



Helenton Carlos Da Silva
(Organizador)

Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 4

Atena
Editora

Ano 2020



Helenton Carlos Da Silva
(Organizador)

Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 4

Atena
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Conselho Técnico Científico

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

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

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

D371 Demandas essenciais para o avanço da engenharia sanitária e ambiental 4 [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-952-3
DOI 10.22533/at.ed.523202101

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

CDD 628.362

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

APRESENTAÇÃO

A obra “*Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu III volume, apresenta, em seus 29 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia sanitária e ambiental, tendo como base suas demandas essenciais interfaces ao avanço do conhecimento.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Helenton Carlos da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ALGORITMO DE BUSCA EXAUSTIVA PARALELA EM PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
Artemisa Fontinele Frota Luís Henrique Magalhães Costa Rafael Pereira Maciel Marco Aurélio Holanda De Castro	
DOI 10.22533/at.ed.5232021011	
CAPÍTULO 2	25
POÇO ARTESIANO; AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA QUE ABASTECE A ZONA RURAL NO MUNICÍPIO DE CALÇADO-PE	
Angela Maria Coêlho de Andrade Caio Cesário de Andrade	
DOI 10.22533/at.ed.5232021012	
CAPÍTULO 3	38
AVALIAÇÃO DE DIGESTOR ANAERÓBIO PARA OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL E VIABILIZAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS NA GERAÇÃO DE ENERGIA	
Felipe R. A. dos Santos Clément Van Vlierberghe Guilherme F. Campos	
DOI 10.22533/at.ed.5232021013	
CAPÍTULO 4	52
AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA, SUINOCULTURA E LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO (<i>Zea mays</i> L.)	
Rhégia Brandão da Silva Leonardo Duarte Batista da Silva Alexandre Lioi Nascentes Antonio Carlos Faria de Melo Dinara Grasiela Alves Everaldo Zonta João Paulo Francisco Marcos Filgueiras Jorge	
DOI 10.22533/at.ed.5232021014	
CAPÍTULO 5	76
DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO WEB APLICADA À HIDRÁULICA DE CANAIS	
Lenise Farias Martins Rafael Pereira Maciel Luis Henrique Magalhães Costa	
DOI 10.22533/at.ed.5232021015	

CAPÍTULO 6 86

ESTUDO EXPERIMENTAL E MODELAGEM MATEMÁTICA DE UM REATOR ANAERÓBIO HORIZONTAL DE LEITO FIXO (RAHLF) PARA TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTE SINTÉTICO CONTENDO D-LIMONENO

Arnaldo Sarti
Bruna Sampaio de Mello
Brenda Clara Gomes Rodrigues
Maria Angélica Martins Costa
Samuel Conceição de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.5232021016

CAPÍTULO 7 98

ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DE PERDAS ATRAVÉS DO CONTROLE DE PRESSÃO – MODELO HIDRÁULICO DO SISTEMA MORROS DA ZONA NORTE DO RECIFE-PE

Marcos Henrique Vieira de Mendonça
Hudson Tiago dos S. Pedroso

DOI 10.22533/at.ed.5232021017

CAPÍTULO 8 111

ESTUDO DA VULNERABILIDADE DA ÁGUA SUBTERÂNEA NO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI (BELÉM-PA)

Ana Carla Leite Carvalho
Leonardo Augusto Lobato Bello
Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes
Marco Valério Albuquerque Vinagre

DOI 10.22533/at.ed.5232021018

CAPÍTULO 9 122

ESTUDO DE ÁREA DE RISCO DEVIDO À EROÇÃO HÍDRICA EM TRECHO DO CÓRREGO AFONSO XIII EM TUPÃ / SP – CAUSAS E SOLUÇÃO

José Roberto Rasi
Roberto Bernardo
Cristiane Hengler Corrêa Bernardo

DOI 10.22533/at.ed.5232021019

CAPÍTULO 10 136

FATORES DETERMINANTES PARA GESTÃO DA MANUTENÇÃO ELETROMECÂNICA EFICAZ EM UMA EMPRESA DE SANEAMENTO

Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz
Tiago Pontual Waked
Bruno Roberto Gouveia Carneiro da Cunha

DOI 10.22533/at.ed.52320210110

CAPÍTULO 11 145

FISCALIZAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL REMOTA DA PRESTAÇÃO DE SERVIÇO DE ÁGUA E ESGOTO – DO PLANEJAMENTO A EXECUÇÃO

Flávia Oliveira Della Santina
Rodolfo Gustavo Ferreras

DOI 10.22533/at.ed.52320210111

CAPÍTULO 12	161
GESTÃO E CONSERVAÇÃO DE ÁGUA: ALTERNATIVAS PARA MELHORAR O ATENDIMENTO DAS DEMANDAS HÍDRICAS DO CENTRO DE CONVENÇÕES DE PERNAMBUCO	
Amanda Almeida de Oliveira Figueiredo Simone Rosa da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.52320210112	
CAPÍTULO 13	180
APLICAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS EM HIDROMETRIA COM BASE EM ESTUDOS DE VIABILIDADE ECONÔMICO FINANCEIRO	
Luiz Claudio Drumond	
DOI 10.22533/at.ed.52320210113	
CAPÍTULO 14	190
METODOLOGIA DE LEVANTAMENTO DE DADOS DE PROJETO DE SANEAMENTO APLICADA AO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA REGIÃO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA PRESIDENTE JUSCELINO KUBITSCHKE UTILIZANDO O SOFTWARE EPANET	
Stefan Igreja Mühlhofer Carolina Silva de Oliveira Sá Teles	
DOI 10.22533/at.ed.52320210114	
CAPÍTULO 15	204
VISITAS DOMICILIARES JUNTO À POPULAÇÃO BENEFICIÁRIA DE OBRAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA – UMA ABORDAGEM SOCIOAMBIENTAL EM CAICÓ – RN	
Julyenne Kerolainy Leite Lima Marília Adelino da Silva Lima Teonia Casado da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.52320210115	
CAPÍTULO 16	212
OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DE RESERVATÓRIO NA BUSCA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (RESERVATÓRIO DE JORDÃO DE 90.000 M ³ , SISTEMA PIRAPAMA-PE)	
Hudson Tiago dos S. Pedrosa	
DOI 10.22533/at.ed.52320210116	
CAPÍTULO 17	228
PERSPECTIVA DOS 20 ANOS DA LEI N°9.433/97: PERCEPÇÕES DOS COMITÊS DE BACIA HIDROGRÁFICA E DOS ÓRGÃOS GESTORES DE RECURSOS HÍDRICOS ACERCA DO ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA	
Paulo Eduardo Aragon Marçal Ribeiro Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora	
DOI 10.22533/at.ed.52320210117	

