

TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO E ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2020

TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO E ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2020

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

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de 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
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 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^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. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
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 Andrezza 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. 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
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
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 Alborno – 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. Lillian 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. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
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. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

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

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

Tratamento de água de abastecimento e águas residuárias

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T776 Tratamento de água de abastecimento e águas residuárias /
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. –
Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-631-7

DOI 10.22533/at.ed.317202511

1. Água. 2. Águas residuais. 3. Purificação. 4.
Tratamento biológico. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da
Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628.35

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.

APRESENTAÇÃO

A coleção “Tratamento de Água de Abastecimento e Águas Residuárias” é uma obra constituída por nove trabalhos em forma de capítulos visando promover a apresentação e discussão científica de forma intra e interdisciplinar, que convergem para uma mesma problemática: a crescente preocupação com a qualidade dos recursos hídricos, bem como os fatores que podem afetar de forma negativa a sua disponibilidade e qualidade para fins de potáveis.

Esta coleção apresenta estudos que investigaram: (i) fatores que afetam índices pluviométricos e capacidade de absorção e escoamento de águas residuárias; (ii) qualidade e propriedades organolépticas de corpos hídricos; (iii) parâmetros físico-químicos e biológicos de águas para fins potáveis; (iv) capacidade de percepção de moradores de municípios em relação a conscientização do uso racional de água; (v) qualidade e diversidade de esgoto residenciais e os conseqüentes impactos gerados ao solo, corpos receptores, biota aquática e ao ser humano; (vi) alternativas de baixo custo para construção de sistemas alternativos de tratamento de águas cinzas (provenientes de limpeza de objetos e higienização pessoal) e águas negras (originárias de vasos sanitárias, rica em matéria orgânica) e (vii) proposta de produção de sabão, ecologicamente correto, a partir de gorduras e óleos provenientes de efluentes de laticínios.

Estes temas possibilitarão ao leitor adquirir uma visão mais sistêmica da importância para uma conscientização ambiental que leve a adoção de comportamentos e ações que estimule, de forma voluntária, ao uso consciente e racional dos recursos hídricos e a execução de ações que minimizem a poluição de forma direta ou indiretamente de corpos aquáticos, garantindo uma melhor qualidade de vida e bem estar da atual e futura sociedade, bem como a preservação de outras espécies de seres vivos.

Diante disso, a coleção “Tratamento de Água de Abastecimento e Águas Residuárias” distribuída em nove trabalhos de grande relevância e que foram selecionadas de forma criteriosa, visando colaborar e possibilitar o entendimento e a reflexão para a mudança de atitudes e atos que além de impactar menos, possibilite recuperar e preservar os recursos hídricos e todo o meio ambiente.

Neste sentido e com o intuito de colaborar para a disseminação destas e de outras informações que leve ao despertar para uma relação mais harmônica entre o homem e o meio ambiente, a Atena Editora possui condições e estrutura que possibilite o acesso por meio de uma plataforma consolidada e confiável tanto para os pesquisadores que se dedicaram com afinco aos trabalhos que compõem a presente obra, quanto àqueles que vierem a oferecer futuras contribuições científicas que auxiliem a sociedade para uma maior conscientização ambiental.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

MODELAGEM DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO- PE

Gabriela Isabel Limoeiro Alves Nascimento
Filipe Mendonça de Lima
Ana Luíza Xavier Cunha
Moacyr Cunha Filho
Guilherme Rocha Moreira
Renisson Neponuceno de Araújo Filho
Dâmocles Aurélio Nascimento da Silva Alves
Victor Casimiro Piscocoya
Jucarlos Rufino de Freitas
Denise Stéphanie de Almeida Ferreira
Maria Marciele de Lima Silva
Natália Moraes Cordeiro

DOI 10.22533/at.ed.3172025111

CAPÍTULO 2..... 16

EQUAÇÕES MENSAIS DE ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO DE INTENSIDADE MÁXIMA PARA O MUNICÍPIO DE SOROCABA-SP

José Carlos Ferreira
Maria do Carmo Vara Lopes Orsi
Orlando Homen de Mello
Anderson Luiz de Souza
Mauro Tomazela
Larissa Zink Carneiro Meira Bergamaschi

DOI 10.22533/at.ed.3172025112

CAPÍTULO 3..... 34

ANÁLISE PRELIMINAR DOS IMPACTOS DE ORDEM SANITÁRIA E AMBIENTAL NO ENTORNO DO LAGO MAPIRI

Luane Priscila Gato Lopes
Raquel Ester Campés Pereira
Rayan Picanço de Campos
Wanderson dos Santos Monteiro

DOI 10.22533/at.ed.3172025113

CAPÍTULO 4..... 43

APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DA SALINIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE PERNAMBUCO

Isis Guimarães Moreira
Ludmilla de Oliveira Calado
Gabriela Isabel Limoeiro Alves Nascimento
Douglas Wilson Silva Santana

DOI 10.22533/at.ed.3172025114

CAPÍTULO 5..... 57

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NA CIDADE DE ITABUNA-BAHIA DURANTE A CRISE HÍDRICA DE 2015 E 2016

Geovana Brito Guimarães
José Wildes Barbosa dos Santos
Raildo Mota de Jesus
Fábio Alan Carqueija Amorim

DOI 10.22533/at.ed.3172025115

CAPÍTULO 6..... 71

DIAGNÓSTICO E PROPOSTA DE MELHORIA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO SUL DO RIO GRANDE DO SUL

Henrique Sanchez Franz
Marlon Heitor Kunst Valentini
Gabriel Borges dos Santos
Bárbara Lima Corrêa
Maicon Moraes Santiago
Danielle A. Bressiani
Bruno Müller Vieira
Claudia Fernanda Lemons e Silva
Rubia Flores Romani

