

**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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
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
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>9</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>17</b>
ESTUDO DO REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM HABITAÇÕES UNIFAMILIARES NO ESTADO DO PIAUÍ	
Mariana Fontenele Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>24</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>34</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927095</b>	

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>39</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927096</b>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>51</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927097</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>61</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927098</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>68</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6761927099</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>77</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270910</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>89</b>
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**

<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>150</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270917</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>162</b>
QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ESTUDO DE CASO EM ABATEDOURO DE BOVINOS	
Isabel Cristina Lopes Dias Antonio Carlos Leal de Castro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270918</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>173</b>
A OCORRÊNCIA NATURAL DE NÍQUEL E CROMO (III) EM ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS COMPLEXOS ULTRABÁSICOS E ALCALINOS, O EXEMPLO DE JACUPIRANGA	
Augusto Nobre Gonçalves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270919</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>182</b>
OCORRÊNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE MONTES CLAROS - MG: UM ESTUDO DE CASO UTILIZANDO A GEOTECNOLOGIA	
Marcela Almeida Alves Marcos Rodrigues Cordeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270920</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>197</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270921</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>207</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270922</b>	

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>217</b>
INFLUÊNCIA DE CEMITÉRIO EM PARÂMETROS QUÍMICOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA	
Fernando Ernesto Ucker Maria Clara Veloso Soares Rosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270923</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>229</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270924</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>243</b>
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 Vinicius Rocha Leite Gabriel Adão Zechini da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270925</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>255</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.67619270926</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>275</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>276</b>

## ADEQUAÇÃO DE TELHADOS VERDES EXTENSIVOS PARA A CIDADE DE CARUARU-PE BASEADA NA MÉDIA DE PRECIPITAÇÕES CHUVOSAS

**José Floro de Arruda Neto**

Universidade Federal de Pernambuco  
Caruaru-PE

**Armando Dias Duarte**

Universidade Federal de Pernambuco  
Caruaru-PE

**Iálysson da Silva Medeiros**

Universidade Federal de Pernambuco  
Caruaru-PE

**Gustavo José de Araújo Aguiar**

Universidade Federal de Pernambuco  
Caruaru-PE

**Gilson Lima da Silva**

Universidade Federal de Pernambuco  
Caruaru-PE

**RESUMO:** O cenário de profundo déficit hídrico presente na região do Agreste Pernambucano, impõe a busca de soluções que visem a melhoria das condições habitacionais e a melhoria do escoamento das cidades, a fim de contribuir para a melhoria da qualidade de vida e ambiental. O uso de ferramentas como a utilização de telhados verdes, vem se mostrando uma alternativa promissora para minimizar esses impactos. O presente trabalho teve como objetivo a análise histórica pluviométrica dos últimos 50 anos para a escolha da cobertura vegetal ideal para períodos de estiagem. Para tal utilizou-se o banco de dados do Instituto

de Tecnologia de Pernambuco e com o auxílio de planilhas eletrônicas e testes estatísticos foi observado que a região apresenta características de estiagem, com pluviosidade média de 50 mm por períodos superiores a 4 meses. Para a utilização de cobertura vegetal de tipo extensiva devem ser escolhidas variedades que tenham necessidades abaixo dos 100 mm de precipitação mensais. A avaliação dos dados para seleção das espécies, sugeriu o uso da cobertura de plantas do próprio semiárido regional, por apresentarem vantagens de melhor adaptação e por naturalmente armazenarem água e nutrientes em períodos de déficit hídrico.

### ADEQUACY OF EXTENSIVE GREEN ROOFS TO THE CITY OF CARUARU-PE BASED ON THE MEANING OF RAINFALL PRECIPITATIONS

**ABSTRACT:** The scenery of deep water scarcity in the area of the Agreste from Pernambuco, imposes the search of solutions that seek the improvement of the habitational conditions and the improvement of the drainage of the cities, in order to contribute for the improvement of the life quality and environmental. The use of tools as the use of green roofs, comes if showing a promising alternative to minimize those impacts. The present work had as objective the analysis historical rain of the last 50 years for the choice of the ideal vegetable covering for drought periods. For such the database of the Institute

of Technology of Pernambuco was used and with the aid of electronic spreadsheets and statistical tests it was observed that the area presents drought characteristics, with medium rainfall of 50 mm for superior periods to 4 months. For the use of extensive vegetable covering of type they should be chosen varieties that have needs below the 100 mm monthly precipitation. The evaluation of the data for selection of the species, suggested the use of the covering of plants of the own regional semiarid, for they present advantages of better adaptation and for naturally they store water and nutritious in periods of water scarcity.

**PALAVRAS-CHAVE:** Telhados Verdes, Hidrologia, Precipitações médias.

## INTRODUÇÃO

Após a revolução industrial a migração para as cidades em busca de emprego foi intensificada gerando significativo aumento populacional, o que motivou as cidades a se adaptarem ao crescimento populacional. A população urbana brasileira teve um significativo crescimento passando de 32.000.000 na década de 50 para cerca de 160.000.000 nos dias atuais, representando 85% da população total (IBGE, 2010).

Nas cidades o espaço destinado ao escoamento natural dos rios e consequentemente das águas oriundas das chuvas foi em grande parte ocupado com construções que cada vez mais diminuíram a capacidade de escoamento. Além disso, o processo de urbanização tornou as cidades mais impermeáveis do ponto de vista da utilização de materiais de construção, como o concreto e o asfalto, o que aumentou o volume e velocidade do escoamento.

Relevante a ser observado é que diversos fatores sociais podem interferir diretamente nos resultados que levaram a este estudo. A população sem acesso a políticas públicas de urbanização e coleta de resíduos sólidos tende a descartar de maneira irregular estes resíduos, obstruindo parcialmente ou totalmente a estrutura de drenagem urbana.

Para o Nordeste brasileiro as intensas variações climáticas resultam em grandes eventos de enchentes e secas, que podem se prolongar por meses. Dois fenômenos se destacam na formação deste quadro O *El Niño* e a Oscilação do Sul (ARAGÃO, 1986; MARENGO *et al.*, 2011) (Destaca-se ainda a característica cíclica do *El Niño*, com reincidência em períodos entre 5 e 7 anos (ARAGÃO, 1986).

O Estado de Pernambuco analisando os problemas com as variações climáticas e instituiu em 2010 a Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas estabelecendo a criação de diversas unidades de pesquisa para o enfrentamento destes problemas (PERNAMBUCO, 2010).

Num cenário de redução de capacidade de escoamento por parte das bacias hidrográficas, falta ou precariedade de estruturas de drenagem, redução da permeabilidade e acúmulo de lixo o resultado são as enchentes em diversas cidades brasileiras. É de total relevância planejar soluções para eventos intensos visto que os

de estiagem e as inundações representam risco significativo de mortes (UFC, 2013).

O escoamento superficial é, então, intensificado, resultando no aumento da frequência e da magnitude dos picos do hidrograma de escoamento, levando à ocorrência de enchentes e frequentemente de inundações. A enchente está associada à ocorrência natural, que corresponde à elevação do nível d'água além dos limites normais do escoamento natural, e que a inundação normalmente decorre de modificações no uso do solo e provocam o extravasamento da água para além dos níveis máximos do curso d'água (SANTOS *et al.*, 2013).

