

**HELENTON CARLOS DA SILVA
(ORGANIZADOR)**

**GESTÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS E
SUSTENTABILIDADE 3**



Atena
Editora
Ano 2019

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

**Gestão de Recursos Hídricos e
Sustentabilidade**
3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
G393	Gestão de recursos hídricos e sustentabilidade 3 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-667-6 DOI 10.22533/at.ed.676192709 1. Desenvolvimento de recursos hídricos. 2. Política ambiental – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série. CDD 343.81
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A obra “*Recursos Hídricos e Sustentabilidade 3*” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 50 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da sustentabilidade e dos recursos hídricos brasileiros.

A busca por fontes alternativas de água têm se tornado uma prática cada vez mais necessária, como uma alternativa socioambiental responsável, no sentido de reduzir a demanda exclusiva sobre os mananciais superficiais e subterrâneos, tendo em vista que o intenso processo de urbanização tem trazido efeitos negativos aos recursos hídricos, em sua dinâmica e qualidade.

As águas subterrâneas representam água doce de fácil acesso, e muitas vezes, as únicas opções para abastecimento de água potável. Em geral, possuem melhor qualidade devido às interações com o solo durante a percolação. Porém, em áreas urbanas, diversas atividades comprometem sua qualidade e demanda, como instalação de fossas negras, esgotos domésticos sem tratamento ou com tratamento inadequado, disposição inadequada de resíduos sólidos, impermeabilização de zonas de recarga, armazenamento de produtos perigosos em tanques subterrâneos ou aéreos sem bacia de contenção, dentre outros.

O estudo das águas subterrâneas, com a globalização, assume uma importância cada vez mais expressiva, visto que é entendido como um instrumento capaz de prover solução para os problemas de suprimento hídrico. Através de determinadas ferramentas é possível sintetizar o espaço geográfico e aprimorar o estudo deste recurso.

Tem-se ainda a infiltração de água no solo, que pode ser definida como o processo com que a água infiltra na superfície para o interior do solo, podendo ser definida como o fenômeno de penetração da água e redistribuição através dos poros ao longo do perfil. A vegetação possui efeito na dinâmica de umidade do solo, tanto diretamente como através da interação com outros fatores do solo.

Dentro deste contexto podemos destacar o alto consumo de água em edificações públicas, em razão da falta de gestão específica sobre o assunto, onde a ausência de monitoramento, de manutenção e de conscientização dos usuários são os principais fatores que contribuem para o excesso de desperdício. Faz-se necessária, então, a investigação do consumo real de água nos prédios públicos, mais precisamente os de atendimento direto aos cidadãos, efetuando-se a comparação do consumo teórico da população atendida (elaborado no projeto da edificação) com o consumo real, considerando o tempo médio de permanência desse público no imóvel, bem como as peculiaridades de cada atendimento, tendo como exemplo o acompanhante da pessoa atendida, bem como casos de perícia médica.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados aos recursos hídricos brasileiros, compreendendo a gestão destes recursos, com base no reaproveitamento e na correta utilização dos mesmos. 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
ADEQUAÇÃO DE TELHADOS VERDES EXTENSIVOS PARA A CIDADE DE CARUARU-PE BASEADA NA MÉDIA DE PRECIPITAÇÕES CHUVOSAS	
José Floro de Arruda Neto Armando Dias Duarte Íalysson da Silva Medeiros Gustavo José de Araújo Aguiar Gilson Lima da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.6761927091	
CAPÍTULO 2	9
ANÁLISE DE ÁGUA PROVENIENTE DE APARELHO DE AR CONDICIONADO VISANDO O SEU REAPROVEITAMENTO	
Ideana Machado de Carvalho Ideane Machado Teixeira de Sousa André Luiz da Silva Santiago Elisabeth Laura Alves de Lima Valderice Pereira Alves Baydum	
DOI 10.22533/at.ed.6761927092	
CAPÍTULO 3	17
ESTUDO DO REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM HABITAÇÕES UNIFAMILIARES NO ESTADO DO PIAUÍ	
Mariana Fontenele Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.6761927093	
CAPÍTULO 4	24
PROJETO DE SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA CINZA DE UM PRÉDIO RESIDENCIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS	
Daniel Kiyomasa Nakadomari Deividi Lucas Paviani Osmar Amaro Rosado William Freitas Petrangelo Camila Brandão Nogueira Borges Camila Fernanda de Paula Oliveira Paulo Sergio Germano Carvalho Daniel Lyra Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.6761927094	
CAPÍTULO 5	34
QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA DESPERDIÇADO NOS BEBEDOUROS DO INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE, CAMPUS ARACAJU	
Rafaella Santos Coutinho Zacarias Caetano Vieira Carina Siqueira de Souza Carlos Gomes da Silva Júnior Daniel Luiz Santos Any Caroliny Dantas Santos	
DOI 10.22533/at.ed.6761927095	

CAPÍTULO 6	39
DEMANDA ESPECÍFICA DE ÁGUA EM PRÉDIOS PÚBLICOS: VERIFICAÇÃO DE SUPERESTIMAÇÃO DE VALORES UTILIZADOS NO MEIO TÉCNICO PARA DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO - ESTUDO DE CASO	
Marcelo Coelho Lanza Maria da Glória Braz	
DOI 10.22533/at.ed.6761927096	
CAPÍTULO 7	51
ANÁLISE ENTRE VAZÃO DE PROJETO E VAZÃO DE OPERAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE	
Angelis Carvalho Menezes Michelli Ferreira de Oliveira Luciana Coêlho Mendonça	
DOI 10.22533/at.ed.6761927097	
CAPÍTULO 8	61
ANÁLISE DAS SOBREPRESSÕES E SUBPRESSÕES NA ADUTORA DO POXIM, PROPONDO DISPOSITIVOS ALTERNATIVOS DE MANUTENÇÃO DO GOLPE DE ARIETE	
Abraão Martins do Nascimento Keila Giordany Sousa Santana Paulo Eduardo Silva Martins Nayara Bezerra Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.6761927098	
CAPÍTULO 9	68
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE CARAÚBAS-RN E ÁGUAS ALTERNATIVAS DE ALMINO AFONSO-RN EM SEUS MÚLTIPLOS USOS	
Clélio Rodrigo Paiva Rafael Larissa Janyele Cunha Miranda Rokátia Lorrany Nogueira Marinho Renata de Oliveira Marinho Antonio Ferreira Neto Mônica Monalisa Souza Valdevino Lígia Raquel Rodrigues Santos	
DOI 10.22533/at.ed.6761927099	
CAPÍTULO 10	77
ÁREAS PRESERVADAS E QUALIDADE DA ÁGUA: A INFLUÊNCIA DA REMONTA NO RIBEIRÃO DAS ROSAS – JUIZ DE FORA/MG	
Geisa Dias Gaio Pedro José de Oliveira Machado	
DOI 10.22533/at.ed.67619270910	
CAPÍTULO 11	89
CONTRIBUIÇÃO DA GEOFÍSICA PARA A HIDROGEOLOGIA DA APA GUARIROBA, MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE-MS	
Giancarlo Lastoria	