DOI 10.22533/at.ed.3172025116

CAPÍTULO 7..... 86

OPINIÃO PÚBLICA RELACIONADA AO CONSUMO DE ÁGUA EM BAIROS COM E SEM A INSTALAÇÃO DE HIDRÔMETROS (RESIDENCIAL SALVAÇÃO E BAIRRO ALDEIA)

Arícia Jaiane Carvalho Dantas
João Otávio dos Santos
Josiane de Almeida Lima
Juane Maria Sousa Ferreira
Luane Priscila Gato Lopes
Brunna Lucena Cariello

DOI 10.22533/at.ed.3172025117

CAPÍTULO 8..... 93

TRATAMENTO DE ÁGUAS NEGRAS PELO TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Jhadme Henrique Gonçalves Domingues
Láisa Costa Scherer
Francisca da Silva Sousa
Luís Antonio Fonseca Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.3172025118

CAPÍTULO 9..... 102

UMA ATIVIDADE SUSTENTÁVEL: PRODUÇÃO DE SABÃO A PARTIR DA GORDURA GERADA NO PROCESSO PRODUTIVO DE UM LATICÍNIO

Igor Duarte Rosa Lima

DOI 10.22533/at.ed.3172025119

SOBRE O ORGANIZADOR.....	116
ÍNDICE REMISSIVO.....	117

APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DA SALINIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE PERNAMBUCO

Data de aceite: 23/11/2020

Data de submissão: 02/09/2020

Isis Guimarães Moreira

Superintendência do Desenvolvimento do
Nordeste - Sudene
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/3941468718143287>

Ludmilla de Oliveira Calado

Superintendência do Desenvolvimento do
Nordeste - Sudene
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/2568329190188552>

Gabriela Isabel Limoeiro Alves Nascimento

Superintendência do Desenvolvimento do
Nordeste - Sudene
Doutoranda do Programa de Pós Graduação
em Biometria e Estatística Aplicada - UFRPE
Recife - PE
<https://orcid.org/0000-0001-7565-7873>

Douglas Wilson Silva Santana

Graduando em Geografia, UFPE
Recife - PE
<http://lattes.cnpq.br/2475852155409757>

RESUMO: No Semiárido Brasileiro a indisponibilidade de água nos corpos superficiais para suprir a demanda da região provoca a busca pela maximização das fontes hídricas, e como uma das alternativas está o uso da água subterrânea. No entanto, uma das principais características desta fonte hídrica nesta região

é a salinidade. Considerando que o consumo de água com grande presença de sais pode trazer impactos à saúde humana e animal, ao solo, limitar o crescimento de algumas culturas e ainda provocar danos a equipamentos hidráulicos o que pode ser prejudicial em plantas industriais, é possível analisar o grau e a distribuição da salinidade no estado de Pernambuco a fim de subsidiar a tomada de decisão aos gestores na implementação de políticas públicas na região. A base de dados utilizada foi do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS, gerido pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM. A concepção do mapa de salinidade das águas subterrâneas Pernambuco foi realizada a partir da análise de dados sobre a condutividade elétrica de 10.692 poços no território, dividido pelas mesorregiões. A interpolação utilizada foi o Inverso da Distância Ponderada (IDW). A análise do grau de salinidade do estado de Pernambuco permitiu notar que existe uma convergência entre as manchas de salinidade e as delimitações das mesorregiões. Neste sentido, identificou-se duas mesorregiões com importante concentração de núcleos super salinos, o Agreste Pernambucano e a mesorregião do São Francisco. Esta análise indica que esses territórios podem ser considerados prioritários na implementação das políticas públicas de acesso à água principalmente pelo potencial impacto provocado na saúde humana e nas limitações para o uso na agricultura.

PALAVRAS-CHAVE: Semiárido, águas subterrâneas, salinidade, geotecnologias

APPLICATION OF GEOTECHNOLOGIES IN THE ANALYSIS OF SALINITY OF GROUNDWATER IN THE STATE OF PERNAMBUCO

ABSTRACT: In the semiarid region Northeast Brazil the unavailability of water to supply the demand of the region causes the search for the maximization of the water sources, and as one of the alternatives is the use of groundwater. However, one of the main characteristics of this water source is salinity. Considering that the consumption of water with a high presence of salts can have an impact on human and animal health, limit the growth of some plants and also damage hydraulic equipment, which can be harmful in industrial plants, it is possible to analyze the distribution of salinity in the state of Pernambuco in order to subsidize decision-making for managers in the implementation of public policies in the region. The database used was from the Groundwater Information System - SIAGAS, managed by the Geological Survey of Brazil - CPRM. The Pernambuco groundwater salinity map was carried out from the SIAGAS data analysis, provided by the CPRM, at this point were analyzed data of the electrical conductivity of 10.692 wells divided by the mesoregions. The interpolation used was the Weighted Distance Inverse (IDW). The analysis of the salinity degree of the state of Pernambuco showed that there is a convergence between the salinity spots and the delimitations of the mesoregions. In this sense, we identified two mesoregions with an important concentration of super saline nuclei, the Agreste Pernambucano and the São Francisco mesoregion. This analysis indicates that these territories can be considered a priority in the implementation of public policies for access to water, mainly because of the potential impact on human health and the limitations for use in agriculture.

KEYWORDS: Semiarid, groundwater, salinity, geotechnology.