A utilização de técnicas que reduzam a possibilidade de enchentes é fundamental nos contextos urbanos e entre elas se destacam a utilização de telhados verde, são coberturas vegetais instaladas na superfície de construções civis com objetivo de absorver as chuvas reduzindo a velocidade de escoamento das mesmas. Este tipo de cobertura reduz a temperatura do imóvel, provoca aumento da umidade relativa do ar, além de outros benefícios como o melhoramento visual da área onde se utiliza (CASTRO e GOLDENFUM, 2009). Outro importante impacto da construção de telhados verdes é a redução da temperatura interna em cerca de 2,0 °C em dias quentes e cerca de 4°C em ambientes externos (OLIVEIRA, 2009).

É possível ainda disponibilizar estas áreas para o cultivo de hortaliças e variedades de plantas medicinais, fortalecendo a segurança alimentar e geração de renda em cidades que tem cada vez maior redução de espaços destinados ao cultivo (ISLAM, 2004).

Os telhados verdes podem ser caracterizados em extensivo, aquele que necessita de pouca intervenção após sua instalação e o intensivo, que necessita de manutenção permanente, como a adubação e irrigação (DUNNET e KINGSBURY, 2004).

De acordo com Vanwoert *et al.* (2005), o telhado com cobertura vegetal pode reter até 82,8%, e quando combinada com a inclinação de 2% e profundidade média de 4 cm essa retenção chega a 87%, contudo o uso reduz sua eficácia para precipitações de maior intensidade sendo sua absolvição de até 90% para precipitações pequenas (< 25,4 mm) e menos que 50% para precipitações grandes (> 76,2 mm) (CARTER e RASMUSSEN, 2006).

No estudo de Carter e Rasmussen (2006) houve significativa redução da velocidade de escoamento, implicando em seus tempos que passaram de 17,0 minutos para o telhado comum para 34,9 minutos para o telhado verde, logo um aumento de 17,9 minutos no tempo médio de escoamento.

Dada a importância do estudo sobre telhados verdes e suas aplicações, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a forragem vegetal mais adequada para as condições climáticas Município de Caruaru-PE.

## MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Caruaru, situado na Mesorregião do Agreste e Microrregião do Vale do Ipojuca, a cerca de 130 km da capital. A temperatura média anual do município é de 22,7°C tendo como vegetação predominante à caatinga e traços de Mata Atlântica situada em brejo de altitude (IBGE, 2010).

A irregularidade das chuvas na região é um fator notório, pois a precipitação média acumulada está entre 500 mm a 600 mm por ano, e cerca de 30% das chuvas são de grande intensidade, acentuando a irregularidade pluviométrica. A taxa de evapotranspiração é superior às taxas de precipitação, sendo os meses de agosto a dezembro considerados críticos (SANTOS e MONTENEGRO, 2012). Para avaliação dos dados climatológicos, foi utilizado o banco de dados do Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP (2016) para se obter as informações das precipitações dos últimos 50 anos, e com o auxílio do programa Microsoft Excel 2007. Após a correção dos dados foram realizados testes estatísticos diversos como total de chuvas, média, moda, mediana, curtose, desvio absoluto, desvio médio, desvio padrão, variância, coeficiente de variação, e assimetria para os dados anuais e mensais. Sendo alguns deles demonstrados a seguir:

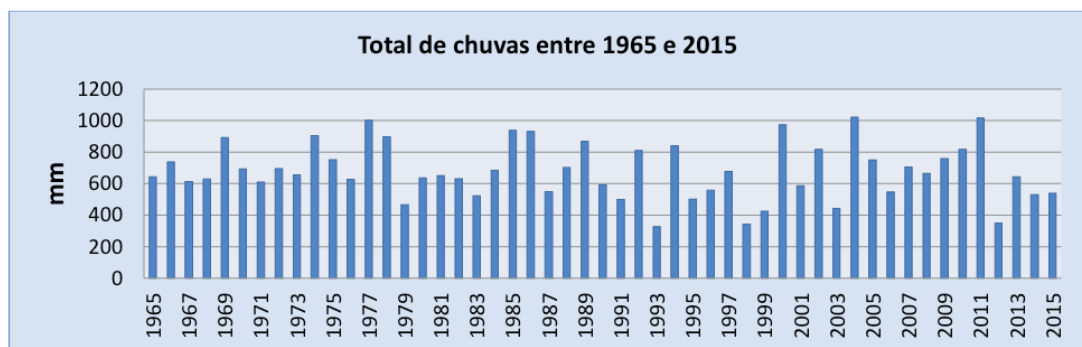


Figura 1 – Total das Chuvas no Município entre 1965-2015 (ITEP,2016).

Foi avaliada a média mensal de todas as precipitações no período de estudo, o que mais uma vez reforça os baixos índices de precipitação, sempre abaixo de 100 mm:

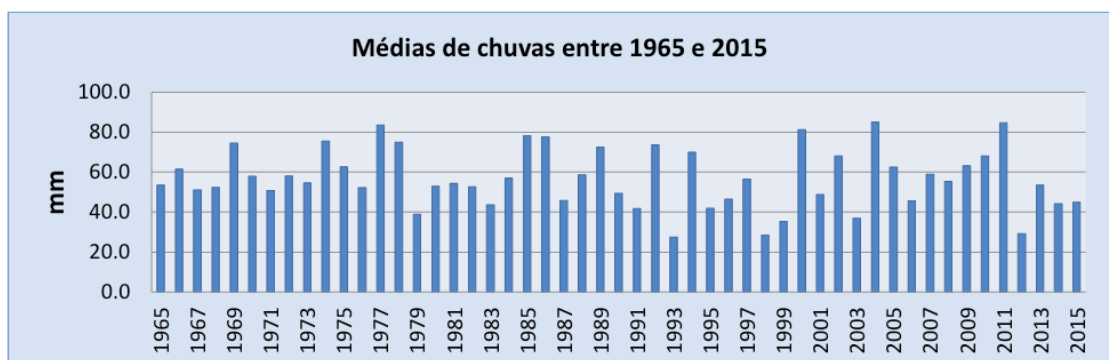


Figura 2 – Médias das Chuvas no Município entre 1965-2015 (ITEP,2016).