Guilherme Henrique Cavazzana
Andresa Oliva
Sandra Garcia Gabas
Chang Hung Kiang

DOI 10.22533/at.ed.67619270911

CAPÍTULO 12 96

ESPACIALIZAÇÃO POR INTERPOLADOR KERNEL DA POTENCIALIDADE DE
ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO LESTE DO ESTADO
DE SERGIPE

Kisley Santos Oliveira
Thais Luiza dos Santos
Paulo Sérgio de Rezende Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.67619270912

CAPÍTULO 13 107

INUNDAÇÕES E USOS DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SESMARIA,
RESENDE/RJ

Angel Loo
Pedro José de Oliveira Machado

DOI 10.22533/at.ed.67619270913

CAPÍTULO 14 120

ANÁLISE HIDROMORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA DO RIACHO DO SERTÃO NA
REGIÃO HIDROGRÁFICA DO RIO TRAIPIU – AL

Luana Kívia Lima de Paiva
Lucas Araújo Rodrigues da Silva
Thiago Alberto da Silva Pereira

DOI 10.22533/at.ed.67619270914

CAPÍTULO 15 127

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DA REGIÃO
METROPOLITANA DO CARIRI - CEARÁ

Ana Beatriz Nunes Oliveira
Diego Arrais Rolim Andrade de Alencar
Edson Paulino de Alcântara
Thamires Figueira da Penha Lima Gonçalves
Sávio de Brito Fontenele

DOI 10.22533/at.ed.67619270915

CAPÍTULO 16 139

APLICAÇÃO DA FLUORESCÊNCIA MOLECULAR E REDE NEURAL DE KOHONEN
PARA IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA DISSOLVIDA
PRESENTE NOS RIOS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SERGIPE E
SÃO FRANCISCO

Adnivia Santos Costa Monteiro
Erik Sartori Jeunon Gontijo
Igor Santos Silva
Carlos Alexandre Borges Garcia
José do Patrocínio Hora Alves

DOI 10.22533/at.ed.67619270916

CAPÍTULO 17	150
MÉTODO GEOELÉTRICO - POTENCIAL INSTRUMENTO PARA AUXÍLIO DA GESTÃO DO SOLO E DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS: ESTUDOS DE CASO, ALAGOINHAS, BAHIA	
Rogério de Jesus Porciúncula Olivar Antônio Lima de Lima	
DOI 10.22533/at.ed.67619270917	
CAPÍTULO 18	162
QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ESTUDO DE CASO EM ABATEDOURO DE BOVINOS	
Isabel Cristina Lopes Dias Antonio Carlos Leal de Castro	
DOI 10.22533/at.ed.67619270918	
CAPÍTULO 19	173
A OCORRÊNCIA NATURAL DE NÍQUEL E CROMO (III) EM ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS COMPLEXOS ULTRABÁSICOS E ALCALINOS, O EXEMPLO DE JACUPIRANGA	
Augusto Nobre Gonçalves	
DOI 10.22533/at.ed.67619270919	
CAPÍTULO 20	182
OCORRÊNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE MONTES CLAROS - MG: UM ESTUDO DE CASO UTILIZANDO A GEOTECNOLOGIA	
Marcela Almeida Alves Marcos Rodrigues Cordeiro	
DOI 10.22533/at.ed.67619270920	
CAPÍTULO 21	197
AVALIAÇÃO DO AQUÍFERO LIVRE DA ZONA NORTE DO MUNICÍPIO DE ARACAJU-SERGIPE ATRAVÉS DA DETERMINAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS E BTEX	
Carlos Alexandre Borges Garcia Nathália Krissi Novaes Oliveira Helenice Leite Garcia Ranyere Lucena de Souza Silvânio Silvério Lopes da Costa	
DOI 10.22533/at.ed.67619270921	
CAPÍTULO 22	207
DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA SEGUNDO PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS DO DISTRITO DE MARACAJÁ EM NOVO REPARTIMENTO-PA	
Agnes da Silva Araújo Lucas Nunes Franco Davi Edson Sales e Souza Raisa Rodrigues Neves Vanessa Conceição dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.67619270922	

CAPÍTULO 23	217
INFLUÊNCIA DE CEMITÉRIO EM PARÂMETROS QUÍMICOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	
Fernando Ernesto Ucker Maria Clara Veloso Soares Rosa	
DOI 10.22533/at.ed.67619270923	
CAPÍTULO 24	229
O MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO CONTEXTO DOS PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO: CASO DE ESTUDO EM UM MUNICÍPIO RIBEIRINHO E EM UM MUNICÍPIO DO INTERIOR DO PIAUÍ	
Bruna Peres Battemarco Antonio Krishnamurti Beleño de Oliveira Osvaldo Moura Rezende Ana Caroline Pitzer Jacob Matheus Martins De Sousa Luiza Batista De França Ribeiro Paulo Canedo de Magalhães	
DOI 10.22533/at.ed.67619270924	
CAPÍTULO 25	243
ANÁLISE QUANTITATIVA DA VEGETAÇÃO CILIAR DO CÓRREGO BOA ESPERANÇA E DO RIO MUQUI DO NORTE - TRECHO URBANO DO MUNICÍPIO DE MUQUI (ES)	
Caio Henrique Ungarato Fiorese Vinícius Rocha Leite Gabriel Adão Zechini da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.67619270925	
CAPÍTULO 26	255
AVALIAÇÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS EM UMA BACIA CONTRIBUINTE DO PANTANAL MATO-GROSSENSE	
Valdeci Antônio de Oliveira Daniela Maimoni de Figueiredo Simoni Maria Loverde Oliveira Ibraim Fantin-Cruz	
DOI 10.22533/at.ed.67619270926	
SOBRE O ORGANIZADOR	275
ÍNDICE REMISSIVO	276