1 | INTRODUÇÃO

No semiárido a indisponibilidade de água nos corpos superficiais para suprir a demanda da região provoca a busca pela ampliação na oferta das fontes hídricas, sendo que uma das alternativas é o uso da água subterrânea. No entanto, na região, uma das principais características desta fonte hídrica é a salinidade. O consumo de água com grande presença de sais pode trazer impactos à saúde humana e animal, ao solo, limitar o crescimento de algumas culturas e ainda provocar danos a equipamentos hidráulicos podendo ser prejudicial em plantas industriais.

No intuito de subsidiar as tomadas de decisão nas ações públicas para ampliação da oferta hídrica considerando o melhor uso de acordo com as características do corpo hídrico subterrâneo, faz-se necessário analisar as informações disponíveis de qualidade da água. Nesse aspecto, o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS, gerido pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM é fonte que reúne dados sobre os poços de todo o Brasil. Dentro dessa perspectiva, as ferramentas de geotecnologias foram utilizadas para fornecer dados espaciais que auxiliem na eficiência da aplicação dos recursos públicos.

Por fim, o objetivo deste trabalho é analisar como se comporta a distribuição de salinidade das águas subterrâneas no estado de Pernambuco com uso de geotecnologias.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Pernambuco está situado ao leste da região Nordeste do país, possui clima tropical, com médias pluviométricas anuais que ultrapassam os 2.000 mm e tem uma extensa variedade altimétrica e climática. Dessa forma, pela extensão dos 98.067,881 km² (IBGE, 2019) encontram-se locais que podem chegar até mil metros, com mudanças de clima, variando de tropical úmido a semiárido. Percorrendo um trajeto partindo do litoral em direção ao oeste, à medida que se avança para o interior, a altitude tende a aumentar devido a deformidade do relevo, passando pelos tabuleiros costeiros em Goiana, microrregião da zona da mata, em seguida o agreste, onde se encontra já o planalto da Borborema com feições erodidas e maciços residuais, como, serras e brejos. Após isso, ocorre a então depressão sertaneja, onde está situado o sertão com forte índice climático quente e alta evapotranspiração.

O estado tem uma população aproximada de 9 milhões de habitantes, distribuídos em 185 municípios com cinco mesorregiões denominadas Sertão, São Francisco Pernambucano, Agreste, Zona da Mata e Região Metropolitana (Figura 1), e apenas as duas últimas não se encontram no Semiárido. Segundo as resoluções do Conselho Deliberativo da Sudene de nº 107, de 27/07/2017 e de nº 115, de 23/11/2017 a delimitação do semiárido leva em consideração três critérios: precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800mm; índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50; percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano.

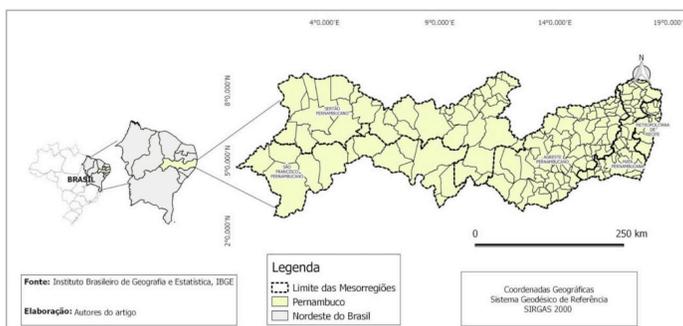


Figura 1: Mapa da área de estudo.

Fonte: Autores.

O Plano Nacional de Segurança Hídrica, lançado em 2019, indica, sobre o viés da segurança hídrica, que o território possui em risco de desabastecimento 81% da sua população urbana, 91% da produção agropecuária e 91 % da produção industrial. Adicionado a isso, o Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco realizou auditoria especial para avaliar o acesso e a qualidade de abastecimento hídrico da região identificou que Pernambuco era o estado com mais sedes municipais em situação crítica devido à insuficiência da oferta de água, particularmente na região agreste.

Nessa perspectiva, a água subterrânea é amplamente usada como alternativa de abastecimento porém o seu uso pode ser prejudicado pelas características físico-químicas do corpo hídrico. A qualidade da água subterrânea varia naturalmente devido às características hidrogeológicas, hidrogeoquímicas, apresentando variados compostos químicos decorrentes do processo de dissolução, que estão associados ao uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica (TUNDISI e MATSUMARA, 2008).

Segundo o IBGE (2009), em Pernambuco, a geologia está classificada em grande parte das eras paleoproterozoica, neoproterozoica e cenozoica. Conforme observado na Figura 2, a classificação paleoproterozóica confere as rochas uma textura gnáissica de origem magmática e/ou sedimentar de médio grau metamórfico e rochas graníticas desenvolvidas durante a separação dos continentes americano e africano pela dorsal meso atlântica (IBGE, 2009). Além do impacto na qualidade do corpo hídrico, o material também tem efeito no armazenamento da água: enquanto que no paleoproterozóico apresentam rochas duras, de difícil penetração e maior escoamento superficial, no neoproterozóico e cenozóico as rochas apresentam sedimentos da erosão diferencial da plataforma da Borborema, tendo baixo grau de metamorfismo, geralmente mais finos e moles, arenoso e argilosos, compactados pela deposição, dando margem para um maior potencial de armazenamento de água em subterrâneo.

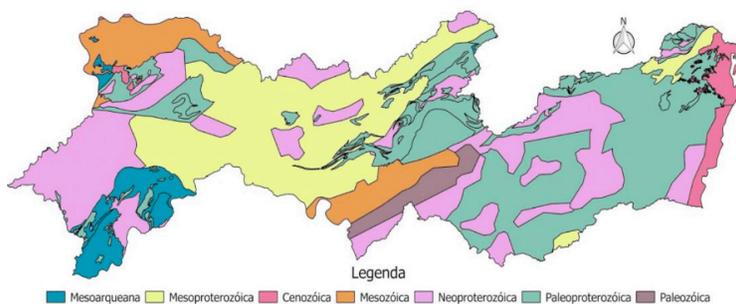


Figura 2: Mapa geológico de Pernambuco.