Foi identificado que nos meses de setembro a dezembro as precipitações nos últimos 50 anos foram quase que na totalidade abaixo de 100mm mensais em média conforme dados abaixo:

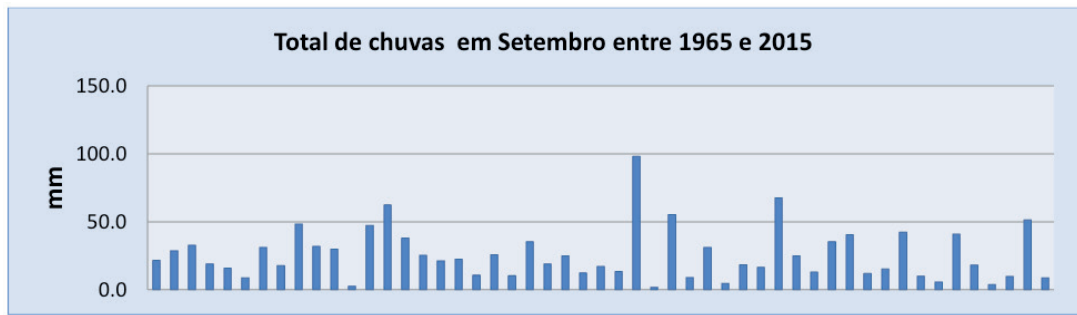


Figura 3 – Total das Chuvas no Município entre 1965-2015 no mês de setembro (ITEP,2016).

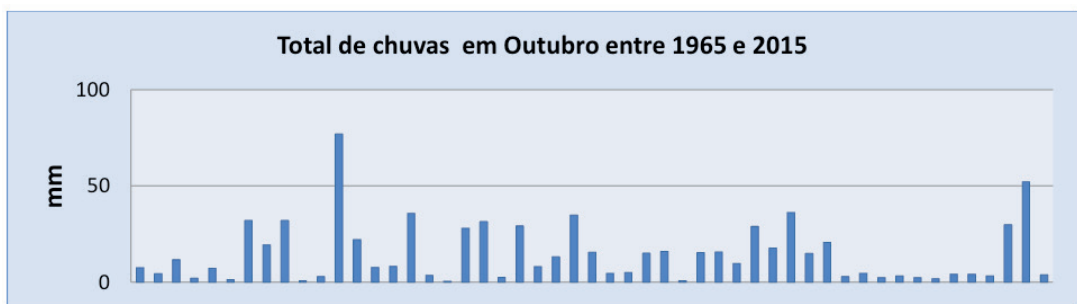


Figura 4 – Total das Chuvas no Município entre 1965-2015 no mês de outubro (ITEP,2016).



Figura 5 – Total das Chuvas no Município entre 1965-2015 no mês de novembro (ITEP,2016).



Figura 6 – Total das Chuvas no Município entre 1965-2015 no mês de dezembro (ITEP,2016).



## RESULTADOS E DISCUSÕES

A avaliação dos dados hidrológicos realizada, permitiram inferir que em relação às chuvas totais observou-se variação de 329,2 mm em 1993 a 1022,7 mm no ano de 2004 (Figura 1), isso demonstra um ano marcado por estiagem intensa e outro por enchentes na região, como também é possível observar a menor média mensal 27,4 mm no ano de 1993 e a maior 85,2 mm em 2004.

Outros eventos em destaque são os de seca em 1993, 1998 e 2012, e eventos de chuvas moderadas a intensas em 1963, 1973, 1984 identificados também por Guedes *et. al.* (2016).

Foi constatado a partir das medianas, que em 2011 foi de 74,2 mm e em 2015 foi de 14,7 mm, a maior e menor no período de estudo, respectivamente, os resultados demonstram que se excluindo os eventos máximos e mínimos, as precipitações mais uma vez se apresentam muito baixas, ratificando as características da região semiárida, o que confirma resultados semelhantes identificados por Andrade *et al.* (2018).

Foi observado conforme Figura 1, que nos últimos 50 anos as precipitações com média entre 50 mm e 100 mm ocorreram no intervalo de março a julho, tendo os últimos meses as precipitações médias sempre abaixo de 100mm, tendência essa identificada por Silva *et al.* (2010).

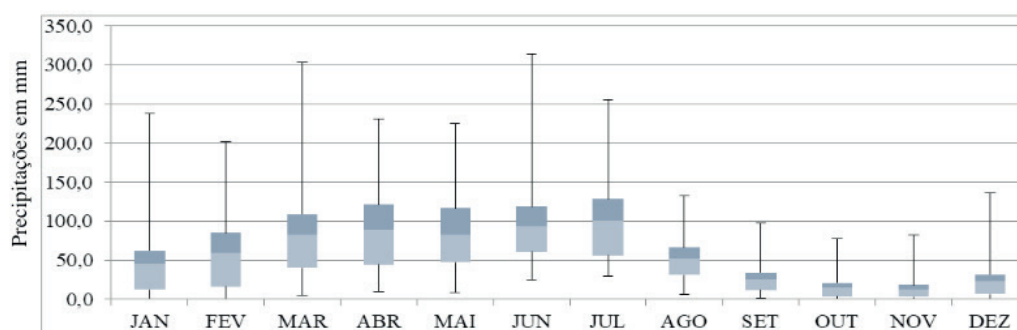


Figura 7 – Precipitações mensais do município de Caruaru no período 1965-2015 (ITEP,2016).

Os pontos de máximo apresentam distâncias das médias históricas, o que pode ocasionar forte risco de enchentes no primeiro semestre, justificando a necessidade de políticas de prevenção, entre elas a utilização de telhados verdes. Por fim nos meses de setembro a dezembro foi observada uma média histórica mensal abaixo dos 50 mm, justificando a adequação destes telhados a estas condições de estiagem, com o mínimo de intervenção humana, tornando-os extensivos. Para que isto ocorra é possível optar-se por variedades de plantas do semiárido regional se apresentam como alternativa de cobertura. O uso de cactos leva vantagem por naturalmente armazenarem água e nutrientes, como por exemplo a espécie conhecida popularmente como “Coroa de Frade”, ou cientificamente *Melocactus Zehntneri* para climas semiáridos resiste as condições climáticas do local por já se encontrar adaptada aos

mesmos e por ter características de folhagem que dificultam a transpiração, outros exemplos são as cactáceas nativas como o Xique-Xique (*Pilocereus Gounellei*), a Coroa de Frade (*Melocactus Zehntneri*, o Mandacaru (*Cereus Jamacaru*) (SILVA *et al*, 2010).

## CONCLUSÕES

É de suma importância observar as taxas de evapotranspiração elevadas no segundo semestre, sendo estas em média superiores às precipitações e também os telhados devem estar adequados à possibilidade de chuvas de grande intensidade e dispersas, evitando a morte da cobertura (SANTOS e MONTENEGRO, 2012). A variabilidade climática intensa, mesmo nos períodos chuvosos não garantem o sucesso de atividades agrícolas na região, fortalecendo a necessidade da escolha de variedades típicas do semiárido (MARENGO *et al.*, 2011). Luetzelburg (1922) afirma que o uso da espécie “Coroa de Frade” está restrita ao nordeste brasileiro e essa espécie é ameaçada pelas pressões antrópicas e exploração de seus habitats naturais (FABRICANTE, 2010). O uso das espécies típicas do semiárido, indicadas no presente trabalho para telhados da região, se apresentam como alternativa para a melhoria da qualidade de vida para os habitantes e escoamento urbano.

## AGRADECIMENTOS

À equipe envolvida no trabalho e ao Grupo de Gestão Avançada (GAMA).