AVALIAÇÃO DO AQUÍFERO LIVRE DA ZONA NORTE DO MUNICÍPIO DE ARACAJU-SERGIPE ATRAVÉS DA DETERMINAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS E BTEX

Carlos Alexandre Borges Garcia

Universidade Federal de Sergipe – Departamento de Química
São Cristóvão – Sergipe

Nathália Krissi Novaes Oliveira

Universidade Federal de Sergipe – Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos – PRORH
São Cristóvão – Sergipe

Helenice Leite Garcia

Universidade Federal de Sergipe – Departamento de Engenharia Química
São Cristóvão – Sergipe

Ranyere Lucena de Souza

Universidade Tiradentes
Aracaju – Sergipe

Silvânio Silvério Lopes da Costa

Universidade Federal de Sergipe – Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciências Ambientais – PPGECA
São Cristóvão – Sergipe

RESUMO: Águas subterrâneas representam água doce de fácil acesso, e muitas vezes, as únicas opções para abastecimento de água potável. Em geral, possuem melhor qualidade devido às interações com o solo durante a percolação. Porém, em áreas urbanas, diversas atividades comprometem sua qualidade e demanda, como instalação de fossas negras, esgotos domésticos sem tratamento ou com

tratamento inadequado, disposição inadequada de resíduos sólidos, impermeabilização de zonas de recarga, armazenamento de produtos perigosos em tanques subterrâneos ou aéreos sem bacia de contenção, dentre outros. O objetivo desse trabalho foi avaliar a contaminação do aquífero livre da zona norte de Aracaju/SE, através da análise de metais, íons e compostos BTEX em amostras de água coletadas em poços rasos, relacionando com fontes potenciais de contaminação, avaliando os efeitos da sazonalidade e comparando com os limites de potabilidade da Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Os resultados mostraram que 9 dos 10 pontos analisados estavam impróprios para consumo humano em pelo menos uma das campanhas, com alteração mais significativa no período seco.

PALAVRAS-CHAVE: Água Subterrânea, Qualidade de Água, Critérios de Potabilidade.

ABSTRACT: Groundwater is fresh water easy, and often the only options for drinking water supply. In general, it has better quality due to interactions with the ground during percolation. However, in urban areas, various activities compromise their quality and demand, such as installation of black tanks, wastewater without treatment or with inadequate treatment, improper disposal of solid waste, waterproofing

recharge areas, storage of dangerous products in underground or air tanks without basin containment, among others. The objective of this study was to evaluate the contamination of the free aquifer in the northern area of Aracaju / SE, through the analysis of metal ions and BTEX compounds in water samples from shallow wells, relating to potential sources of contamination, evaluating the effects of seasonality and compared with the limits of potability of Decree No. 2,914 / 2011 of the Ministry of Health. The results showed that 9 of 10 points analyzed were unfit for human consumption by at least one of the campaigns, with most significant change in the dry season.

KEYWORDS: Groundwater, Water Quality, Potability Criteria.

1 | INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas, em geral, possuem boa qualidade para consumo humano, exigindo menos custos com tratamento do que águas superficiais, o que a torna mais acessível à população (LAVOIE et al, 2015). Regiões com solos arenosos e rochas sedimentares, como Aracaju, são potenciais fornecedoras de água subterrânea pela porosidade e alta permeabilidade dessa formação (Araújo, 2009). Por ser mais superficial, o aquífero livre é o mais explorado pela população, sendo bastante suscetível a contaminação (SILVA E ARAÚJO, 2003; LIBÂNIO, 2005; SILVA et al, 2014). A contaminação destes se reflete em um importante problema de saúde pública, visto que o consumo de água potável é um dos principais meios de prevenção de doenças (SILVA E ARAUJO, 2003).

De acordo com dados publicados pelo IBGE (2010), somente 26 dos 75 municípios sergipanos possuem coleta de esgoto, e destes somente 07 realizam algum tipo de tratamento. A CETESB em 2014 divulgou 5.148 áreas contaminadas, das quais 74,3% relacionadas a postos de combustíveis e 16,74% a indústrias (CETESB, 2014). Combustíveis possuem compostos como Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno, de elevada toxicidade e potencial carcinogênico. Uma vez no aquífero, exigem processos de descontaminação, em geral com custos elevados (Corseuil e Alvarez, 1996).

Os padrões de potabilidade da água para consumo humano são definidos pela Portaria nº 2.914/11 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). Além desta, a Resolução CONAMA N°. 396/08 apresenta parâmetros com Valores Máximos Permitidos (VMP) para os usos preponderantes (CONAMA, 2008), e a Resolução CONAMA nº 420/09 define valores orientadores para substâncias presentes no solo e na água subterrânea (CONAMA, 2009).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a contaminação do aquífero livre da zona norte de Aracaju/SE, através da análise de metais, íons e compostos BTEX de amostras de água coletadas em poços rasos, relacionando com atividades antrópicas e fontes potenciais de contaminação, e comparando com os limites de potabilidade

da Portaria nº 2.914/11 do Ministério da Saúde.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo é a zona norte da cidade de Aracaju, no leste sergipano, inserida na bacia dos Rios Sergipe e Vaza Barris. Dados publicados pelo IBGE (2016), a população estimada de Aracaju em 2015 foi de 632.744 habitantes, sendo a cidade mais populosa do estado. O clima da região é o megatérmico sub-úmido, com temperatura média mensal variando entre 24,65°C e 27,32°C, período chuvoso entre abril e agosto, e período seco entre setembro e março. O aquífero predominante é o aquífero granular, formado por rochas sedimentares das formações superficiais cenozoicas, com boa capacidade de fornecimento de água, devido a porosidade primária e alta permeabilidade dos terrenos arenosos (PINTO et al, 2000; ARAUJO, 2009; SERGIPE, 2012; INMET, 2016). A Figura 1 mostra a localização dos pontos de amostragem.