Fonte: IBGE, 2010. Elaboração: Autores.

A drenagem tem um papel importante no condicionamento da salinidade no solo, drenagens imperfeitas, devido a existência de poucos horizontes e camadas próximas a superfícies, não transportam de forma eficiência os sais solúveis presentes no solo (PEDROTTI, A *et al.*, 2015). Isso pode se agravar, levando à salinização dos solos, caso a região possua um baixo índice pluviométrico associado à alta evapotranspiração amplificando a concentração de sais no aquífero AYERS & WESTCOT (1985) e WANDERLEY (2009) citado por PEDROTTI, A *et al* (2015). É o caso das mesorregiões Agreste e Sertão Pernambucano, que por possuírem características físico-climáticas do árido e semiárido, dificilmente os solos dessas áreas sofrem lixiviação, o que ocasiona a retenção de grande quantidade de sais solúveis.

O corpo hídrico subterrâneo também pode sofrer contaminações antrópicas causadas pelo uso inadequado do solo (infiltração de agrotóxicos, lixiviados de lixões, contaminação de compostos hidrocarbonetos de petróleo provenientes de postos de combustíveis...) e influência da intrusão salina. Essas características, associadas ao uso e ocupação do solo, são contribuidoras para a degradação da qualidade de água, afetando o seu uso para as atividades humanas (RIBEIRO *et al.*, 2003; MUNNS, 2012).

A presença de sais na água pode trazer impactos à saúde humana e animal, ao solo, limitar o crescimento de algumas culturas e provocar danos a equipamentos hidráulicos o que pode ser prejudicial em algumas plantas industriais.

2.1 Poços Subterrâneos no estado de Pernambuco

A gestão ambiental das águas subterrâneas é realizada em sistema, ou seja, a atuação de todos os atores (órgãos federais, estaduais, municipais, comitês de bacia e usuários de recursos hídricos) é organizada em rede e de forma integrada. Neste contexto o SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas desenvolvido e mantido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) reúne, de forma permanentemente atualizada, a base de dados de poços subterrâneos do Brasil. Os dados a seguir são de informações atualizadas até maio de 2019. A responsabilidade dos dados informados sobre a análise da qualidade de água é dos estados, em Pernambuco, à gestão das águas fica à cargo dos órgãos da Secretaria Executiva de Recursos Hídricos, Agência Pernambucana de Águas e Clima e Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH.

2.2 A salinidade da água, Condutividade elétrica e Impactos

A resolução CONAMA nº 396/2008 define os valores máximos permitidos dos parâmetros de maior ocorrência nas águas subterrâneas, determina ainda a classificação da qualidade da água subterrânea por tipo de uso e orienta, em seu art. 13, que os órgãos ambientais devem monitorar dados sobre pH, turbidez,

condutividade elétrica e medição de nível de água, com frequência no mínimo semestral.

A condutividade elétrica mede o fluxo de corrente elétrica na água que varia proporcionalmente segundo a concentração total de sais dissolvidos (cloretos, sulfatos, nitratos, sódio, magnésio, alumínio, ferro, cálcio entre outros). Portanto é possível definir uma correlação entre os sólidos dissolvidos totais e condutividade elétrica.

Determinar diretamente a salinidade de um corpo hídrico em geral possui um custo elevado pois é necessário realizar uma análise química completa para identificar a concentração de todos os sais presente (APHA, 2005). Portanto, a condutividade elétrica é um parâmetro usual para a identificação indireta da totalidade de sais na água devido à facilidade de medição e o baixo custo associado, podendo ser feita *in loco* por um equipamento portátil.

Apesar de não haver normatização na Resolução Conama que define um fator entre condutividade elétrica e salinidade, à bibliografia traz algumas estimativas correlacionais, Feitosa e Diniz (2011) consideram que: condutividade menor que $1.000 \mu S/cm$ é considerada doce, entre 1.000 e $2.500 \mu S/cm$, considera-se salobra, e por último, acima de $2.500 \mu S/cm$ é considerada salgada.

Não há indicação na Portaria Interministerial de um VMP para condutividade elétrica, contudo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2011) define como limite estabelecido para o consumo humano um valor de condutividade elétrica de $800 \mu S/cm$ (NEVES *et al*, 2017).

De acordo com Ayers & Westcot (1985), as águas de condutividade elétrica acima de $700 \mu S/cm$ já apresentam moderado potencial de salinização do solo quando usadas na irrigação. A presença de sais na água ou solo é fator restritivo para muitas culturas. É comum observar a inibição do crescimento, à perda de peso seco e a descoloração foliar devido à redução da habilidade de absorção da água (HOLANDA *et al*, 2011), em casos extremos pode levar a perda total. A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura-FAO, no documento *Water Quality for agriculture* define o grau de risco para o uso de água para irrigação considerando à salinidade: nenhum risco, quando a condutividade elétrica é menor que $700 \mu S/cm$; leve a moderado, na faixa entre 700 a $3.000 \mu S/cm$ e severo para condutividade superior a $3.000 \mu S/cm$.

