subterrânea 126, 127, 128, 135, 136, 139, 140, 142, 146

Aproveitamento de água de chuva 56, 59, 60, 98, 99, 101, 108, 245

Atividade floculante 117, 118

Automatização 198

Avaliação de risco 185

B

Bacia hidrográfica 1, 2, 3, 5, 8, 9, 11, 12, 17, 18, 23, 148, 150, 186, 194

Bacteriologia 109

C

Captação pluvial 48, 50, 55, 56, 57

Carga orgânica 148, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157

Contaminación del agua 172, 175

Coronavírus 233, 234, 235, 242

D

Desempenho 18, 61, 72, 96, 157, 200, 201, 213, 214, 215

Desenvolvimento urbano 3, 6, 31, 35, 37, 38, 39, 41, 44, 51

Distribuição de água 9, 75, 86, 88, 89, 91, 129, 188

Drenagem urbana 19, 47, 48, 49, 53, 57, 58, 60

E

Educação ambiental 54, 217, 218, 219, 220, 225, 226, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235,

236, 237, 243

Esgotamento sanitário 9, 12, 61, 65, 148, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 218

Evapotranspiração 198, 199, 200, 203, 204, 205, 206, 212, 213, 214, 215

I

Indicador de revisão tarifária 61

Infraestrutura 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 96, 148, 150, 194

Inundações 12, 16, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 56

L

Legislação 3, 4, 6, 10, 21, 22, 30, 31, 38, 48, 54, 55, 56, 57, 63, 127, 234

M

Medio ambiente 116, 172

Método GOD 126, 128, 130, 132, 133, 135, 136

Microbacia 160, 161

Modelagem computacional 137, 138, 140, 145

Monitoramento 17, 35, 37, 41, 43, 44, 58, 70, 128, 140, 148, 151, 155, 159, 161, 185, 187, 189, 192, 195, 196, 201, 213

P

Perdas de água 88, 91, 92, 94, 96, 97

Porcentagem de remoção 117, 118

Q

Qualidade de água 148, 151, 156, 157

R

Recursos hídricos 3, 17, 22, 30, 40, 51, 57, 58, 59, 73, 88, 89, 90, 91, 92, 96, 97, 98, 99, 126, 127, 135, 136, 145, 149, 150, 156, 158, 159, 173, 176, 184

Regulação econômica financeira 61

Relações ecológicas 233, 234, 235, 236, 240, 241, 242

S

Salud pública 109, 116, 172, 174

Saneamento 1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 32, 39, 61, 62, 63, 66, 69, 70, 72, 73, 92, 96, 97, 126, 128, 148, 150, 151, 152, 157, 158, 159, 185, 186, 187

Software livre 185, 188

Sustentabilidade 19, 26, 31, 33, 34, 37, 38, 39, 43, 44, 60, 61, 62, 63, 64, 69, 72, 96, 97, 98, 108, 220, 222, 223, 224, 245

U

Urbanização 1, 3, 4, 6, 7, 12, 17, 18, 23, 48, 49, 57, 59, 219, 220, 232

Uso e ocupação do solo 3, 6, 17, 21, 31, 34, 35, 37, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 126

V

Vulnerabilidade ambiental 126, 127

W

Web service 185, 186

Base de Conhecimentos Gerados na Engenharia Ambiental e Sanitária

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

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 