CAPÍTULO 18 238

**PRÉ-DIAGNÓSTICO DAS EFICIÊNCIAS ELETROMECÂNICAS E
HIDROENERGÉTICAS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA A PARTIR
DO CONSUMO ENERGÉTICO NORMALIZADO**

Luis Henrique Pereira da Silva
Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz
Leonardo Nascimento de Oliveira
Milton Tavares de Melo Neto
Hudson Tiago dos Santos Pedrosa

DOI 10.22533/at.ed.52320210118

CAPÍTULO 19 247

**PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE REUSO DE ÁGUA
EM SISTEMAS RESFRIAMENTO**

Ewerton Emmanuel da Silva Calixto
Fernando Luiz Pellegrini Pessoa
Lidia Yokoyama
Sérgio Pagnin
Andréa Azevedo Veiga

DOI 10.22533/at.ed.52320210119

CAPÍTULO 20 260

**PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA LAGOA DA GAROPABA DO SUL/SC
COM VISTAS A EFETIVA EXECUÇÃO DOS INVESTIMENTOS DO CONTRATO DE
CONCESSÃO EM SANEAMENTO**

Ricardo Martins
Anderson Sandrini Botega
Eduardo Silvano Batista
Gislaine Lonardi
Katia Viviane Motta Martins

DOI 10.22533/at.ed.52320210120

CAPÍTULO 21 274

**PROJETO DE AÇÃO SOCIAL ALIADO A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA ESCOLA E
SEUS EFEITOS NA COMUNIDADE**

Manuella Andrade Swierczynski

DOI 10.22533/at.ed.52320210121

CAPÍTULO 22 293

**PROJETO DE EFICIÊNCIA HÍDRICA: REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA DESCARTADA
POR DESTILADORES**

Roberto Santos de Oliveira
Julio Cesar Oliveira Antunes
Lucas Olive Pinho Silva Gomes

DOI 10.22533/at.ed.52320210122

CAPÍTULO 23 305

**PROJETO DE INFRAESTRUTURA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA
CONSUMO HUMANO DESENVOLVIDO ATRAVÉS DA FILOSOFIA BIM**

Marcos André Capitulino de Barros Filho
Pedro Henrique Matias Dantas

Lucas Vieira Fernandes
Aldrin Magno Dantas Siqueira Júnior
DOI 10.22533/at.ed.52320210123

CAPÍTULO 24 318

QUALIDADE DA ÁGUA DOS POÇOS DO BAIRRO JARDIM CABANO DA VILA DOS CABANOS, MUNICÍPIO DE BARCARENA-PA

Claudio Farias de Almeida Junior
Ronaldo Pimentel Ribeiro
Mirian Favacho da Silva Ramos
Amanda Ingrid da Silva Therezo
Márcia de Almeida
Marcos Antônio Barros dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.52320210124

CAPÍTULO 25 327

RECUPERAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM POÇOS TUBULARES PROFUNDOS: O CASO DE VALE DO CATIMBAU

Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz
Paulo César Nunes Pinho
José Antônio Charão Cunha
Luis Henrique Pereira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.52320210125

CAPÍTULO 26 338

RESPONSABILIDADE SOCIAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. AÇÕES QUE FIZERAM A DIFERENÇA NA COMPANHIA DOCAS DO PARÁ/PORTO DE SANTARÉM – PARÁ – AMAZÔNIA

Cristiane da Costa Gonçalves de Andrade
Andrelle Soares Dantas Faria
Paula Danielly Belmont Coelho

DOI 10.22533/at.ed.52320210126

CAPÍTULO 27 349

SANEAMENTO DE QUALIDADE É CONSTRUÍDO COM FOCO EM GESTÃO: A EXPERIÊNCIA DA EMBASA – UNIDADE REGIONAL DE ITABERABA COM A IMPLANTAÇÃO DO MEG

Sebastiana Flávia Lima dos Santos
Gustavo Lima Magalhães Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.52320210127

CAPÍTULO 28 360

TOXICOLOGIA AGUDA DE *Rhamdia quelen* EXPOSTOS A XENOBIÓTICOS UTILIZADOS EM LAVOURAS ARROZEIRAS

Jaqueline Ineu Golombieski
Débora Seben
Joseânia Salbego
Elisia Gomes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.52320210128

CAPÍTULO 29	370
--------------------------	------------

TRATAMENTO NATURAL DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE PISCICULTURA COM USO DE SEMENTE DE MORINGA OLEIFERA

Edilaine Regina Pereira
Maik Mauro Alves
Bruna Ricci Bicudo
Dandley Vizibelli
Fellipe Jhordã Ladeia Janz

DOI 10.22533/at.ed.52320210129

SOBRE O ORGANIZADOR	383
----------------------------------	------------

ÍNDICE REMISSIVO	384
-------------------------------	------------

ESTUDO DA VULNERABILIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI (BELÉM-PA)

Data de aceite: 09/01/2020

Ana Carla Leite Carvalho

Engenheira Ambiental e Sanitária pela Universidade da Amazônia (UNAMA).

Especialização em Gestão de Cidades e Sustentabilidade (NUMA/UFPA). Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano pela Universidade da Amazônia (PPDMU/UNAMA)

E-mail: calincarvalho@gmail.com

Leonardo Augusto Lobato Bello

Doutor (2004) e Mestre (1997) em Engenharia Civil pela PUC-RIO, com estágio Sanduíche na University of Newcastle, Inglaterra (2002).

Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes

Graduado em Geologia (1996), Mestre em Geofísica (2000) e Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido (2005), sempre pela Universidade Federal do Pará (UFPA).