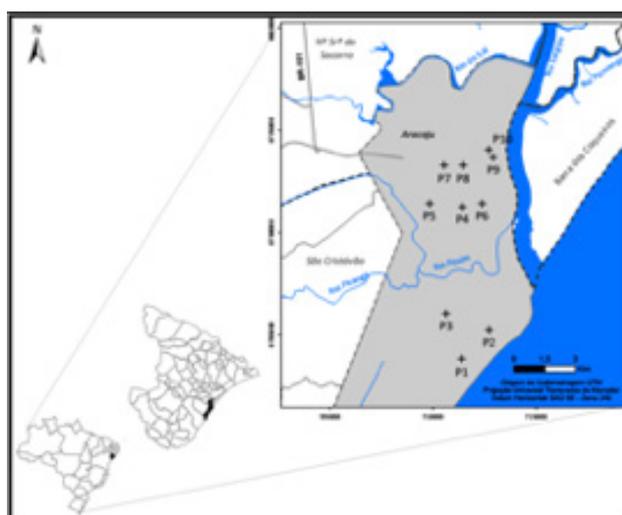


Figura 1. Localização dos pontos de amostragem.

2.2 Procedimentos Metodológicos

Foram selecionados 10 poços de monitoramento rasos (até 8 m) para coleta, todos já existentes, e localizados no aquífero livre da zona norte de Aracaju. O tamanho da amostra foi estabelecido em função do custo e dos poços disponíveis para coleta. As amostragens foram efetuadas em maio (período chuvoso) e em novembro e dezembro de 2015 (período seco), avaliando o efeito sazonal para as concentrações de metais (Al, As, Ba, B, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, Sr, Zn), íons (cálcio, magnésio, potássio, sódio, sulfato, cloreto, fluoreto) e BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos), e, quando foi o caso, comparados com os valores máximos permissíveis da Portaria nº 2.914/11 do Ministério da Saúde, e com a CONAMA nº 420/09.

As amostragens foram realizadas com amostrador manual bailer de válvula dupla, descartável, e transferidas imediatamente para os vasilhames apropriados a cada análise, identificados e preservadas em gelo. A válvula existente no bailer permite transferir a amostra com menor perda dos compostos voláteis (ASTM, 2010). A primeira amostra foi destinada à análise de BTEX, visando preservar a concentração desses voláteis (EPA, 1986). A preservação das amostras e análise seguiram a metodologia do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998). As análises foram realizadas no Laboratório de Química Analítica Ambiental – LQA da Universidade Federal de Sergipe, com exceção dos parâmetros BTEX, que foram analisados no Instituto de Tecnologia e Pesquisa – ITP/SE.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presença de altos teores de metais na água subterrânea pode estar relacionada a lançamentos de efluentes industriais ou lixiviação de resíduos industriais, em especial metais pesados como As, Cr, Cu, Pb, que além de tóxicos, possuem efeito acumulativo no organismo (FARIAS, 2006). Dos metais que possuem limites de potabilidade (Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni e Zn) somente As, Cd e Mn tiveram os limites extrapolados (Tabela 1 e 2). Co e Cr não foram detectados.

Site	Al	As	B	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	Sr	Zn
	mg.L-1													
P01	0,0328	0,0091	0,0281	n.d.	0,0041	n.d.	n.d.	n.d.	0,0005	0,0163	0,3824	n.d.	0,5356	0,0367
P02	0,0041	0,0104	n.d.	n.d.	0,0040	n.d.	n.d.	n.d.	0,0025	0,0227	0,4069	n.d.	0,1635	0,0454
P03	0,0444	0,0221	n.d.	n.d.	0,0034	n.d.	n.d.	n.d.	0,0392	0,0162	0,0429	n.d.	0,1196	0,0457
P04	0,0206	n.d.	0,0094	n.d.	0,0049	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,0167	0,0262	0,0014	0,2372	0,0335
P05	0,0555	0,0254	0,0192	n.d.	0,0033	n.d.	n.d.	n.d.	0,0132	0,0164	0,0213	n.d.	0,1040	0,1706
P06	0,0262	0,0078	0,0280	n.d.	0,0035	n.d.	n.d.	n.d.	0,0132	0,0164	0,0167	0,0011	0,4619	0,0331
P07	n.d.	0,0186	n.d.	n.d.	0,0035	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,0167	n.d.	n.d.	0,1403	n.d.
P08	n.d.	0,0279	0,0015	n.d.	0,0033	n.d.	n.d.	n.d.	0,0086	0,0167	0,1447	n.d.	0,1950	0,0138
P09	0,0968	0,0146	n.d.	n.d.	0,0045	n.d.	n.d.	n.d.	0,0512	0,0169	n.d.	n.d.	0,0493	n.d.
P10	n.d.	0,0071	0,009	n.d.	0,0036	n.d.	n.d.	n.d.	0,0430	0,0163	0,0042	n.d.	0,3759	n.d.

Tabela 1 - Concentração total de metais no período chuvoso na água subterrânea

n.d. Não detectado

Site	Al	As	B	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	Sr	Zn
	mg.L-1													
P01	0,0447	0,0183	0,0252	n.d.	0,0020	n.d.	n.d.	n.d.	0,0148	0,0162	0,1091	0,0001	0,3691	0,0261
P02	n.d.	0,0057	0,0153	n.d.	0,0050	n.d.	n.d.	n.d.	0,0983	0,0201	0,1074	0,0021	0,1141	0,0355
P03	0,0092	0,0052	n.d.	n.d.	0,0044	n.d.	n.d.	n.d.	0,0375	0,0163	0,0494	0,0019	0,0747	0,0448
P04	0,0083	0,0182	n.d.	n.d.	0,0034	n.d.	n.d.	0,0006	n.d.	0,0180	0,0209	n.d.	0,3989	0,0768
P05	0,0207	n.d.	n.d.	n.d.	0,0040	n.d.	n.d.	n.d.	0,0602	0,0165	0,0140	n.d.	0,0366	0,0746
P06	0,0205	n.d.	0,0252	n.d.	0,0036	n.d.	n.d.	n.d.	0,0369	0,0161	0,0467	n.d.	0,3622	0,0175
P07	n.d.	n.d.	0,0066	n.d.	0,0039	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,0175	0,0089	n.d.	0,2199	n.d.
P08	n.d.	n.d.	0,0026	n.d.	0,0042	n.d.	n.d.	n.d.	0,0343	0,0168	0,0068	n.d.	0,1899	n.d.
P09	0,0121	n.d.	n.d.	n.d.	0,0048	n.d.	n.d.	n.d.	0,0276	0,0161	0,0027	n.d.	0,1016	n.d.
P10	0,0162	0,0436	0,0825	0,6202	0,0077	n.d.	n.d.	n.d.	0,0128	0,0251	0,1633	0,0286	0,1724	0,0482