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. R. S., NETO, A. H. G., DA SILVA CRUZ, A. F., DE ANDRADE, E. K. P., DOS SANTOS, V. F., & DA SILVA, T. N. P. (2018). *Geoestatística aplicada à variabilidade espacial e padrões nas séries temporais da precipitação no agreste pernambucano*. Journal of Environmental Analysis and Progress, 3(1), 126-145.

ARAGÃO, J. O. R. (1996). *A influência dos Oceanos Atlântico e Pacífico sobre a circulação atmosférica e a chuva na Região Semi-Árida do Nordeste do Brasil: Simulação e Observação*. In: SBMET. Anais do IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, Campos do Jordão - SP, p.830-833.

CARTER, T. L.; RASMUSSEN, T.C. (2016). *Hydrologic Behavior of Vegetated Roofs*. Journal of the American Water Resources Association, v. 42, n. 5, p.1261-1274, 2006. Como plantar. Disponível em: <http://cplantar.com/coroe-de-frade/> Acesso em 26 de novembro de 2016.

CASTRO, A. S.; GOLDENFUM, J. A.. (2010). *Uso de telhados verdes no controle quantitativo do escoamento superficial urbano*. Revista Atitude - Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre.

DUNNETT N. P.; KINGSBURY, N.. (2004). *Planting Green Roofs and Living Walls*. Portland (OR): Timber Press.

FABRICANTE J. R.; ANDRADE, L. A.; MARQUES, F. J.; *Caracterização populacional de Melocactus zehntneri (Britton & Rose) Luetzelburg (Cactaceae) ocorrente em um inselbergue da Caatinga*

paraibana. Laboratório de Ecologia Vegetal, Universidade Federal da Paraíba Revista Biotemas, 23 (1): 61-67, março de 2010.

GUEDES, R, V, S.; SOUSA, F, A, S.; SILVA, F, D, S.; SILVA, V, P, R.,;(2016) *Identificação e classificação espaço-temporal de eventos críticos chuvosos ou secos ocorridos em Pernambuco* Identification and classification spatio temporal of rainy or dry critical events in Pernambuco state. Ciência e Natura, Santa Maria v.38 n.1, 2016, Jan.- Abr. p. 413 – 428

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>> Acesso em 20 de novembro de 2016.

ISLAM, K.M.S. (2004). *Roof top gardening as a strategy of urban agriculture for food security: the case of Dakar city, Bangladesh*. Acta Horticulturae, ISHS, International Conference on Urban Horticulture, v. 643, p241-247.

ITEP - Instituto de Tecnologia de Pernambuco. (2016). Disponível em<<http://www.itep.br>> Acesso em 01 de novembro de 2016.

LUETZELBURG, P.. *Estudo botânico do Nordeste*. v.3.(Publicação 57, Série 1, A). Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas, Rio de Janeiro, Brasil, 232pp, 1922.

MARENCO, J. A.; ALVES, L. M.; BEZERRA, E. A.; LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro In: Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. 1 ed. Campina Grande. Instituto Nacional do Semiárido, v.1, p. 383-416, 2011.

OLIVEIRA, E. W. N.. (2009). *Telhados verdes para habitações de interesse social: retenção das águas pluviais e conforto térmico*. Eric Watson Netto de Oliveira.

PERNAMBUCO. Lei nº 14.090 de 17 de julho de 2010. Dispõe sobre a Política Estadual de Mudanças Climáticas. 2010. Disponível em: <http://www.semas.pe.gov.br/web/semas/legislacao>. Acesso em 23 de julho 2014.

SANTOS, S. T.; SANTOS, S. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; COUTINHO, A. P., MOURA, G. S. S.; ANTONINO, A. C. D.. (2013). *Telhado verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial*. Ambiente Construído, Porto Alegre – RS.

SILVA, P. C. G. da S.; MOURA, M. S. B. de.; KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T. de L.; PEREIRA, L. A.; SÁ, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. de C.; CUNHA, T. J. F. e GUIMARÃES FILHO, C. (2010). *Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos*. In: Sá, I.B. e Silva, P.C.G. da S. Semiárido Brasileiro: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. Embrapa Semiárido. Petrolina. pp. 7-48.

UFC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. (2013). Centro Universitário de estudos e pesquisas sobre desastres. Atlas Brasileiro de desastres naturais de 1991 a 2012: volume Pernambuco. Florianópolis: CEPED UFSC.

VANWOERT, N. D.; ROWE, D.B; ANDRESEN, J.A.; RUGH, C. L.; FERNANDEZ, R. T.; XIAO, L.. (2005). *Green Roof Stormwater Retention: effects of roof surface, slope and media depth*. Journal of Environmental Quality, v. 34, n. 3, p. 1036-1044.

## ANÁLISE DE ÁGUA PROVENIENTE DE APARELHO DE AR CONDICIONADO VISANDO O SEU REAPROVEITAMENTO

### **IIdeana Machado de Carvalho**

Universidade Católica de Pernambuco, Recife-PE

### **IIdeane Machado Teixeira de Sousa**

Universidade Católica de Pernambuco, Recife-PE

### **André Luiz da Silva Santiago**

Universidade Católica de Pernambuco, Recife-PE

### **Elisabeth Laura Alves de Lima**

Universidade Católica de Pernambuco, Recife-PE

### **Valderice Pereira Alves Baydum**

Universidade Católica de Pernambuco, Recife-PE

**RESUMO:** Este trabalho buscou avaliar a viabilidade de reuso da água proveniente de aparelhos de ar condicionado da unidade predial B da Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), mediante a análise quantitativa e qualitativa desta água, visando o uso racional desse recurso. As informações restringiram-se do 2º até o 6º pavimento por estes manterem uma padronização quanto à drenagem e capacidade dos aparelhos que são de 36.000 BTU, 48.000 BTU e 60.000 BTU, todos modelo Split. A coleta da água foi realizada em dois pontos (drenos) distintos, uma no horário da tarde e a outra à noite. O sistema de drenagem já existente permitiu que cada dreno recolhesse a água proveniente de 04 (quatro) aparelhos de ar condicionado. A partir da análise qualitativa, pode-se concluir que é viável o reaproveitamento da água proveniente

de aparelhos de ar condicionados para uso não potável, a exemplo de: serviço de limpeza geral da instituição, jardinagem e descarga sanitária, atividades estas realizadas atualmente utilizando-se água tratada. A análise quantitativa permitiu estimar a vazão média gerada em 30m<sup>3</sup> por mês considerando 42 aparelhos. Caso a instituição, fizesse o reaproveitamento dessa água, economizaria cerca de R\$ 272,00 por mês ou R\$ 3.264,00 por ano somente para este quantitativo de aparelhos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reuso, Água, Sustentabilidade.