Marco Valério Albuquerque Vinagre

Graduado em Engenharia de Infra Estrutura Aeronáutica (Equivalente a Engenharia Civil segundo CONFEA) pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica(1982). Especialista em Planejamento e Gestão do Desenvolvimento Regional. Mestre em Engenharia Civil (Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Doutor em Engenharia de Recursos Naturais

RESUMO: O Distrito Industrial de Icoaraci (Belém-PA), por englobar atividades potencialmente poluidoras, requer atenção

para a proteção das águas subterrâneas. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo estudar a vulnerabilidade intrínseca das águas subterrâneas do local. Para tanto, foi aplicado o método GOD, o qual se baseia no estudo de profundidade de aquífero, sua condição de confinamento e a litologia da zona não saturada. Como fonte de dados foram usados os poços disponibilizados pela CPRM, por meio do SIAGAS. Os índices mostram que cerca de 70% da área apresenta vulnerabilidade baixa e que em 20% da área a vulnerabilidade é média. A principal justificativa para este contexto é a presença constante de argila disposta entre extratos arenosos. Conclui-se que a maior parte da área do Distrito Industrial de Icoaraci (Belém-PA) possui baixa vulnerabilidade, mas que ainda assim, as áreas de médias vulnerabilidades precisam de estudos mais detalhados para aumentar a segurança com as águas subterrâneas.

PALAVRAS-CHAVE: Águas Subterrâneas. Vulnerabilidade. GOD.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de um polo industrial, por congrega diversas atividades potencialmente poluidoras, sempre deve estar associado a perspectiva de boas práticas ambientais.

Dentre estas, planejar a prevenção de possíveis acidentes que possam colocar as águas subterrâneas em condição inadequada ao consumo humano. Com esta compreensão este trabalho faz uma abordagem da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas do Distrito Industrial de Icoaraci, na capital paraense, onde estão localizadas 31 empresas.

O local estudado possui grande riqueza de águas subterrâneas, cujos aquíferos Barreiras e Pirabas são os principais mananciais. Especificamente o aquífero Barreiras é objeto de análise neste trabalho, posto estar mais próximo a superfície e ser mais explorado.

O trabalho utilizou a base de dados pré-existentes do SIAGAS - CPRM (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – Serviço Geológico do Brasil), considerando os devidos ajustes, conforme SANTOS ET AL (2013).

O método mais frequentemente usado para promover estratégias para prevenir a contaminação da água subterrânea, tem sido o GOD (Groundwater occurrence, Overall of lithology e Depth of groundwater), destaca-se o proposto por Foster e Hirata (1988) e rediscutido em FOSTER ET AL (2002). Tal método indica o índice e grau de vulnerabilidade natural do aquífero por meio de três variáveis (profundidade do nível da água, litologia da zona não saturada e tipo e grau de confinamento aquífero).

Uma das principais ferramentas para proteger as águas subterrâneas, prevenindo sua contaminação, consiste em conhecer a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação, a qual representa sua maior suscetibilidade a ser adversamente afetado por uma carga contaminante. Embora a relevância dessa atividade para o desenvolvimento econômico de determinada região, sua prática intensa e de modo aleatório pode acarretar a contaminação das águas subterrâneas e a conseqüente proibição de seu uso em diversas atividades econômicas e ao consumo humano. Nesta perspectiva objetivo deste trabalho e mapear a vulnerabilidade natural dos aquífero do Distrito Industrial de Icoaraci (Belém-PA). Para tanto utilizou-se na etapa inicial foi empreendida uma seleção de poços, inseridos no banco de dados da CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) que é direcionado ao SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas) e desenvolvido e mantido a partir de mapeamento e de pesquisa hidrogeológica em todo país, é composto por uma base de dados de poços permanentemente atualizada e de módulos capazes de realizar consultas, pesquisas, extração e geração de relatórios, com perfis lito-construtivos disponíveis que contêm informações a respeito da espessura da zona não saturada e seus respectivos tipos litológicos e condição de confinamento. Na área de estudo foram levantados 40 poços.

Em seguida, as posições dos poços foram plotadas em mapa para efeito de mostrarem melhor compreensão ao contexto. De posse deste mapa foram feitas

visitas de campo, para entendimento contextualizado dos elementos naturais e construtivos da área, cujas informações serviriam de suporte à fase de interpretação dos dados retirados do SIAGAS.

De posse dos relatórios fornecidos pelo SIAGAS, foi possível obter os dados de grau de confinamento, litologia da zona não saturada e profundidade do nível freático. Relevante informar que os dados nem sempre são de fácil identificação e seu respectivo cálculo. Assim, foi necessário a interpolação de parâmetros e dimensões, tal qual proposto com SANTOS ET AL (2013) e, somente após isto, estes dados foram ajustados e seus respectivos índices foram obtidos e em seguida o índice GOD foi calculado para o local de cada poço.

Todos estes dados foram consolidados em um novo banco de dados no software excel 2017. A partir de então os índices GOD foram plotados em mapa, com o uso do software ARC GIS. Estas informações serviram para análise integrada da vulnerabilidade intrínseca dos recursos hídricos subterrâneos locais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se a seleção de poços, inseridos no banco de dados da CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) que é direcionado ao SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas) e desenvolvido e mantido a partir de mapeamento e de pesquisa hidrogeológica em todo país, é composto por uma base de dados de poços permanentemente atualizada e de módulos capazes de realizar consultas, pesquisas, extração e geração de relatórios, com perfis lito-construtivos disponíveis que contêm informações a respeito da espessura da zona não saturada e seus respectivos tipos litológicos e condição de confinamento. Na área de estudo foram levantados 40 poços.

Em seguida, as posições dos poços foram plotadas em mapa para efeito de mostrarem melhor compreensão ao contexto. De posse deste mapa foram feitas visitas de campo, para entendimento contextualizado dos elementos naturais e construtivos da área, cujas informações serviriam de suporte à fase de interpretação dos dados retirados do SIAGAS

A metodologia G.O.D, concebida por Foster & Hidrata (1988), permite a análise da susceptibilidade de um sistema aquíferos à contaminação através da vinculação entre três seguintes fatores:

Groundwater hydraulic confinement: grau de confinamento hidráulico, ou seja, sua natureza ou condição de confinamento, se confinado, semi-confinado ou livre;

Overlaying strata: tipos litológicos de estratos subjacentes ao meio saturado;

Depth to groundwater table: profundidade do nível d'água, ou lençol freático para aquíferos livres, corresponde à espessura não saturada sobreposta ao aquífero.