Tabela 2 - Concentração total de metais no período seco na água subterrânea
n.d. Não detectado

O Arsênio, relacionado a resíduos industriais, queima de carvão, atividades de fundição mineral e inseticidas (FILHO, 2000), foi encontrado em todos os pontos, superando em 9 a concentração limite de 0,01 mg.L-1 da Portaria nº 2.914/11, em pelo menos uma das campanhas, e valor mais alto no P10, período seco igual a 0,0436 mg.L-1. O Cd é altamente tóxico à saúde humana, e o excesso pode causar anemia, hipertensão arterial e morte (SANTOS, 2000). As concentrações foram superiores no período seco, exceto P01 e P04, e 2 pontos foram mais críticos em relação ao limite de potabilidade (0,005 mg.L-1): P02 - 0,0050 mg.L-1 e P10 - 0,0077 mg.L-1, período seco. O Mn é muito utilizado na indústria, para fabricação de ligas metálicas, baterias, tintas, vernizes, fogos de artifício e fertilizantes (FARIAS, 2006). Considerando o limite para o consumo humano de 0,1 mg.L-1, as concentrações foram elevadas em 4 dos 10 pontos analisados: P01, P02, P08 e P10.

Estudos realizados por Alves et al (2006) em amostras de solo superficial e água subterrânea de uma antiga área de lançamento de efluentes industriais em Aracaju/SE, identificou a presença de metais como Cu, Cd, Zn, Pb, Ni, Cr e Mn. Parte desses metais – como o Cu, Cd, Zn, Ni e Mn – também foi detectada no presente estudo, em pelo menos uma das amostras analisadas. Fernandes et al (2013) analisou diversos parâmetros em poços rasos no município de Quissamã/RJ, e detectou concentrações de Al, Fe, Mn e Ni acima dos limites máximos permitidos.

Íons como Ca e Mg são os principais representantes da dureza da água, que pode causar incrustações em tubulações, reduz a formação de espuma e dificulta o cozimento de alimentos (LIBÂNIO, 2005; SANTOS, 2000). Os teores de Ca variaram entre 14,06 e 143,61 mg.L-1 no período chuvoso e entre 8,73 e 88,50 mg.L-1 no período seco. As concentrações de Mg variaram entre 0,64 e 7,96 mg.L-1 no período chuvoso e entre 0,50 e 9,29 mg.L-1 no período seco. Ambos apresentaram

concentrações mais elevadas no período chuvoso para a maioria dos pontos.

Todas as amostras apresentaram valores inferiores a 200 mg.L-1 de Na, valor máximo para consumo humano. As concentrações variaram entre 3,97 e 45,59 mg.L-1 no período chuvoso e 4,71 e 55,85 mg.L-1 no período seco, com maiores valores no P06. Potássio foi detectado em todas as amostras, com pouca alteração sazonal, variando entre 2,77 e 16,88 mg.L-1 no período chuvoso, e entre 2,08 e 16,85 mg.L-1 no período seco. A legislação não define valor máximo para concentrações de potássio, e sua toxicidade para seres humanos é pouco conhecida (WHO, 2011).

Com relação ao sulfato, pode estar relacionado a descarga de efluentes domésticos e industriais. Para consumo humano deve estar a uma concentração máxima de 250 mg.L-1; acima desse valor, possui efeitos laxativos (PIVELI E KATO, 2005). Todas as amostras estavam abaixo desse valor, e maiores concentrações foram encontradas no período seco, com valor máximo no P06, igual a 40,18 e 41,84 mg.L-1 nos períodos chuvoso e seco respectivamente.

A presença de cloretos nas águas subterrâneas é muito comum, e pode ser fruto da dissolução de sais, da intrusão salina e ainda, do lançamento de efluentes (LIBÂNIO, 2005). Foram detectadas concentrações em todas as amostras analisadas, e nenhuma ultrapassou o limite de 250 mg.L-1 da Portaria nº 2.914/11. As amostras coletadas no período seco apresentaram concentrações superiores, como fruto da menor demanda hídrica do período, e, conseqüentemente, menor diluição.

O fluoreto é mais encontrado no ambiente pela aplicação de flúor nas estações de tratamento como preventivo a cárie dentária (BRASIL, 2013). Em águas subterrâneas, também pode estar presente pela decomposição de solos e rochas, e em concentrações mais elevadas, podem ser prejudiciais, causando a deterioração dos dentes (LIBÂNIO, 2005). Foi detectado em todas as amostras, abaixo do limite de 1,5 mg.L-1.

Site	Ca	Mg	Na	K	SO4	Cl	F
	mg.L-1						
P01	143,61	7,816	24,847	11,821	32,888	54,61	0,280
P02	60,20	2,544	26,881	8,564	1,793	58,90	0,462
P03	37,81	2,985	8,602	3,323	12,431	14,33	0,047
P04	57,52	2,429	19,145	5,938	25,311	26,95	0,237
P05	33,85	1,234	9,918	2,770	7,071	15,65	0,042
P06	111,81	7,963	45,588	16,885	40,179	72,77	0,156
P07	25,85	0,674	3,970	3,374	5,356	5,30	0,076
P08	54,84	3,726	27,364	10,448	33,584	47,18	0,250
P09	14,06	0,758	5,170	4,589	5,253	8,27	0,023
P10	92,30	5,843	35,292	15,233	12,608	55,05	0,146

Tabela 3 - Concentração total de íons nas amostras analisadas no período chuvoso

Os compostos BTEX são hidrocarbonetos monoaromáticos usados como indicadores de contaminação por combustível, mais precisamente a gasolina

(BARROS e PORTO, 2009). Sete dos 10 pontos analisados apresentaram algum tipo de contaminação relacionada a combustíveis, resultado relacionado à existência de postos de combustíveis nas proximidades de todos os pontos.