### **WATER ANALYSIS PROVIDING AIR CONDITIONING APPLIANCES FOR REUSE**

**ABSTRACT:** This work looked for evaluate the feasibility of reuse of water from air conditioning units of the Catholic University of Pernambuco (UNICAP), through the quantitative and qualitative analysis of this water, aiming at the rational use of this resource. The information was restricted from the 2nd to the 6th floor because they maintain a standardization regarding the drainage and capacity of the appliances that are 36,000 BTU, 48,000 BTU and 60,000 BTU, all split model. The water was collected in two distinct drains, one in the afternoon and the other in the evening. The existing drainage system allowed each drain to collect water from four (4) air conditioners. From the qualitative

analysis, it can be concluded that it is feasible to reuse water from air conditioners for non-potable use, such as: general cleaning service of the institution, gardening and sanitary discharge, activities currently carried out using treated water. The quantitative analysis allowed to estimate the average flow generated in 30m<sup>3</sup> per month considering 42 appliances. If the institution did reuse this water, it would save about R\$ 272,00 per month or R\$ 3,264.00 per year only for this quantify of appliances.

**KEYWORDS:** Reuse, Water, Sustainability.

## 1 | INTRODUÇÃO

O problema da escassez de água alcançou escala mundial. Do ponto de vista local, o Brasil, embora dispondo de uma das maiores reservas de água doce, possui regiões que enfrentam este problema, a exemplo do Semi- Árido nordestino. Algumas cidades desta região sentem os efeitos da escassez de água ao passar pelo racionamento constante deste recurso para consumo humano e para o desenvolvimento socioeconômico.

A preocupação com os aspectos quantitativos ou de disponibilidade hídrica vem desde os primórdios de nossa civilização: o homem sempre procurou viver próximo aos rios. Os nômades e as primeiras comunidades procuravam viver próximo aos rios para suprir suas necessidades vitais, como sua dessedentação, alimentação e higiene. Com o aumento populacional, e conseqüente aumento da demanda, observou-se a necessidade de se avaliar a oferta de água disponível, visando a manutenção ou sustentabilidade das atividades de uma determinada região.

No início das civilizações não havia uma preocupação com o uso racional dos recursos hídricos, pois se acreditava que se tratava de um bem natural inesgotável. Esse pensamento era fruto de uma visão imediatista e local cuja utilização dos recursos disponíveis à sobrevivência era restrita. O aumento populacional trouxe mudança nesse cenário, uma vez que houve uma crescente demanda por recursos naturais, ao passo que estes mantiveram seus quantitativos.

No enfrentamento a esta questão ambiental, tem surgido alternativas visando o uso racional da água. São ações simples como as práticas do reuso da água que possibilita uma melhor gestão deste recurso trazendo benefícios sociais e ambientais. Dentre esses benefícios, dois se destacam: a qualidade dos mananciais em função da redução do lançamento de efluentes; e o aumento da quantidade de água potável para usos mais nobres, como o abastecimento de água

O problema da escassez de recursos hídricos leva a sociedade a buscar alternativas do uso sustentável deste bem. Assim, ações práticas tais como o aproveitamento da água proveniente dos drenos de ar condicionado tem se mostrado como uma alternativa para a sustentabilidade dos recursos hídricos em escala local.

Este projeto buscou avaliar a viabilidade de reuso de água proveniente de

aparelhos de ar condicionado da unidade predial B da Universidade Católica de Pernambuco, mediante a análise quantitativa e qualitativa, visando o uso racional desse recurso.

## 2 | METODOLOGIA

O levantamento dos dados para este projeto baseou-se em informações sobre os equipamentos de refrigeração instalados no Bloco “B” da UNICAP, o qual possui 08 (oito) pavimentos e uma diversidade de modelos de aparelhos: tipo Split (mini central e central) e tipo janela. Os dados foram cedidos pelo setor de Divisão da Manutenção Predial - DNP da UNICAP mediante Sistema de Controle do Patrimônio.

As informações restringiram-se do 2º até o 6º pavimento por estes manterem uma padronização quanto à drenagem e capacidade dos aparelhos que são de 36.000 BTU, 48.000 BTU e 60.000 BTU todos modelo Split.

Este projeto não contemplou os aparelhos tipo janela predominante no 7º e 8º andares, também não contemplou os dados do térreo e do 1º andar, pois não havia uma padronização dos modelos e nem do sistema de drenagem.

A coleta da água foi realizada no dia 31 de maio de 2016 em dois pontos (drenos) distintos, no horário da tarde e da noite. O sistema de drenagem (Figura 1) já existente permitiu que cada dreno recolhesse a água proveniente de 04 (quatro) aparelhos de ar condicionado.



Figura 1: Sistema de drenagem do bloco B

Para a estimativa da vazão da água gerada pelos aparelhos de ar condicionado, foram adotados dois pontos de recolhimento da amostra:

- 1) O Ponto 1 de coleta representou o quantitativo gerado nas salas das extremidades com 04 (quatro) aparelhos de capacidade de 36.000 BTU.

2) O Ponto 2 de coleta representou o quantitativo gerado nas salas centrais cujos aparelhos possuem capacidades variadas: 2 (dois) com 48.000 BTU, 1 (um) com 36.000 BTU e 1(um) com 60.000 BTU. O somatório das capacidades das duas últimas unidades é 96.000 BTU, o qual se dividindo por dois resultaria em dois aparelhos de 48.000 BTU. Desta forma, considerou-se para esse dreno, o equivalente a quatro aparelhos de 48.000 BTU.

A localização das salas, quantitativo de aparelho e BTU compreendidos neste trabalho estão nas Tabelas 01 e 02.

SALA	QUANTIDADE DE APARELHOS	BTU
B202	2	36000
B210	2	36000
B302	2	36000
B402	2	36000
B410	2	36000
B502	2	36000
B510	2	36000
B611	2	36000
total	16	

Tabela 01: Listagem das salas representadas no ponto 01

SALA	QUANTIDADE DE APARELHOS	BTU
B203	1	48000
B204	1	48000
B207	1	48000
B208	1	48000
B209	1	48000
B303	1	48000
B304	1	48000
B305	1	48000
B306	1	48000
B307	1	48000
B403	1	60000
B404	1	36000
B405	1	60000
B406	1	48000
B407	1	48000
B408	1	48000
B409	1	60000
B503	1	60000
B504	1	60000
B505	1	60000
B507	1	60000

B508	1	60000
B509	1	60000
B608	1	60000
B609	1	60000
B610	1	60000
Total	26	

Tabela 02:Listagem das salas representadas no ponto 02

A amostra foi coletada em dois horários conforme Tabela 3 abaixo:

PERÍODO	TEMPERATURA	VOLUME COLETADO AMOSTRA 1 (mL)	VOLUME COLETADO AMOSTRA 2 (mL)
Tarde (14:50 - 15:00h)	29°	590	1045
Noite (18:00 - 18:10h)	27°	890	1029

Tabela 3:Resumo da amostragem

Em relação a análise qualitativa as amostras foram analisadas com base na metodologia Standard Methods.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média do volume da amostra 01 foi de 740 mL coletado em 10 minutos. Considerando que o dreno coleta a água proveniente de 04 aparelhos, dividiu-se esse volume por 04, e obteve-se o volume de 185 mL em 10 minutos ou 18,5 mL /mim. Neste caso, em 1 hora obteve-se 1.110 mL. Multiplicando-se esse volume pelo total de aparelhos da tabela 01 (16 unidades) encontrou-se o valor de 17.760 mL/h.