Dessa maneira, a quantificação desse índice de vulnerabilidade compreende 3 etapas:

1. Identificação do grau de confinamento hidráulico do Aquífero Barreiras na área de estudo e as atribuições correspondente de peso que varia de 0,0 a 1,0;
2. Definição dos caracteres litológicos da zona não saturada (peso entre 0,4 e 1), as quais foram obtidas, neste estudo, diretamente por dados de poços do SIAGAS. A atribuição de pesos de 0,4 a 1,0 é realizada mediante a ocorrência do tipo litológico em suas respectivas profundidades e avaliando-se sua predominância.
3. Identificação da profundidade do nível freático e atribuições de pesos que variam de 0,6 a 1,0.

Após as definições dos pesos referentes a cada parâmetro, o índice de vulnerabilidade G.O.D é calculado pelo produto desses três valores ($G \times O \times D$) em cada ponto examinado. Como resultado, tem-se magnitudes que variam de 0 a 1, os quais assinalam as classes de vulnerabilidade natural, de modo crescente, na forma a saber desprezível, baixa, média, alta ou extrema (figura 1).

O mapeamento da vulnerabilidade intrínseca à contaminação do aquífero pela metodologia GOD foi realizada levando-se em consideração dados dos perfis litológicos de poços do SIAGAS.

Desta forma, a metodologia GOD foi aplicada, no presente estudo, de maneira a utilizar dados de natureza litológicas dos perfis de poços do SIAGAS. Os pesos atribuídos a cada fator seguiram a descrição litológica nos perfis de poços e a respectiva magnitude apresentada no método em si, avaliando-se a preponderância de cada litologia em cada ponto. Desse modo, foi atribuído peso de 0,9 a 0,2 ao parâmetro G em todos os pontos, caracterizando a natureza predominante do semi-confinado do aquífero na área. Os pesos atribuídos ao fator O variam 0,18 a 1,4 de acordo com a descrição litológica e a predominância desses tipos em função de sua ocorrência nas espessuras não saturadas; e o peso variando de 0,2 a 0,9 foram imputados ao parâmetro D, de acordo com as espessuras não saturadas observadas nos dados.

Nesse contexto, efetuou-se um tratamento geoestatístico desses dados, conforme procedimento já relatados, a fim de mapear a distribuição dos mesmos e classificar a área em matéria de vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação, de acordo com os critérios da metodologia.

A metodologia GOD apresentou resultados bastante satisfatórios em diversos contextos hidrogeológicos em termos de classificação de vulnerabilidade natural (Martinez-Batista *et al.*, 2010; Kemerich *et al.*, 2011; Fernandes *et al.*, 2014).

PRIMEIRA ETAPA: ESTUDOS EM LABORATÓRIO E CAMPO

Etapa inicial foi empreendida uma seleção de poços, inseridos no banco de dados da CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) que é direcionado ao

SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas) e desenvolvido e mantido a partir de mapeamento e de pesquisa hidrogeológica em todo país, é composto por uma base de dados de poços permanentemente atualizada e de módulos capazes de realizar consultas, pesquisas, extração e geração de relatórios, com perfis litoconstrutivos disponíveis que contêm informações a respeito da espessura da zona não saturada e seus respectivos tipos litológicos e condição de confinamento. Na área de estudo foram levantados 40 poços.

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

De posse dos relatórios fornecidos pelo SIAGAS, foi possível obter os dados de grau de confinamento, litologia da zona não saturada e profundidade do nível freático. Relevante informar que os dados nem sempre são de fácil identificação e seu respectivo cálculo. Assim, foi necessário a interpolação de parâmetros e dimensões, tal qual proposto com SANTOS ET AL (2013) e, somente após isto, estes dados foram ajustados e seus respectivos índices foram obtidos e em seguida o índice GOD foi calculado para o local de cada poço.

Todos estes dados foram consolidados em um novo banco de dados no software excel 2017. A partir de então os índices GOD foram plotados em mapa, com o uso do software ARC GIS. Estas informações serviram para análise integrada da vulnerabilidade intrínseca dos recursos hídricos subterrâneos locais.

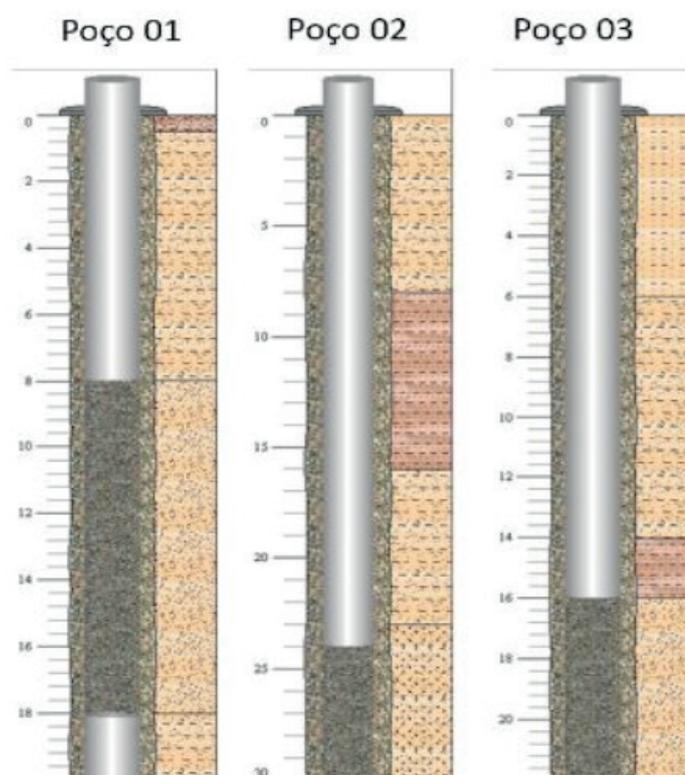


FIGURA 1 – Perfis litoconstrutivos de poços usados como base do estudo de vulnerabilidade.