Na publicação Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas elaborada pelo INSA em 2012 são identificadas as culturas e sua tolerância quanto ao nível de salinidade presente na água de acordo com a condutividade elétrica. Culturas como cebola, cenoura, feijão são sensíveis quanto à presença de sais $1.000 \mu S/cm$, e culturas como algodão e cevada possuem alta tolerância à salinidade de 7.000 a $8.000 \mu S/cm$. Somado a este fato, o uso contínuo de água utilizada na irrigação com

média e alta salinidade tende a gerar acúmulo de sais no solo e provocar o processo de salinização dos solos, principalmente quando o solo apresentar características argilosas com menor capacidade de drenagem, podendo tornar o solo salino em poucos anos (INSA, 2012).

Na indústria, a água com elevados teores de sais pode provocar corrosão nos equipamentos (SOUZA, 2010) exigindo manutenções e trocas com maior frequência. Esse fato pode limitar à implantação de unidades industriais em locais caso as fontes hídricas disponíveis tenham alta carga salina. A NBR 15900 que dispõe sobre os requisitos para água de amassamento do concreto orienta que as águas de fontes subterrâneas necessitam de ensaio químico, e que águas salobras não são indicadas para a preparação de concreto armado ou protendido, podendo ser utilizada apenas para concreto não armado, e ainda determina os teores máximos de cloretos e sulfatos (ABNT, 2009).

2.3 Geotecnologias e Técnicas de Interpolação

As geotecnologias têm ganhado destaque em análise com grandes volumes de dados e informações que através de ferramentas espaciais que dão precisão e praticidade necessárias às tomadas de decisão. O uso dos Sistemas de Informações Geográficas, associando a informação vetorial e matricial aos bancos de dados tabulares, em ambiente georreferenciado adequado à visualização e manejo das análises, permite a extração de novas informações a partir de dados originais, fazendo uso de recursos estatísticos e técnicas matemáticas.

Neste contexto, de acordo com Silva (2007), o uso de interpolações torna possível a estimativa de valores desconhecidos de uma função a partir de valores conhecidos da mesma função. Existe uma variedade de interpoladores disponíveis ao uso em *softwares* de geoinformação, tais como a Krigagem, Inverso da Distância Ponderada (IDW) e Redes de Triangulação Irregular (TIN), onde cada método possui uma particularidade singular. Para este trabalho utilizou-se o método do IDW o qual consiste em atribuir o peso maior ao ponto mais próximo, diminuindo o peso a medida em que a distância aumenta em função de um coeficiente de potência (α). A sua formulação matemática pode ser descrita da seguinte forma:

$$\hat{Z}(x) = \frac{\sum_{i=1}^n Z(x_i) \frac{1}{d_{ij}^\alpha}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_{ij}^\alpha}}$$

em que z representa os valores estimados, x o número de amostras, x_i os valores conhecidos, d_{ij} a distância entre os pontos i e j .

2.4 Concepção do Mapa de Salinidade

A concepção do mapa de salinidade das águas subterrâneas de Pernambuco

foi realizada a partir da análise de dados dos poços do SIAGAS, fornecido pela CPRM. As informações estavam em formato tabular e continham dados de localização em coordenadas (geográficas e planas) dos poços cadastrados, condutividade elétrica, dentre outros relacionados à qualidade da água. Utilizando o *software* Qgis 2.18 La Palmas, foram plotados os 30 mil poços que se localizavam em Pernambuco e selecionados apenas os que possuíam dados consolidados de condutividade elétrica. Aplicou-se a ferramenta de interpolação pelo método IDW considerando o recorte da área territorial de Pernambuco. Foram inseridos os valores de comparação entre condutividade elétrica e salinidade e definiu-se como faixas de amostragem os seguintes intervalos em ($\mu S/cm$): Doce na faixa 0 I---- 500, na cor azul; Doce na faixa entre 500 I---1.000, em verde escuro; Salobra entre 1.000 I---- 1.800, em verde claro; Salobra entre 1.800 I--- 2.500, na cor laranja claro; Salgada na faixa entre 2.500 I--- 5.000, em laranja escuro e Super salina valores entre 5.000 I --- 10.000, na cor vermelha.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os poços cadastrados no SIAGAS em Pernambuco totalizam 30.795 poços tubulares, dos quais 26,52% estão bombeando ou equipados. Neste conjunto de dados, a maioria (56,37%) não tem informações disponíveis, além disso, foram utilizados, para determinar a salinidade, apenas os que continham informação sobre a condutividade elétrica, ou seja 10.692 poços (Tabela 1). Sobre o período da coleta e das análises de água para a condutividade elétrica, os dados correspondem ao período de 1959 a 2013. Destaca-se que os dados de condutividade elétrica possuem diferentes datas de coleta e portanto não possuem a mesma condição temporal, visto que em outros trabalhos é estudada a variação na condutividade elétrica nos aquíferos subterrâneos de acordo com a sazonalidade das chuvas (ANDRADE *et al*, 2012).

Situação	Quantidade geral	Percentual geral	Poços com informações de condutividade	Percentual das informações de condutividade
Sem funcionamento	3.705	12,03%	1.062	9,93%
Bombeando/Equipado	8.166	26,52%	6.491	60,71%
Poço RIMAS com medidor automático de nível	13	0,04%	13	0,12%
Não Instalado	1.552	5,04%	1.058	9,90%
Sem informação	17.359	56,37%	2.068	19,34%
Total	30.795	100%	10.692	100%

Tabela 1. Quantitativo dos poços segundo a situação, no estado de Pernambuco.

Fonte: Base de Dados SIAGAS - CPRM. Elaboração: Próprio autor.

A Figura 3 apresenta a distribuição espacial dos poços no estado de acordo com sua situação. Para tal, agruparam-se alguns grupos, considera-se “sem funcionamento” os poços que foram classificados como abandonado, colmatado, fechado, não utilizável, obstruído, precário ou seco. O grupo “Bombeando/Equipado” representa os poços que estão equipados e/ou bombeando, e “Poços Rimas com medidor automático de nível” são poços de monitoramento da qualidade de água instalados pela CPRM que não possui a função de explorar água.