Em relação a amostra 02, a média do volume foi de 1037 mL coletado em 05 minutos. Considerando que o dreno também coleta a água proveniente de 04 aparelhos, dividiu-se esse volume por 04, e obteve-se o volume de 259,25 mL /mim, ou seja, 51,85 mL /min ou 3.111 mL /h. De acordo com a tabela 04 o valor de BTU não é igual para todos os aparelhos:

	QUANTIDADE	BTU	TOTAL BTU
SALAS CENTRAIS	12	60000	720000
	13	48000	624000
	1	36000	36000
TOTAL	26		

Tabela 04:quantitativo de aparelho/BTUs



A fim de facilitar o cálculo da vazão, somou-se a quantidade de BTU dos aparelhos com 60.000 e 36.000 e dividiu-se o somatório por 48.000 para encontrar o número de equipamentos com BTU equivalentes a 48.000. O valor encontrado foi 16 aparelhos que somados aos 13 já existentes totalizou-se 29 aparelhos de 48.000 BTU. Multiplicando-se o volume 3.111 mL/h pelo número equivalente de aparelhos de ar condicionado com 48.000 BTU, obteve-se o valor de 89.441,25 mL/h.

Assim, para vazão total do sistema composto por 42 aparelhos, considerou-se a soma das vazões em ambos os pontos conforme Tabela 5.

Amostra	01	02	Sistema
Vazão média	17.760 mL/h.	89.441,25 mL/h.	107.201,25 mL/h ou 107,00 L/h.

Tabela 5 - Vazão média do sistema

Considerando-se que a UNICAP funciona em média 13h por dia de segunda a sexta e 6h no sábado, tem-se um funcionamento de 71h por semana ou 284h por mês. A Tabela 06 mostra a vazão média calculada para o horário de funcionamento da UNICAP.

	Horário de funcionamento (h)	Vazão gerada (L/dia)	Vazão gerada (m³/dia)
Segunda a sexta	13	1.391,00	1,391m³/dia
Sábado	6	642	0,642 m³/dia

Tabela 06: Vazão média diária estimada

A partir da Tabela 06 pode-se extrair a vazão semanal de 7.597,00 L/semana ou 7,597 m³/semana e a vazão mensal de 30.388,00 L/mês ou 30,388 m³/mês.

A análise qualitativa das amostras coletadas apresentou os seguintes resultados:

PARÂMETROS	UNIDADES	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	PORT. MS 2914/11	NBR 13969/97
pH		6,68	6,7	6,0-9,0	6,0-8,0
Alcalinidade	mg/l	14,0	16,0	-	-
Cloretos	mg/l	5,0	5,2	250	-
Condutividade	µS/cm	27,7	39,09	-	-
Dureza	mg/l	2,75	2,5	500	-
Turbidez	uT	0,38	0,38	5	5

Tabela 7: Resultados das Análises

Embora o objetivo da análise seja para fins não potáveis, a ausência de uma legislação específica para qualquer modalidade de reuso, os valores obtidos foram comparados com os limites estabelecidos pela Portaria MS 2914/2011 do Ministério da Saúde e com a NBR 13969/1997.

A primeira norma dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano. A segunda, trata do reuso de efluentes líquidos para usos restritivos não potáveis como lavagem de carros e outros usos que requerem contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador.

Os resultados indicaram que os valores dos parâmetros pH, cloretos, dureza e turbidez encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela referida portaria. Em relação à NBR 13.969/97, parâmetros como pH e turbidez também foram compatíveis com os usos previstos nas Classes 1, 2 e 3 de reuso, as quais indicam usos como lavagens de pisos, calçadas, irrigação dos jardins, descargas sanitárias e manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos.

Quanto ao parâmetro alcalinidade, o Ministério da Saúde (2014) informou que é comum as águas naturais apresentarem valores de alcalinidade no intervalo de 30 a 500 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  para pH entre 4,4 e 8,3. Considerando os valores de pH das amostras, os valores de alcalinidade poderiam estar dentro do intervalo apontado. Assim, os valores de alcalinidade foram inferiores, o que pode indicar uma concentração muito baixa ou mesmo ausência desses íons.

Em relação ao parâmetro condutividade, tem-se que "... as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ " (BRASIL, 2014). Assim, os valores de condutividade obtidos podem ser considerados compatíveis a águas naturais.

Portanto, o comparativo permitiu comprovar a viabilidade do aproveitamento desta água para múltiplos usos, desde que não seja para uso potável, contribuindo para a redução do desperdício.

#### **4 | CONCLUSÃO**

A partir da análise qualitativa realizada neste projeto, pode-se concluir que é viável o reaproveitamento da água proveniente de aparelhos de ar condicionados para uso não potável, a exemplo de: serviço de limpeza geral da instituição, jardinagem e descarga sanitária, atividades estas realizadas utilizando-se água tratada. A análise permitiu estimar a vazão média gerada na área estudada em 30m<sup>3</sup> por mês.

Em relação aos benefícios econômicos, a taxa cobrada pela atual companhia de saneamento do Estado de Pernambuco - COMPESA é de R\$ 54,80, tarifa mínima para o consumo de até 9,99 m<sup>3</sup> de água. Considerando que após essa cota o valor passa a ser de R\$ 10,86 por m<sup>3</sup> gasto e considerando ainda que a vazão média

mensal estimada foi de 30m<sup>3</sup>, a instituição, caso fizesse o reaproveitamento dessa água, economizaria cerca de R\$ 272,00 por mês ou R\$ 3.264,00 por ano.

Ressalta-se que esse valor estimado diz respeito à apenas 42 aparelhos de ar condicionado da Unidade B da UNICAP. Salienta-se também que a coleta foi realizada em período chuvoso. Em meses mais quentes a vazão estimada seria maior.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1980). **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**, 15 th, New York: APHA, AWWA, WPCF.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014. p 112. Disponível em: <[http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manualcont\\_quali\\_agua\\_tecnicos\\_trab\\_emetas.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf)>. Acesso em 01 de abr. 2017.

BREGA FILHO, D. MANCUSO, P. (2003) **Conceito de reuso de água**. In: Mancuso, P., Santos, H. dos (org). Reuso de água. Barueri, SP: Manole (USP).

NUNES, R. T. S. (2006) **Conservação da água em edifícios comerciais: potencial de uso racional e reuso em shopping center**. Rio de Janeiro: Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 144.

FORTES, P. D; JARDIM P. W. C. F. P. M. G., FERNANDES J. G. (2015). “**Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado**” in Anais do XII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Resende, Out.2015.