Fonte: SIAGAS/CPRM

Para explicitar os resultados, os dados estão sendo apresentados a Tabela 1, a qual apresenta a sistematização de parte do banco de dados, onde estão expressos o número do poço, o código do poço na base do SIAGAS, as coordenadas geográficas, o grau de confinamento, a litologia da zona não saturada, a profundidade do lençol freático, o índice GOD e sua significância (vulnerabilidade).

POÇO	POÇO SIAGAS	COORD GEOGR.		TIPO AQUÍF(G)	LITOLÓG(O)	PROF.(D)	VULNERABILIDADE
		LAT	LONG				
PO01	1500005665	011814	482850	0,9	0,55	0,8	MÉDIA
PO02	1500001015	011805	482712	0,9	0,6	0,9	ALTA
PO03	1500001025	011729	482742	0,9	0,57	0,8	INSIGNIFICANTE
PO04	1500001026	011712	482718	0,8	0,39	0,8	BAIXA
PO05	1500001036	011657	482717	0,8	0,55	0,8	MÉDIA
PO06	1500001037	011717	482712	0,8	0,55	0,8	MÉDIA
PO07	1500001038	011717	482711	0,8	0,183	0,8	BAIXA
PO08	1500001039	011721	482711	0,8	0,31	0,8	BAIXA
PO09	1500001040	011718	482713	0,4	1,4	0,8	MÉDIA
PO10	1500001041	011709	482715	0,8	0,55	0,8	MÉDIA
PO11	1500005664	011732	482741	0,4	0,45	0,4	BAIXA
PO12	1500005665	011729	482742	0,8	0,54	0,8	ALTA
PO13	1500005703	011654	482715	0,2	0,34	0,8	INSIGNIFICANTE
PO14	1500005714	011759	482655	0,2	0,2	0,8	INSIGNIFICANTE
PO- 15	1500005715	011800	482654	0,4	0,24	0,9	INSIGNIFICANTE
PO- 16	1500005716	011759	482654	0,4	0,4	0,9	BAIXA
PO- 17	1500005717	011755	482655	0,2	0,2	0,8	INSIGNIFICANTE
PO- 18	1500005719	011651	482726	0,9	0,68	0,9	ALTA
PO- 19	1500005765	011655	482636	0,4	0,502	0,8	BAIXA
PO- 20	1500006237	011722	482704	0,6	0,46	0,8	BAIXA
PO- 21	1500006431	011651	482718	0,6	0,46	0,8	BAIXA
PO- 22	1500006461	011726	482604	0,6	0,4	0,9	BAIXA
PO- 23	1500006538	011717	482710	0,6	0,49	0,8	BAIXA
PO- 24	1500006539	011731	482712	0,2	0,12	0,9	INSIGNIFICANTE
PO- 25	1500006540	011733	482711	0,6	0,52	0,8	BAIXA
PO- 26	1500006541	011735	482711	0,6	0,482	0,9	MÉDIA
PO- 27	1500006777	011729	482605	0,2	0,47	0,2	INSIGNIFICANTE
PO- 28	1500006793	011654	482655	0,2	0,56	0,2	INSIGNIFICANTE
PO- 29	1500007085	011723	482601	0,9	0,63	0,9	ALTA
PO- 30	1500007173	011729	482704	0,8	0,43	0,9	MÉDIA
PO- 31	1500007256	011755	482703	0,8	0,34	0,8	MÉDIA
PO- 32	1500007319	011730	482704	0,8	0,59	0,8	MÉDIA
PO- 33	1500007636	011652	482715	0,2	0,41	0,8	INSIGNIFICANTE
PO- 34	1500007798	011732	482711	0,8	0,77	0,9	ALTA
PO- 35	1500007799	011732	482710	0,2	0,48	0,8	INSIGNIFICANTE
PO- 36	1500007951	011739	482710	0,8	0,46	0,8	MÉDIA
PO- 37	1500007952	011738	482712	0,8	0,8	0,8	INSIGNIFICANTE
PO- 38	1500007953	011741	482711	0,9	0,9	0,9	MÉDIA
PO- 39	1500007957	011656	482653	0,9	0,45	0,9	MÉDIA
PO- 40	1500008460	011654	482631	0,9	0,45	0,9	MÉDIA

TABELA 01 – Sistematização do banco de dados para obtenção da vulnerabilidade da água subterrânea.

Fonte: os autores.

SEGUNDA ETAPA: APLICAÇÃO DO MÉTODO GOD

Neste item são mostrados os mapas que foram elaborados para cada parâmetro do método GOD: G – grau de confinamento; O – ocorrência do estrato de cobertura; e D – profundidade do aquífero. Estes permitiram uma análise de cada parâmetro do método, sendo possível a criação do mapa geral de vulnerabilidade.

O grau de confinamento (G) é fundamental para determinar a vulnerabilidade aquífera de uma região, pois é através da precipitação e posterior carreamento de sólidos pela água o contaminante pode possuir a capacidade de adentrar a zona não saturada.

O mapa do grau de confinamento apresenta classes ou faixas de valores (figura 5). As áreas **pretas** do mapa apresentam maior dificuldade em infiltração de possíveis contaminantes/poluentes, posto apresentarem localmente confinamento, cujas faixas variam de 0,2 a 0,43, que perfazem cerca de 5% da área (0,39 km²). As áreas **acinzentadas**, com valores de 0,44 até 0,61, são aquelas que possuem possibilidades intermediárias de terem suas águas subterrâneas afetadas, posto serem semiconfinadas, e correspondem a cerca de 42% da área (3,05 km²). E as áreas **brancas** são as que apresentam maiores chances de infiltração, por serem não confinadas, cujos valores estão entre 0,62 a 0,9, e correspondem a cerca de 53% da área (3,785 km²).