Site	Ca	Mg	Na	K	SO4	Cl	F
	mg.L-1						
P01	83,38	9,297	25,136	5,863	36,825	54,81	0,330
P02	34,73	2,541	30,104	5,644	1,931	61,19	0,485
P03	19,86	2,327	10,110	7,443	14,930	14,87	0,052
P04	65,08	4,494	22,693	8,462	26,829	30,13	0,250
P05	8,73	0,508	10,665	2,077	7,496	17,12	0,051
P06	88,50	8,466	55,854	11,815	41,841	74,56	0,179
P07	41,60	2,007	4,710	4,865	5,786	5,64	0,083
P08	48,38	3,735	31,639	7,300	33,604	54,21	0,272
P09	28,24	2,343	6,253	4,411	6,156	9,89	0,028
P10	77,41	2,026	42,447	16,845	15,062	61,39	0,165

Tabela 4 - Concentração total de íons nas amostras analisadas no período seco

No que se refere ao benzeno, P01, P02 e P10 apresentaram valores acima do permitido pela legislação (0,005 mg.L-1). A exposição em longo prazo ao benzeno pode causar efeitos crônicos como: alteração na medula óssea, sangue, cromossomos, sistema imunológico, diversos tipos de câncer, danos ao sistema nervoso central e irritação na pele e nas mucosas (ARCURI et al, 2012).

O tolueno tem limite igual a 0,17 mg.L-1, podendo ser encontrado além da gasolina, em produtos de uso doméstico como colas e produtos de limpeza (FORSTER et al, 1994). Foi encontrado em 6 pontos acima ao valor legal estabelecido. Somente a amostra P08, período chuvoso, apresentou valor inferior, igual a 0,016 mg.L-1. A exposição ao tolueno afeta o fígado, rins e o sistema nervoso central, causando tremores, alucinações, convulsões e coma (PIVELI E KATO, 2005).

O etilbenzeno foi detectado em 5 pontos, acima do limite de 0,2 mg.L-1 da Portaria nº 2.914/11. Os valores no período chuvoso foram de 7,69 e 5,17 mg.L-1 para P01 e P02 respectivamente, e no período seco igual a 20,12 mg.L-1 no P01 e 7,35 mg.L-1 no P02. P09 apresentou valores abaixo do limite legal estabelecido. Finotti et al (2001) relata que esse composto é tóxico, porém não bioacumula e não é carcinogênico.

O xileno total representa a soma dos isômeros orto, meta e para-xileno, e estão presentes na gasolina e em solventes na fabricação de tintas. Degradam-se rapidamente na atmosfera pela foto-oxidação, e na água, o m-xileno e o p-xileno degradam-se mais facilmente enquanto o o-xileno é mais persistente (PIVELI E KATO, 2005). Na legislação, o limite máximo para consumo humano é apresentado como xileno total, igual a 0,3 mg.L-1. Cinco pontos apresentaram concentrações de xileno, todas acima de 0,3 mg.L-1. Os valores variaram entre 1,33 e 1,42 mg.L-1 no período chuvoso e 0,34 a 4,22 mg.L-1 no período seco. O o-xileno não foi detectado

em nenhuma das amostras, e a presença somente de m-xileno e p-xileno pode indicar uma contaminação mais recente.

Os valores mais altos no período seco podem representar uma nova contaminação entre os períodos, mas também podem ser consequência do menor volume de água no período seco, conforme observado no estudo realizado por Silva et al (2002). Para o ponto P01, a redução na concentração de benzeno e tolueno entre os períodos chuvoso e seco pode indicar a biodegradação desses compostos.

Site	Chuvoso				Seco			
	Benzeno mg.L-1	Tolueno mg.L-1	Etilbenzeno mg.L-1	Xileno Total mg.L-1	Benzeno mg.L-1	Tolueno mg.L-1	Etilbenzeno mg.L-1	Xileno Total mg.L-1
P01	23,940	0,460	7,690	1,330	17,569	n.d.	20,120	3,238
P02	6,990	0,260	5,170	1,420	15,753	n.d.	7,349	4,219
P03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
P04	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
P05	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,212	1,246
P06	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
P07	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,232	n.d.	0,874
P08	n.d.	0,160	n.d.	n.d.	n.d.	0,350	n.d.	n.d.
P09	n.d.	0,200	n.d.	n.d.	n.d.	0,548	0,127	n.d.
P10	n.d.	0,280	0,110	n.d.	2,173	0,658	0,343	0,342

Tabela 5 - Concentração total de BTEX nas amostras analisadas

n.d. Não detectado

4 | CONCLUSÃO

Aracaju apresenta vulnerabilidades que permitem inferir uma má qualidade do aquífero livre, pois além da existência dos diversos impactos inerentes às zonas urbanas, a predominância de solos arenosos cria uma condição propícia a contaminação. Os resultados diagnosticaram que a água encontra-se imprópria para consumo humano em 09 dos 10 pontos analisados, em pelo menos uma das campanhas de amostragem. Os limites dos parâmetros sódio, sulfato, fluoreto, cloretos, Al, Ba, Cu, Fe, Ni e Zn não foram excedidos em nenhuma das amostras realizadas. A detecção de compostos BTEX revelam uma preocupação maior pela toxicidade destes em concentrações elevadas mesmo sendo altamente voláteis, sugerindo maior atenção a esses parâmetros nas avaliações de potabilidade.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. P. H.; GARCIA, C. A. B.; XAVIER, C. A. (2006). "*Metais traços no solo e água subterrânea da região do Distrito Industrial de Aracaju – Sergipe*" in: 29a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2006, Águas de Lindóia - SP. Livro de resumos da 29a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2006. v. Único. p. AB114-AB114.

American Public Health Association - APHA (1998). *Standard Methods for the Examination of Water*

and Wasterwater. 20 ed. Washington, APHA.