## ESTUDO DO REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM HABITAÇÕES UNIFAMILIARES NO ESTADO DO PIAUÍ

**Mariana Fontenele Ramos**

Universidade Federal do Piauí

Teresina – PI

**RESUMO:** O Piauí é um dos estados brasileiros a se destacar quanto à escassez de água em algumas de suas localidades. Mesmo com tal problemática, esse estado possui uma cultura de desperdícios de água potável, mostrando que ele está na contramão da realidade. Nesta perspectiva, este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade da implantação de um sistema de reuso de águas cinzas em residências unifamiliares no estado do Piauí, utilizando os efluentes resultantes de chuveiros e lavatórios de banheiros para o abastecimento de bacias sanitárias. Esse sistema visa a criação de uma consciência sustentável, através de um uso racional da água, que resulte na diminuição do consumo de água potável nas residências do estado. Após feita a análise qualitativa e quantitativa da aplicação desse sistema no estado do Piauí, verifica-se que o reuso de águas cinzas é possível, desde que cuidados específicos sejam tomados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Águas Cinzas; Reuso de Águas Cinzas; Residências Unifamiliares.

### STUDY OF THE REUSE OF GRAY WATERS IN UNIFAMILIARY HOUSES IN THE STATE OF PIAUÍ

**ABSTRACT:** Piauí is one of the Brazilian states to highlight water scarcity in some of its localities. Even with such problematic, this state has a culture of wastes of drinking water, showing that it is against reality. In this perspective, the objective of this work is to evaluate the viability of the implantation of a gray water reuse system in single family homes in the state of Piauí, using the effluents resulting from showers and bathroom sinks for the supply of sanitary basins. This system aims to create a sustainable awareness, through a rational use of water, which results in the reduction of consumption of drinking water in the state residences. After the qualitative and quantitative analysis of the application of this system in the state of Piauí, it is verified that the reuse of gray water is possible, provided specific care is taken.

**KEYWORDS:** Gray Waters; Reuse of Gray Waters; Single Family Residences.

### 1 | INTRODUÇÃO

Dentre os recursos naturais, a água é um dos que apresenta os mais variados e legítimos usos. É através deste recurso que ocorrerá o funcionamento biológico dos seres vivos em todos os níveis, desde o seu metabolismo até

o equilíbrio dos ecossistemas. Por isso, a água é um recurso natural imprescindível à vida. Dentre os usos múltiplos da água, sem dúvidas alguma, o abastecimento doméstico é o mais nobre e se manifesta praticamente em todas as atividades do homem: Manutenção da vida (água para beber), higiene pessoal e das habitações, combate a incêndios, entre outras (BENETTI & BIDONE, 2013).

O Brasil possui cerca de 12% da reserva mundial de água doce (aquela com concentração salina baixa e que pode ser usada para o consumo humano) e, isso torna-o um país privilegiado. Contudo, a distribuição desta reserva não é uniforme no território nacional, uma vez que algumas de suas regiões, principalmente a Nordeste, são vítimas do problema de escassez desse recurso natural (SHIKLOMANOV *et al.*, 2000, *apud* MARENGO, 2008).

Na região Nordeste existe áreas cuja disponibilidade de água por habitante/ano é menor que o mínimo de 2.000 litros recomendados pela ONU (MARENGO, 2008). Entre os estados desta região, o Piauí é um dos que se destaca quanto à escassez de água. O calor neste estado é intenso, as chuvas na maioria das vezes são poucas e espaçadas causando problemas de falta de água em algumas localidades.

Em contrapartida, o Piauí se destaca quanto ao desperdício desse recurso natural. De acordo com um levantamento feito no ano de 2016 pelo Instituto Trata Brasil com os dados mais recentes do Ministério das Cidades, o estado desperdiça cerca de 49,34% de toda a água tratada antes mesmo que ela chegue às torneiras da população. É o nono estado da federação com o maior percentual de perda (G1 PI, 2016).

Os números podem ser justificados pelos diversos vazamentos constantemente registrados, principalmente na capital Teresina, resultados esses da tubulação de abastecimento antiga e deteriorada, e o efeito do aumento da pressão da água por conta do aumento da demanda de distribuição. Dessa forma percebe-se que o Piauí parece estar na contramão da realidade, uma vez que em tempos de preocupação com a escassez de água já que açudes e barragens estão vazios em algumas localidades, o desperdício de água continua em várias regiões do mesmo (G1 PI, 2016).

Assim, o estado do Piauí deve fazer a promoção de atividades que busquem reduzir o consumo de água doce, utilizando-a de forma racional e sustentável, evitando o seu desperdício, uma vez que o mesmo não possui uma consciência de sustentabilidade.

Nesse contexto, deve-se considerar o reuso de águas cinzas como um importante mecanismo na diminuição do volume de água potável consumido nas residências, pois essa forma de reuso permite que haja a substituição de água potável por uma água de qualidade inferior para um uso específico dentro dos padrões de potabilidade.

Desse modo, este trabalho tem como objetivo analisar o possível reuso de águas cinzas em residências unifamiliares no estado do Piauí, trazendo uma reflexão sobre os benefícios dessa prática para um desenvolvimento sustentável hídrico para as atuais e futuras gerações.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do presente trabalho foi realizado no estado do Piauí, que está localizado na região Nordeste do Brasil, pois esse apresenta em algumas localidades a falta de água. E, por mesmo com esta problemática ainda imperar no mesmo uma cultura de desperdícios desse recurso.

Baseando-se em Rossi e Elias (2015), o primeiro passo para o estudo da viabilidade da implantação de um sistema de reuso de águas cinzas, no estado em questão, foi verificar o perfil de consumo da sua população. Isso, porque o conhecimento do perfil de consumo descreve o quadro abrangente sobre o qual poderá ser elaborado um programa de gerenciamento da água de uma edificação, permitindo estabelecer ações racionalizadas para que a conservação de água possa ser maximizada (GONÇALVES, 2009).

A base principal de dados desse artigo foi o Manual da FIESP (2005), pois ele sugere soluções de fácil implementação para a elaboração de um sistema de conservação e reuso de água em edificações e, a Norma Técnica de Instalação Predial de Água Fria (NBR 5626, 1996). Visando a elaboração do projeto de sistema de reuso foi utilizado o software AUTOCAD 2018, no qual para a projeção do sistema de tratamento das águas cinzas mais viável, para a possível reutilização, baseou-se em Rossi e Elias (2015).

Assim, através do sistema projetado, foi possível definir um modelo de reuso de águas cinzas que possa ser utilizado no estado do Piauí, sendo considerado que o destino da água reutilizada será apenas para descargas de bacias sanitárias, pois esse sistema de reuso é mais simples e seria mais viável nas residências do estado. O trabalho em questão foi organizado segundo as etapas a seguir: Pesquisa bibliográfica, estudo de demanda e disponibilidade de água para consumo, projeto do sistema de reuso e resultados.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

No estudo em questão, através de um conhecimento prévio do perfil de consumo do estado Piauí, busca-se avaliar se a água consumida durante o banho pelo chuveiro e a consumida pelo lavatório do banheiro é suficiente para suprir a demanda da bacia sanitária, esta que pode ser suprida com água não potável.

Inicialmente buscou-se a análise quantitativa da viabilidade do sistema de reuso de águas cinzas em residências unifamiliares, isso será obtido através de alguns cálculos. O volume de efluentes disponíveis para reuso e o demandado diariamente por habitante residencial será estimado através da vazão específica das fontes, a frequência de utilização e o tempo médio de uso.