A classificação de “Sem informação” representada pelo ponto cinza no mapa, possui a maior quantidade, embora essa informação não é de tanta ajuda para a pesquisa, ainda sim, tem seu valor e demonstra a necessidade do cadastramento e listamento das informações de poços. Em seguida, “Equipado” que representa os poços que estão equipados e/ou bombeando, ocupa a segunda categoria de maior valor, observou-se que ao nordeste do sertão pernambucano há um maior adensamento dos poços em funcionamento do que as demais localizações do território.

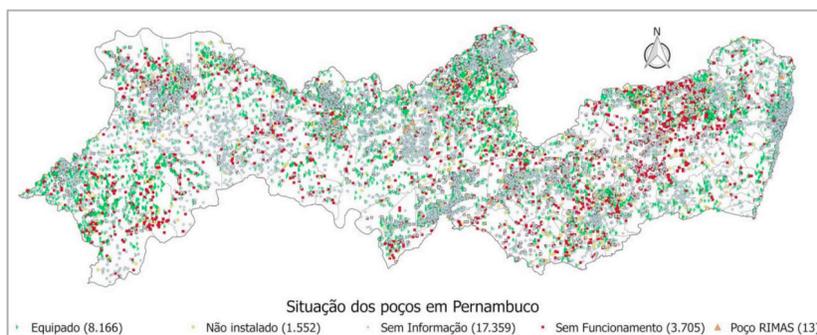


Figura 3: Distribuição espacial de todos os poços em Pernambuco, segundo a situação.

Fonte: Base de Dados SIAGAS - CPRM. Elaboração: Próprio autor.

As principais estatísticas descritivas da condutividade elétrica de acordo com a situação dos poços estaduais são apresentados na Tabela 2. Os Poços RIMAS com medidor automático de nível apresentam os menores valores de condutividade elétrica e o grau de salinidade em todos os casos estão na faixa considerada água doce.

Situação	Mínimo ($\mu\text{S} / \text{cm}$)	Média ($\mu\text{S} / \text{cm}$)	Máximo ($\mu\text{S} / \text{cm}$)	Desvio-padrão ($\mu\text{S} / \text{cm}$)
Sem funcionamento	0,0	3855,8	42.000,0	5594,4
Bombeando/Equipado	0,0	2307,5	39.600,0	3380,7
Poço RIMAS com medidor automático de nível	75,7	310,2	625,6	195,4
Não Instalado	0,0	3448,5	31.300,0	4750,1
Sem informação	0,0	681,4	73.945,0	2421,3

Tabela 2. Estatísticas descritivas da condutividade elétrica segundo a situação dos poços, no estado de Pernambuco.

Fonte: Base de Dados SIAGAS - CPRM. Elaboração: Próprio autor.

Na Figura 4, estão distribuídos os 10.692 poços que possuem o critério de condutividade elétrica no estado de Pernambuco, dividido pelas mesorregiões. Tal mapa de localização de poços relaciona-se com a Figura 4, a qual demonstra a interpolação IDW, realizada a partir dos valores de condutividade desses poços como parâmetro para análise de salinidade.

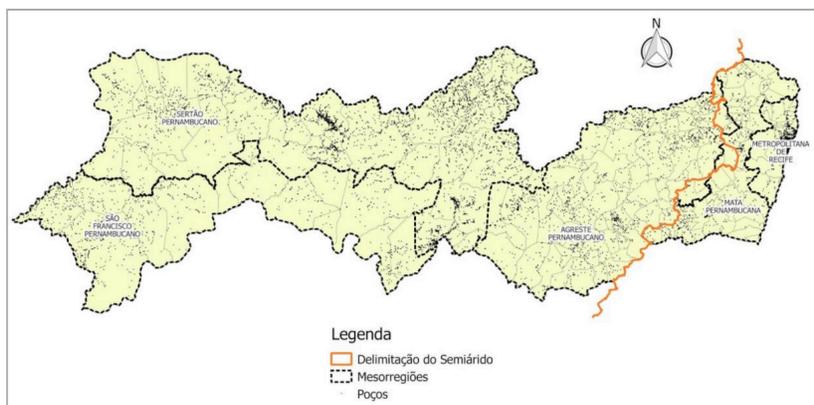


Figura 4: Distribuição espacial dos poços em Pernambuco com informações de condutividade elétrica.

Fonte: Base de Dados SIAGAS - CPRM. Elaboração: Próprio autor.

Com a interpolação dos dados, foram identificadas fortes manchas de salinidade, que em uma primeira análise coincidiram com as mesorregiões do Agreste, São Francisco Pernambucano e parcialmente o Sertão Pernambucano, que fazem parte do semiárido Pernambucano. Ademais, verificou-se que as manchas de salinidade são intensas em localidades conhecidas pelo grande déficit hídrico, como o caso do Agreste, onde a mancha encaixa quase que em sua totalidade por toda

essa mesorregião. Isto pode ocorrer devido ao alto índice de evapotranspiração, baixa pluviosidade e solos pouco profundos, característicos dessa região situada já no início da plataforma Borborema. Composta de estrutura cristalina, a citada área também é determinada pelo baixo armazenamento de água e alta salinidade advinda dos minerais.