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

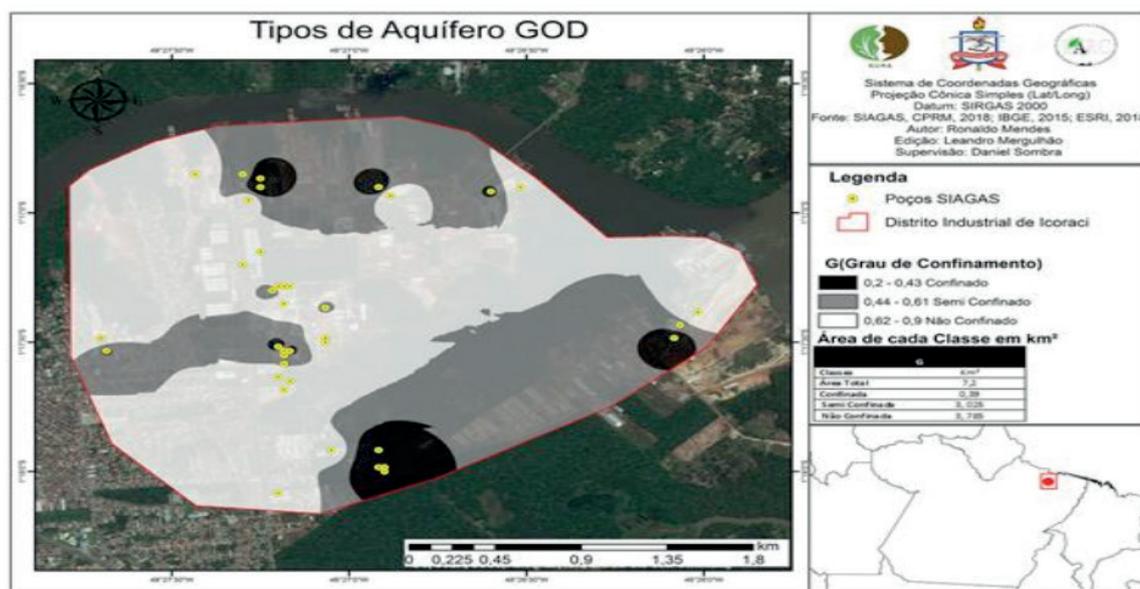


FIGURA 2 – Mapa do Grau de confinamento do aquífero (G), conforme a parametrização do método GOD.

Fonte: a autora

Tão importante quanto para a avaliar a vulnerabilidade é a Ocorrência dos

estratos de cobertura (O). Estes são responsáveis por conter ou facilitar o fluxo de possíveis fluidos prejudiciais a qualidade das águas subterrâneas. Na área em estudo são frequentes as variações entre estratos argilosos, arenosos, areno-argilosos e argilo-arenosos (figura 6).

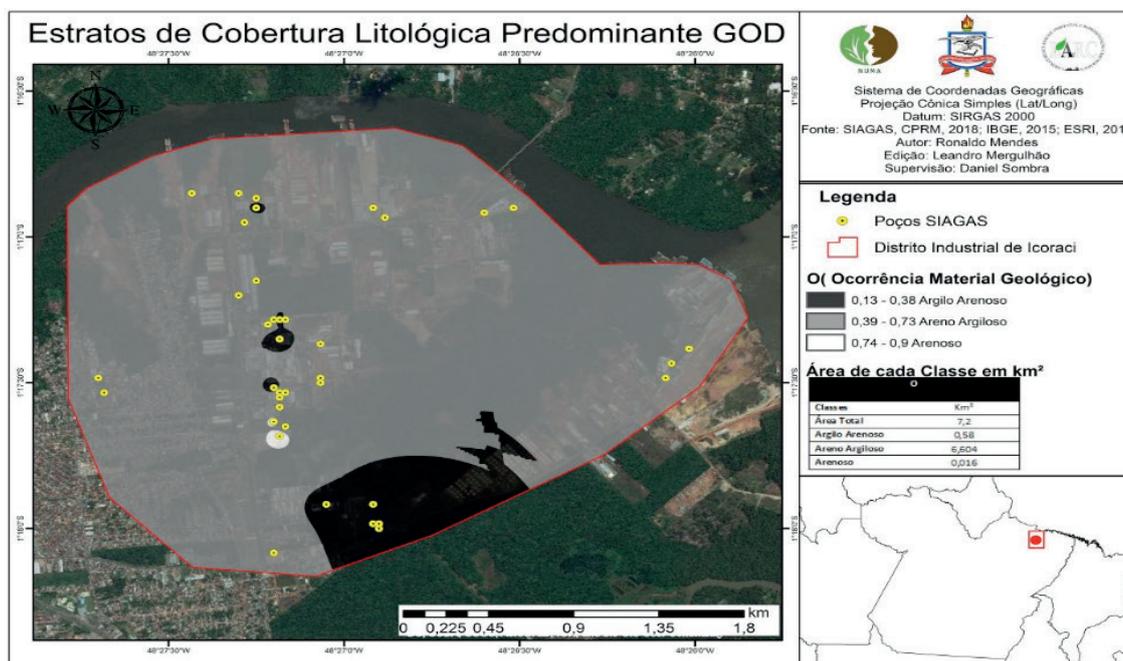


FIGURA 3 – Mapa da Ocorrência dos estratos de cobertura (O), conforme a parametrização do método GOD.

Fonte: a autora

As faixas de variação revelam a heterogeneidade litológica da área. O mapa apresenta faixas mais suscetíveis a infiltração, faixas menos suscetíveis e faixas intermediárias. As áreas **pretas**, são as menos suscetíveis a percolação de fluidos, por serem constituídas por material argilo anenoso, cujos valores variam de 0,13 a 0,39, e perfazem cerca de 8% da área (0,59 km²). As áreas **cinzas** têm suscetibilidade de percolação intermediária de fluidos, por serem constituídas por material areno argiloso, que apresentam faixas com de valores que variam de 0,39 a 0,73, e perfazem aproximadamente 92% da área (6,604 km²). Já a área **branca** possui a pior situação quanto a infiltração de prováveis poluentes, pois é constituída por material arenoso, cujos valores variam de 0,74 a 0,9, e perfazem apenas 0,2% da área (0,016 km²).

A profundidade do aquífero (D) é fator natural para o condicionamento da infiltração de qualquer fluido em subsuperfície. Assim, quanto maior a distância vertical entre a superfície e a água subterrânea, menos vulneráveis tais águas. Na área em questão (figura 7), as profundidades variam de 2,84 m a 23,05 m. Desta forma abrangem três faixas: de 0 a 5 m de profundidade, com área **branca** no mapa, perfazem a maioria da área (cerca de 80% e valores de 0,81 a 0,9); de 5 a 20 m, com

área **cinza** e com cerca de 20% da área e valores 0,61 a 0,8; e de 20 a 50 m, com área **preta** cerca de 1% da área.