ARAÚJO, H. M.; BEZERRA, G. S.; SOUZA, A. C. (2009). “**Hidrografia e hidrogeologia: qualidade e disponibilidade de água para abastecimento humano na bacia costeira do rio Sergipe**” in: Anais do Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Viçosa, UFV. Disponível em: <<https://ri.ufs.br/bitstream/123456789/526/1/Hidrografia%20e%20hidrogeologia.pdf>>. Acesso em 23 nov. 2014.

ARCURI, A. S. A. *et al.* (2012). **Efeitos da exposição ao benzeno para a saúde**. São Paulo, Fundacentro.

ASTM (2010). **Method D6699-01: Standard practice for sampling liquids using bailers**. ASTM International, Pennsylvania.

BARROS, R. M.; PORTO, R. M. (2009). “**Risco de poluição das águas subterrâneas por vazamentos em postos de abastecimento de combustível, no município de Ribeirão Preto–SP**”. *Águas Subterrâneas*, v. 23, n. 1.

BRASIL (2013). **Manual prático de análise de água**. Brasília, Fundação Nacional de Saúde, 4ª ed.

_____ (2011). Ministério da Saúde. **Portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. *Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 14 de dezembro de 2011, Seção V, p. 32.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB (2014). **Texto explicativo: relação de áreas contaminadas no estado de São Paulo**. Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental. CETESB, São Paulo. Disponível em: <<http://areascontaminadas.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2013/11/texto-explicativo1.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2016.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA (2008). **Resolução CONAMA Nº. 396, de 3 de abril de 2008**. *Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências*. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 7 abr. 2008, Seção 1, p. 64-68.

_____ (2009). **Resolução CONAMA Nº. 420, de 28 de dezembro de 2009**. *Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas*. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 30 dez. 2009, p. 81-84.

CORSEUIL, H. X.; ALVAREZ, P. J.J. (1996). “**Natural bioremediation perspective for BTX-contaminated groundwater in Brazil: effect of ethanol**”. *Water Science and Technology*, v. 34, n. 7, p. 311-318.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY OF United States - EPA (1986). **RCRA Ground Water Technical Enforcement Guidance Document**. Office of Waste Program Enforcement, Office of Solid Waste and Emergency Response. Washington, D.C.

FARIAS, M. S. S. (2006). **Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – UFCG, Campina Grande.

FERNANDES, P. A. M.; Alves, M. G.; Dias Filho, J. L. E.; da Silva Júnior, G. C. (2013). **Diagnóstico hidroquímico das águas subterrâneas de Quissamã-RJ**. *Exatas & Engenharia*, v. 3, n. 6.

FILHO, J. M. (2000). “**Contaminação das águas subterrâneas**”, in **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Feitosa, F. A. C e FILHO, J. M (org.), 2.ed. Fortaleza, CPRM/REFO, LABHID-UFPE.

FINOTTI, A. R.; CAICEDO, N. O. L.; RODRIGUEZ, M. T. R. (2001). “**Contaminações subterrâneas com combustíveis derivados de petróleo: toxicidade e a legislação brasileira**”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 6, n. 2, p. 29-46.

FORSTER, L. M. K; TANNHAUSER, M.; TANNHAUSER, S. L. (1994). “**Toxicologia do tolueno: aspectos relacionados ao abuso**”. Revista de Saúde Pública, v. 28, n. 2, p. 167-172.

INMET (2016). **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acesso 30 jan. 2016

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2016). **Censo Demográfico 2010**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=280030>>. Acesso em: 24 jan. 2016.

_____. (2010). **Pesquisa nacional de saneamento básico - 2008**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45351.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2016.

LAVOIE, R.; Joerin, F.; Vansnick, J.C.; Rodriguez, M. J. (2015) “**Integrating groundwater into land planning: A risk assessment methodology**”. Journal of Environmental Management, v. 154, p. 358-371.

LIBÂNIO, M. (2005). **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP, Editora Átomo.

PINTO, J. E. S. S.; SANTOS, F. V. ; SOUSA, I. F. (2000). **Varição Rítmica dos elementos climáticos em Aracaju, SE**. Rio de Janeiro-RJ, Sociedade Brasileira de Meteorologia, p. 641-647. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/12-54b288633434b1633436a1881aa85582.pdf>>. Acesso em 20 mar. 2016.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. (2005). **Qualidade das águas e poluição: Aspectos físico-químicos**. ABES, São Paulo.

SANTOS, A.C. (2000). “**Noções de hidroquímica**” in **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Feitosa, F. A. C e FILHO, J. M (org.). 2. ed. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE.

SERGIPE (2012). Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia. Superintendência de Recursos Hídricos. **Atlas digital sobre recursos hídricos**. Aracaju: SEPLANTEC/SRH. CD-ROM.

SILVA, D. D.; Migliorini, R. B.; SILVA, E. C.; LIMA, Z. M.; MOURA, I; B. (2014). “**Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático: região do Bairro Pedra Noventa, Cuiabá (MT)**”. Eng Sanit Ambient, v. 19, n. 1, p. 43-52.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. (2003). “**Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA)**”. Ciênc. saúde coletiva, São Paulo, v. 8, n. 4.

SILVA, R. L. B., BARRA, C. M., MONTEIRO, T. C. N., BRILHANTE, O. M. (2002). “**Estudo da contaminação de poços rasos por combustíveis orgânicos e possíveis consequências para a saúde pública no Município de Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil**”. Cadernos de Saúde Pública, v.18(6), p.1599.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO (2011). **Guidelines for drinking-water quality: recommendations**. 4ª ed, Geneva, WHO. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf>. Acesso em: 23 jan 2016.