Já na Região Metropolitana e Mata Pernambucana, de acordo com o mapa da Figura 5, apresentam índices de condutividade elétrica que indicam uma concentração maior de água doce. A estrutura geológica dessas localidades é em sua grande maioria sedimentar, sendo dessa forma, potencial ao armazenamento de água e de difícil probabilidade à salinidade. Além disto, essas áreas possuem alto índice de pluviosidade, sendo este fator preponderante na influência do ciclo da água e manutenção da disponibilidade da mesma em nível subterrâneo. Os fatores supracitados são alguns dos condicionantes para a salinidade, uma vez que o fator antrópico possui grande impacto nesse aspecto, como a má gestão da irrigação; descarte de resíduos sólidos, dentre outros.

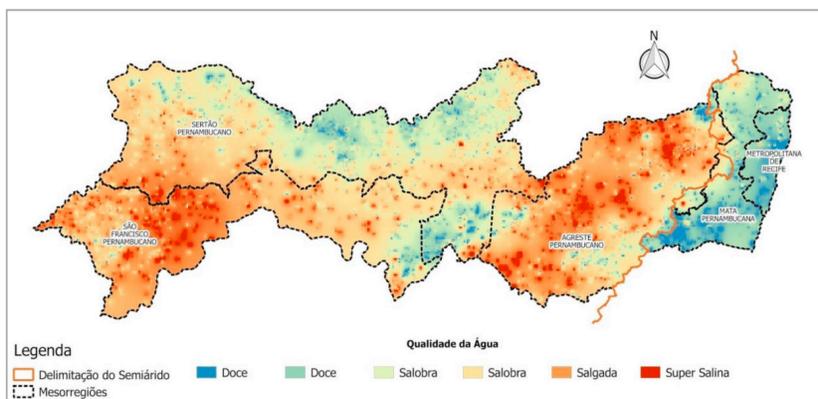


Figura 5: Mapa da condutividade elétrica dos poços obtido pela interpolação IDW.

Fonte: Base de Dados SIAGAS - CPRM. Elaboração: Próprio autor.

Em complementaridade a interpolação das informações, a Figura 6 demonstra a distribuição da condutividade elétrica segundo a mesorregião de Pernambuco. O Agreste e São Francisco foram as mesorregiões com maior dispersão da condutividade e com poços com alto grau de salinidade. De forma semelhante, ocorreu no Sertão com a diferença de menor dispersão entre os valores.

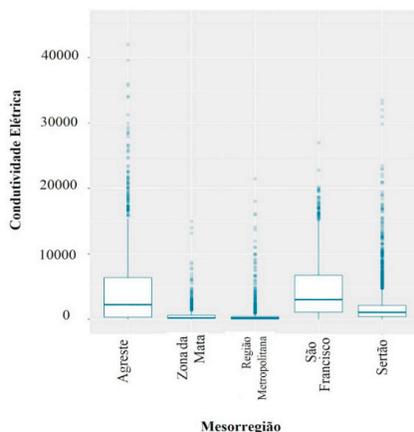


Figura 6: Condutividade elétrica dos poços segundo as mesorregiões do estado de Pernambuco.

Fonte: Base de Dados SIAGAS - CPRM. Elaboração: Próprio autor.

4 | CONCLUSÕES

Partindo do uso de ferramentas espaciais de geotecnologia, foi possível extrair informações relevantes quanto a perspectiva de uso dos recursos naturais em Pernambuco. A análise em ambiente georreferenciado possibilitou que camadas temáticas fossem cruzadas, como a geologia, mesorregiões e interpolação de poços, contribuindo de forma eficaz e eficiente na identificação de atributos territoriais, essenciais à tomada de decisão.

A interpolação dos dados de condutividade elétrica permitiu que fosse analisado o grau de salinidade do estado de Pernambuco, notando assim a existência de uma convergência entre as manchas de salinidade e as delimitações das mesorregiões. Neste sentido, identificou-se duas mesorregiões com importante concentração de núcleos super salinos: o Agreste Pernambucano e São Francisco. Este estudo indica que esses territórios podem ser considerados prioritários na análise de implementação das políticas públicas de acesso à água, principalmente pelo potencial impacto provocado na saúde humana e nas limitações para o uso na agricultura.

Possíveis complementações para este trabalho podem ser efetuados, como da comparação dos métodos de interpolação e uso de diferentes geotecnologias e estatísticas. Além disto, a elaboração de análises espaciais do grau de salinidade em conjunto com outras fontes hídricas superficiais (como por exemplo, rios e barragens) podem ampliar a interpretação sobre os diferentes tipos de uso desta região. Complementarmente, estudos associados à políticas públicas existentes e

a serem implementadas podem auxiliar a ampliação da segurança hídrica, como suporte aos diversos sistemas já existentes atualmente, tais como dessalinizadores, cisternas, adutoras e o projeto de Integração do Rio São Francisco.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CPRM pelo fornecimento dos dados e à Sudene.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 15900-1:2009; **Água para amassamento do concreto** Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

APHA. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**, 21a. ed., AWWA – WEF: Denver. 2005.

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Plano Nacional de Segurança Hídrica** / Agência Nacional de Águas. – Brasília : ANA, 2019.

ANDRADE *et al.* Variabilidade espaço-temporal da condutividade elétrica da água subterrânea na região semiárida de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. v.16, n.5, p.496–504, 2012.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture**. Irrigation and Drainage Paper, 29, Rev. 1. ISBN 92-5-102263-1, Roma: FAO, 1985.

BRASIL. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008 - Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Brasília - DF.

BRASIL. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Ministério da Saúde. Brasília - DF.

CONDEL. RESOLUÇÃO N ° 107/2017. Estabelece critérios técnicos e científicos para delimitação do Semiárido Brasileiro e procedimentos para revisão de sua abrangência. Recife, 27 de julho de 2017. Disponível em: <<http://sudene.gov.br/images/2017/arquivos/Resolucao-107-2017.pdf>>, acessado em 30 de agosto de 2020.