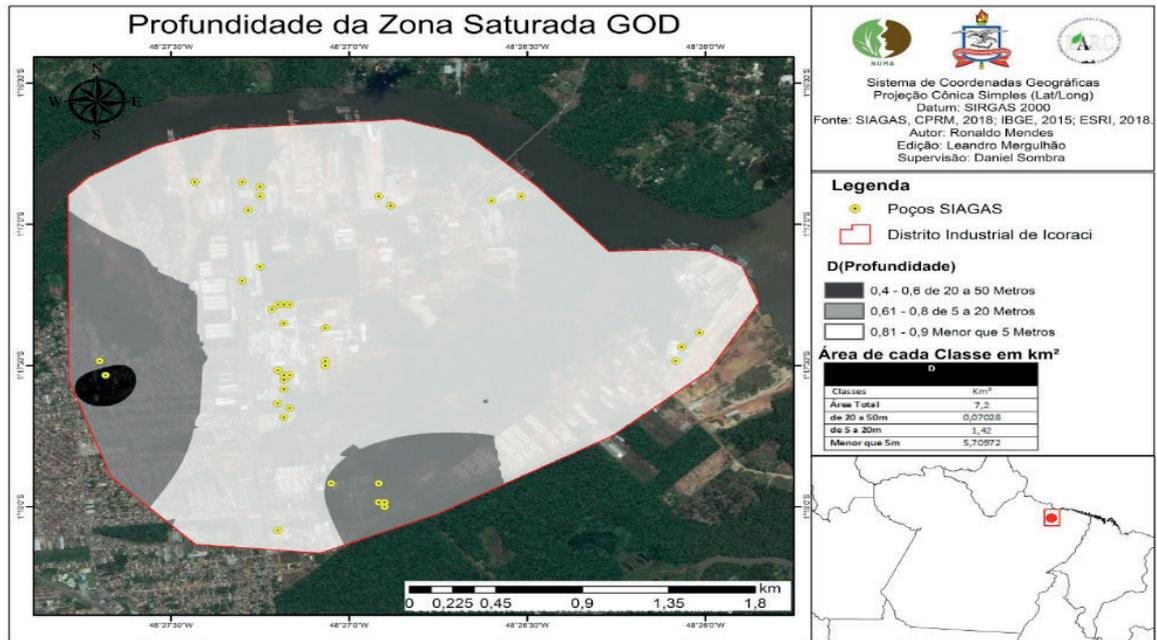


FIGURA 7 – Mapa de profundidade da água subterrânea (D), conforme a parametrização do método GOD.

Fonte: a autora.

Diante dos mapas apresentados (figuras 5, 6 e 7), é possível notar a variabilidade dos parâmetros levantados, o que naturalmente implica em heterogeneidade na vulnerabilidade, que se estende de insignificante, baixa, média e alta (figura 8).

Quando observada a vulnerabilidade da água subterrânea expressa em mapa, é possível identificar facilmente a predominância em área da **vulnerabilidade baixa (cinza escura)**, em cerca de 75% da área (5,4 km², com valores entre 0,11 a 0,3). Em cerca de 23,1% da área (1,66 km²) está presente a **vulnerabilidade média (cinza claro)** (valores de 0,31 a 0,5), especialmente na porção Sul-Sudoeste e também ocorre em porções isoladas. Pontualmente também são identificadas vulnerabilidades **insignificantes (preto)**, com cerca de 2% da área – 0,11 km² e valores de 0,03 a 0,1) e **alta (branco)**, com cerca de 0,4% da área – 0,03 km² e valores de 0,51 a 0,73).

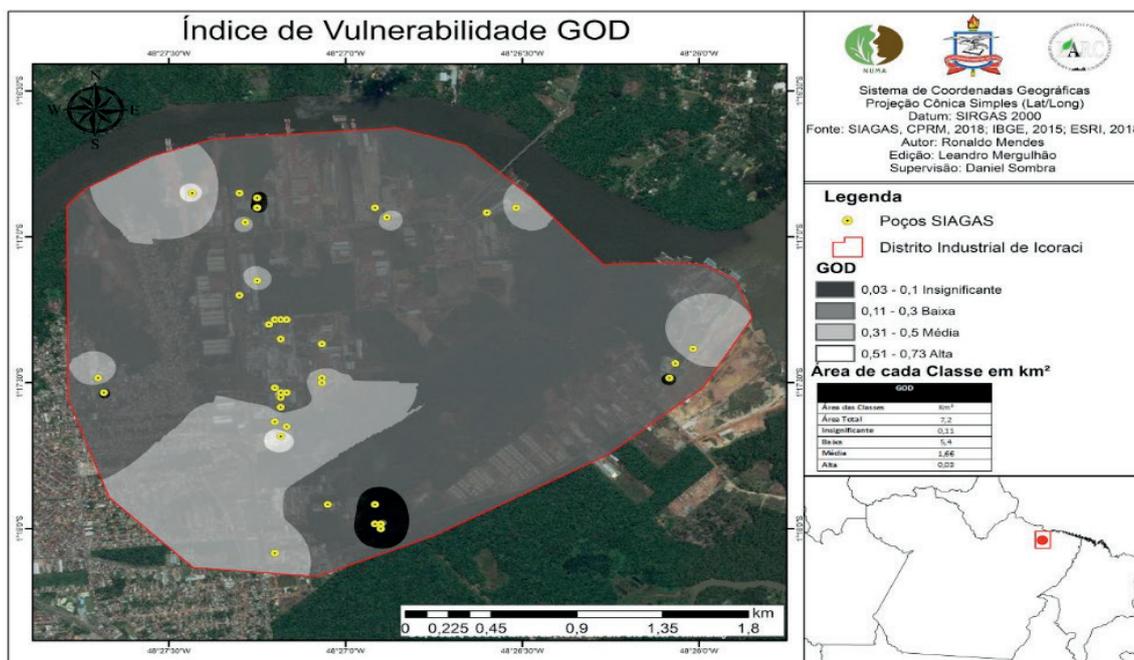


FIGURA 8 – Mapa do índice de vulnerabilidade da água subterrânea obtida a partir do método GOD.