SOBRE O ORGANIZADOR

Helenton Carlos da Silva - Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007), especialização em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2010) é MBA em Engenharia Urbana pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2014), é Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Estadual de Ponta Grossa (2016), doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa e pós-graduando em Engenharia e Segurança do Trabalho. A linha de pesquisa traçada na formação refere-se à área ambiental, com foco em desenvolvimento sem deixar de lado a preocupação com o meio ambiente, buscando a inovação em todos os seus projetos. Atualmente é Engenheiro Civil autônomo e professor universitário. Atuou como coordenador de curso de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em projetos e acompanhamento de obras, planejamento urbano e fiscalização de obras, gestão de contratos e convênios, e como professor na graduação atua nas seguintes áreas: Instalações Elétricas, Instalações Prediais, Construção Civil, Energia, Sustentabilidade na Construção Civil, Planejamento Urbano, Desenho Técnico, Construções Rurais, Mecânica dos Solos, Gestão Ambiental e Ergonomia e Segurança do Trabalho. Como professor de pós-graduação atua na área de gerência de riscos e gerência de projetos.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento de água 10, 25, 43, 61, 76, 164, 183, 184, 191, 195, 197, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 215, 216

Abatedouro 162, 163, 164, 166, 168, 170

Água 1, 3, 6, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 61, 62, 63, 64, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 104, 106, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 121, 126, 127, 128, 132, 133, 136, 139, 141, 142, 146, 151, 152, 155, 156, 157, 159, 160, 162, 163, 164, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 176, 178, 179, 180, 183, 184, 185, 186, 187, 189, 191, 192, 194, 195, 197, 198, 199, 200, 201, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 238, 239, 241, 245, 248, 250, 252, 253, 255, 256, 257, 258, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274

Água de reuso 22, 24

Águas cinzas 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 50

Águas subterrâneas 96, 98, 100, 103, 104, 105, 106, 150, 151, 160, 161, 162, 166, 167, 168, 169, 171, 175, 182, 183, 184, 186, 187, 189, 195, 196, 197, 198, 202, 205, 206, 213, 218, 226, 227

Água subterrânea 92, 95, 96, 97, 98, 101, 102, 104, 152, 156, 157, 160, 162, 163, 166, 168, 171, 172, 173, 175, 176, 178, 179, 180, 183, 194, 195, 197, 198, 200, 201, 204, 214, 217, 218, 219, 221, 222, 226, 227

Alunos 34, 35, 38, 55, 56

Aquífero misto 96, 97, 100, 103, 104, 105

B

Bacia do salgado 127, 137

Bacia hidrográfica 77, 78, 79, 81, 83, 88, 89, 90, 92, 93, 95, 101, 102, 107, 108, 120, 121, 122, 126, 128, 131, 132, 137, 138, 184, 190, 205, 253, 254, 257, 258, 259, 260, 261, 267, 268, 271, 272, 273, 274

Bacia sedimentar do Araripe 127

Biorreatores com membrana submersa 24

C

Conscientização 31, 39, 43, 47, 48

Contaminação 20, 72, 86, 150, 151, 154, 157, 158, 160, 161, 168, 170, 171, 183, 197, 198, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 213, 217, 218, 219, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 238, 239, 256, 262, 270, 274

Critérios de potabilidade 197, 215

Cromo trivalente 173, 179, 180

D

Demanda de água 39, 49, 184, 211

Descontinuidade urbana 77, 79, 88

Desempenho 8, 47, 61

Desperdício 15, 18, 22, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 43, 48

Diagnóstico 82, 88, 118, 205, 207, 209, 214, 215, 216, 227, 229, 230, 231, 233, 234, 241, 253, 254

E

Eletrorresistividade 89, 93, 154, 228

G

Geoprocessamento 98, 100, 105, 120, 125, 126, 182, 184, 186, 187, 196, 243, 245

Gestão sustentável 39, 47, 48, 233

H

Hidráulica 50, 59, 61, 67, 91, 104, 176, 189, 220, 232, 233, 234, 235, 236

Hidrogeologia 89, 90, 97, 182, 196, 205, 206

Hidrologia 2, 23, 88, 90, 119, 120, 126, 138, 141

I

Inundações 3, 107, 108, 109, 110, 117, 118, 119, 128, 134, 231, 232, 234, 235, 236, 238, 241

L

Lineações 96, 97, 101, 102, 103, 104, 105

Lixiviação 140, 144, 173, 175, 200, 219, 268

M

MBR 24, 25, 28, 30, 31, 32

Medição de vazão 51, 53, 55, 59

Monitoramento 5, 39, 51, 53, 56, 83, 84, 121, 122, 160, 164, 166, 167, 169, 170, 171, 176, 179, 183, 199, 205, 217, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 239, 261, 262, 273, 274

N

Necrochorume 157, 217, 218, 219, 221, 225, 226, 227, 228

Neotectônica 96, 97, 98, 100, 101, 103, 105

Níquel 173, 175, 176, 177, 179, 180, 181

P

Precipitações médias 2, 6

Q

Qualidade da água 15, 16, 20, 32, 69, 70, 75, 76, 77, 82, 160, 162, 163, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 205, 206, 207, 208, 209, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 224, 255, 257, 258, 262, 265, 266, 267, 268, 270, 271, 272, 273, 274

Qualidade da água subterrânea 166, 172, 217, 218

R

Residências unifamiliares 17, 18, 19, 21, 22

Reuso 9, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 50

Reuso de águas cinzas 17, 18, 19, 21, 22, 23, 50

Reutilização 19, 34, 42

S

SIG 98, 120, 121, 130, 137, 259, 260

Sistema aquífero bauru 89, 90

Sistema de informação geográfica 98, 127, 130

Solo 3, 52, 69, 71, 75, 83, 85, 99, 110, 113, 114, 115, 116, 117, 121, 125, 127, 128, 132, 133, 135, 136, 137, 141, 150, 151, 152, 156, 157, 158, 160, 168, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 197, 198, 201, 204, 205, 217, 218, 219, 222, 223, 224, 227, 231, 232, 233, 236, 237, 238, 241, 248, 252, 255, 257, 258, 260, 262, 263, 267, 268, 270, 271, 273

T

Telhados verdes 1, 2, 3, 6, 7, 8

Tratamento de efluentes 51, 52, 53, 54, 59

Tubulações 61, 62, 64, 66, 73, 201, 210

U

Urbanização 2, 52, 77, 78, 87, 88, 107, 233, 234, 235, 236, 256, 271

Uso da terra 107, 110, 118, 119, 196, 261, 273

Uso racional 9, 10, 11, 16, 17, 26, 34, 40, 43, 50, 183

Usos múltiplos 18, 162, 257, 270, 271

Usuários 20, 35, 39, 41, 47, 48, 49, 70, 89, 92, 162, 207, 208, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 257

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-667-6