CONDEL. RESOLUÇÃO N ° 115/2017. Aprova a Proposição nº 113/2017, que acrescenta municípios a relação aprovada pela Resolução CONDEL nº 107, e 27 de julho de 2017. Fortaleza, 23 de novembro de 2017. Disponível em: < <http://sudene.gov.br/images/arquivos/conselhodeliberativo/resolucoes/resolucao115-23112017-delimitacaodosemiario.pdf>>, acessado em 30 de agosto de 2020.

FEITOSA, F. A. C.; DINIZ, A. O. **Água subterrânea no cristalino da região semiárida brasileira. II Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo**. São Paulo, 2011.

HANS, R. G., VITAL P. S. P., SALOMÃO S. M., GALVÃO, C. O. **Recursos hídricos em regiões semiáridas**, Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, ISBN 978-85-64265-03-5, 2012.

HOLANDA S.J.R, *et al.* Impacto da salinidade no desenvolvimento e crescimento de mudas de carnaúba (*Copernicia prunifera* (Miller) H.E.Moore). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.15, n.1, p.47–52, 2011.

IBGE. Esboço geológico. **Atlas Nacional do Brasil**. Disponível em: <http://www.metadados.inde.gov.br/geonetwork/srv/por/main.home>. Acesso em: 09 ago.2019.

MUNNS, R. **The impact of salinity stress**. Plantstress. Virtual article. Disponível em: http://www.plantstress.com/Articles/salinity_i/salinity_i.htm. Acesso em: 04 jul. 2019. 632 p.

NEVES *et al.* Aspectos socioambientais e qualidade da água de dessalinizadores nas comunidades rurais de Pentecoste-CE. **Rev. Ambient. Água**, vol.12 no.1 Taubaté Jan./Feb. 2017.

PEDROTTI, A *et al.* **Causas e consequências do processo de salinização dos solos**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v. 19, n. 2, mai-ago. 2015, p. 1308-1324 Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM

SILVA, *et al.* **Estudo do Método de Interpolação do Inverso da Distância a uma Potência**, II Simpósio Brasileiro de Geomática. V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas. ISSN 1981-6251, p. 057-062, 2007.

SOUZA, E. D. **Análise de corrosão por meio de perda de massa e espessura em aços pela ação da água produzida de poços petrolíferos**.Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, p. 143, 2010.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. A. **Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável**. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S; ALVAREZ, V. H. (eds.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3, p.165-208, 2003.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento de água 58, 71, 73, 84, 91, 92

Água 2, 3, 4, 6, 13, 16, 18, 23, 34, 36, 39, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 77, 78, 79, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 98, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 112, 113

Água bruta 73

Água doce 3, 51, 53, 58

Água do mar 65, 66, 67

Água potável 36, 58, 63, 65, 67, 71, 72, 74, 83, 88

Águas cinza 94

Águas negras 93, 94, 95, 97, 101

Águas subterrâneas 43, 44, 45, 47, 49

Amostras 49, 57, 59, 60, 61, 62, 64, 68, 89, 110, 112, 113

Aumento populacional 87

B

Bactérias 34, 42, 65, 96, 103, 108

C

Chuva 3, 4, 16, 17, 18, 19, 66, 67

Condutividade elétrica 43, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61

Consumo humano 48, 58, 62, 64, 65, 68, 69, 72, 73, 84, 85

D

Dureza total 57, 58, 59, 63

E

Educação ambiental 93, 95, 99, 100, 101, 116

Efluente 37, 93, 94, 96

Esgoto 34, 36, 37, 40, 42, 93, 94, 95, 101, 103, 116

Esgotos domiciliares 94

Estação de tratamento de água 71, 73, 74, 84, 85

Estação de tratamento de esgoto 116

F

Fungos 108, 112, 113, 114

G

Glicerina 104, 105

Gorduras 103, 104, 105, 106, 114

H

Hidrômetro 88, 90, 91

I

Impactos ambientais 36, 42, 102, 113

Íons cloretos 57, 58, 68

L

Lagos 3, 36

Lixiviação 47

M

Macromedição 88

Meio ambiente 3, 35, 36, 37, 39, 42, 47, 55, 68, 84, 87, 93, 99, 101, 102, 103, 112

Micromedição 88, 90

Município 1, 2, 4, 5, 9, 12, 13, 14, 16, 18, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 31, 33, 37, 41, 42, 57, 58, 63, 67, 68, 69, 71, 73, 75, 85, 88, 89, 91

O

Óleos 103, 104, 105, 106, 114

P

Potencial hidrogeniônico 58, 59, 64, 108, 109

Precipitação pluviométrica 1, 2, 4, 9, 15, 16, 31, 45

R

Recurso natural 58

Recursos hídricos 3, 4, 15, 17, 31, 32, 47, 48, 55, 84, 87

Resíduos sólidos 34, 36, 39, 41, 53, 99

Rios 23, 36, 54, 65, 67

S

Sabão 63, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115

Salinidade 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 69

Saneamento 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 58, 64, 69, 84, 92, 94, 101

Saponificação 102, 103, 104, 105, 114

Saúde populacional 38

Semiárido 4, 14, 43, 44, 45, 47, 52, 55

Sistemas de mananciais 58

Sólidos totais dissolvidos 57, 58, 59, 61, 62

T

Tanque de evapotranspiração 93, 101

Tratamento de esgoto 36, 40, 94, 95, 101, 116

Turbidez 47, 57, 58, 59, 62, 63, 69

TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO E ÁGUAS RESIDUÁRIAS

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO E ÁGUAS RESIDUÁRIAS

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 