Fonte: a autora.

A predominância da vulnerabilidade baixa está vinculada especialmente a presença de argila nos perfis (especialmente areno argilosa), elementos frequentes na formação Barreiras da região (ROSETTI 2006; ROSETTI EL AL 1989), que mesmo que não configure confinamento, tem grande importância na proteção as águas subterrâneas.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O estudo da vulnerabilidade intrínseca da água subterrânea do Distrito Industrial de Icoaraci (Belém-PA), mostra que cerca de 75% da área tem vulnerabilidade baixa e cerca de 23% apresenta vulnerabilidade média. Isto expressa que tal área apresenta condições favoráveis a destinação que lhe foi dada. Naturalmente, melhor seria que as áreas fossem de vulnerabilidade insignificante. Ainda assim, é preciso estar atento as áreas cuja vulnerabilidade é média.

Sabendo que o uso do método GOD se presta a identificação da vulnerabilidade em uma dimensão com pouco detalhamento, sugere-se que, especialmente as áreas de vulnerabilidade média, seja objeto de detalhamento por meio de aplicação de métodos mais sofisticados.

REFERÊNCIAS

1. FOSTER, S.; HIRATA, R. 1988. **Groundwater risk assessment, a methodology using available data.** Pan American Health Organization.
2. FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. Groundwater quality protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies. World Bank, GWMATE. Washington, 101 p. 2002.
3. ROSETTI, D. F. **EVOLUÇÃO SEDIMENTAR MIOCÊNICA NOS ESTADOS DO PARÁ E MARANHÃO.** INPE ePrint. v1 2006.
4. ROSSETTI, D.F., TRUCKENBRODT, W.; GÓES, A.M. **Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na região bragantina, nordeste do Pará.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi (Série Ciências da Terra), 1, p. 25-74, 1989.
5. SANTOS, A. C. B.; MENDES, R. L. R.; SILVA, G. N.; TAVARES, A. N. **VULNERABILIDADE DE AQUÍFEROS: UMA ANÁLISE DA APLI-CAÇÃO DO MÉTODO GOD COM A BASE DE DADOS SIAGAS.** Revista Águas Subterrâneas. III Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo. 2013.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Água potável 27, 35, 189, 264, 293, 302, 303, 325, 336, 350

Águas subterrâneas 25, 26, 27, 30, 33, 36, 37, 54, 111, 112, 113, 115, 117, 118, 120, 121, 123, 174, 179, 318, 319, 322, 323, 324, 326, 336, 361

Água subterrânea 25, 35, 36, 112, 117, 118, 119, 120, 161, 175, 318, 319, 324, 325, 377

Análises 25, 27, 28, 35, 37, 38, 41, 43, 45, 49, 50, 56, 91, 126, 140, 141, 158, 164, 267, 271, 301, 302, 320, 321, 322, 324, 360, 370, 373, 376, 379

B

Biogás 38, 39, 40, 46, 47, 48, 49, 90

Busca exaustiva 1, 3, 4, 7, 20, 22, 23

C

Conservação 159, 161, 162, 163, 164, 171, 178, 179, 259, 264, 274, 275, 276, 277, 279, 280, 281, 283, 284, 287, 292, 303, 338, 342

D

Degradação dos solos 122

Desenvolvimento web 76, 78

Desperdício de água 293, 303

Destilador 293, 295, 296, 298, 301, 302

Digestor anaeróbio 38, 40, 43, 49

E

Educação ambiental 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 284, 290, 291, 292, 304, 338, 340, 342, 344, 345, 347, 348

Eficiência hídrica 293, 294

Erosão hídrica 122, 123, 124, 126, 129, 135

Erosão urbana 122

F

Fiscalização 140, 145, 146, 147, 148, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 261, 263, 264, 383

Fiscalização direta 145

Fiscalização indireta 145

G

Gestão da manutenção 136, 137, 138, 139, 143, 144

God 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121

H

Hidráulica de canais 76, 77, 78, 79, 85

I

Indicadores 100, 140, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 160, 176, 181, 241, 246, 292, 358
Inibição da atividade microbiana 38

L

Lodo físico-químico 38, 41, 42, 43, 47, 48

M

Manutenção evolutiva 136

Manutenção preventiva 136, 330, 335

Medidores estáticos 180, 181, 184, 189

Meio ambiente 75, 111, 116, 122, 123, 228, 229, 233, 235, 236, 237, 263, 264, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 281, 283, 284, 285, 289, 290, 291, 292, 293, 296, 303, 304, 326, 338, 339, 342, 344, 345, 347, 362, 382, 383

O

Otimização 1, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 23, 38, 40, 147, 161, 162, 163, 212, 213, 239, 240, 247, 249, 256, 259

P

Planejamento 111, 125, 137, 139, 140, 143, 145, 146, 147, 155, 162, 228, 229, 230, 231, 236, 237, 246, 289, 305, 306, 308, 310, 315, 317, 326, 349, 351, 355, 356, 383

Poço artesiano 25, 27, 28, 29, 30, 31, 35

Q

Qualidade da água 25, 27, 30, 35, 36, 37, 74, 197, 296, 301, 302, 303, 318, 319, 325, 326, 364, 372

R

Redes de distribuição de água 1, 2, 4

Reuso de água 178, 247, 293

S

Submedição 100, 180, 181, 185, 187

Sulfato de alumínio 38, 41, 46, 47, 49, 50, 380

Sustentabilidade 111, 123, 162, 163, 179, 205, 206, 211, 235, 236, 274, 275, 277, 280, 285, 292, 296, 303, 304, 338, 351, 383

T

Tecnologia 22, 35, 37, 51, 52, 74, 76, 96, 98, 109, 168, 179, 180, 182, 188, 189, 212, 227, 238, 247, 259, 274, 299, 305, 308, 313, 316, 326, 360

V

Viabilidade 8, 161, 180, 181, 186, 187, 188, 189, 235, 261, 296

Vulnerabilidade 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 125, 181

 **Atena**
Editora

2 0 2 0