Para o cálculo do volume disponível pelo chuveiro, considera-se a sua vazão de projeto como sendo 0,20 L/s, de acordo com a NBR 5626 (Instalação Predial de

Água Fria). A frequência de utilização e o tempo de duração de cada banho depende de questões culturais e das necessidades fisiológicas de cada usuário. De acordo com uma pesquisa realizada pela consultoria TNS Global Market Research, no ano de 2010, os brasileiros tomam banhos diários entre 2 e 3 vezes ao dia. Assim, para efeito de cálculo considera-se dois banhos diários por habitante no estado do Piauí, com a duração de cinco minutos cada (o que corresponde a 300 segundos por banho, essa é a duração ideal segundo a Organização Mundial de Saúde). Dessa forma, o volume diário consumido no chuveiro por habitante equivale a  $0,20 \times 300 \times 2 = 120$  L.

Para o cálculo do lavatório existente em banheiros, a NBR 5626 estabelece a vazão de projeto igual a 0,15 L/s. Considerando que cada habitante utilize o lavatório em média 2,25 minutos diariamente (BROW, 1984; CALDWELL, 1984 *apud* TOMAZ, 2003), o volume diário consumido pelos lavatórios por habitante residencial será  $0,15 \times 2,25 \times 60 = 20,25$  L.

Já no cálculo para a estimativa do volume diário necessário para suprir a demanda da bacia sanitária por habitante em uma residência unifamiliar, considera-se o consumo de 9 L por descarga, sendo 5 a quantidade diária de descargas (TOMAZ, 1998). Assim, o volume necessário para suprir a demanda diária por habitante desse dispositivo será igual a  $9 \times 5 = 45$  L.

Analisando os dados obtidos através dos cálculos realizados, observou-se que a disponibilidade hídrica por habitante, essa que é igual ao somatório do volume de efluentes decorrentes do chuveiro e do lavatório, equivale a 140,25 L. Logo, esse volume ultrapassa o consumido por uma bacia sanitária, que equivale a 45 L. Assim, essa avaliação quantitativa demonstra que a produção de águas cinzas é suficiente para cobrir a demanda que possibilite o seu reuso em tais residências.

Após feita a análise quantitativa realiza-se a análise qualitativa das águas de reuso, pois é através desta que os cuidados específicos devem ser considerados para que não haja contaminações que tragam riscos à saúde dos usuários.

Segundo a FIESP (2005), exigências mínimas devem ser seguidas a rigor para que seja verificada uma qualidade da água adequada para o seu reuso em descargas de bacias sanitárias. Tais exigências são:

- Não deve apresentar mau-cheiro;
- Não deve ser abrasiva
- Não deve manchar superfícies;
- Não deve deteriorar os metais sanitários;
- Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

Para que essas exigências sejam cumpridas de forma eficaz é necessário que seja verificado qual o tipo o tipo de tratamento adequado para as águas de reuso, buscando encontrar a tecnologia apropriada para estabelecer um sistema mais viável

a ser implantado nas residências unifamiliares do estado Piauí.

Assim, o projeto de reuso de águas cinzas a ser instalado em residências unifamiliares no estado Piauí, considerando os níveis de tratamento mínimos indicados no Manual da FIESP (2005), está sugerido a seguir:

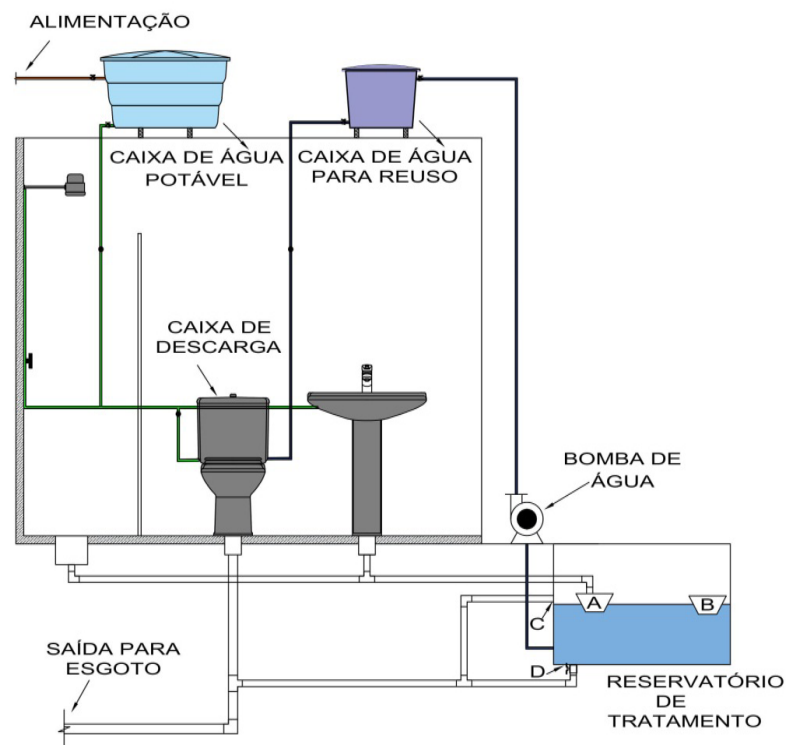


Figura 1 - Sistema residencial de reuso de águas cinza

Fonte: Autor, 2018.

\* A = Filtro aerado B= Clorador flutuante C= Ladrão

D= Ralo com registro para descarte diário.

De acordo com a proposta do sistema sugerida anteriormente, observa-se as instalações hidrossanitárias que recolhem o volume de água cinza do lavatório e do chuveiro, ambos encontrados no banheiro residencial. Depois, o volume de efluentes será enviado a um ponto de tratamento (detalhado posteriormente), para que receba cuidados específicos e se tornem aptos ao reuso. Após o tratamento, a água tratada deve ir para uma caixa d'água através de recalque (conjunto motor-bomba), e esta deve ser utilizada apenas para a bacia sanitária. Fora isso, como forma de prevenção, é necessário colocar um ramal para o vaso sanitário da outra caixa d'água que alimenta os outros aparelhos da casa, para o caso de dar problema no sistema de reuso ou na manutenção do sistema de tratamento etc. Tal ramal será dotado de um registro de gaveta para que o fluxo da água somente alimente a bacia sanitária quando for necessário.

É importante salientar que a bacia sanitária escolhida deve ser a do tipo com caixa acoplada, ou seja, aquela que fica em conjunto com o vaso sanitário, uma vez



que a caixa acoplada possui a opção de botões duplos, onde possibilita que em cada um deles seja liberada quantidades de águas diferentes, tornando o consumo mais sustentável.

O tratamento mais viável das águas cinzas recolhidas a residências unifamiliares foi detalhado por Rossi e Elias (2015), que sugere que o volume recolhido deve passar por duas etapas de tratamento, a filtração e a desinfecção. Na filtração haverá a separação sólido/líquido, através de pequenos filtros aerados, que são equipamentos que contêm uma camada de areia, retendo as partículas sólidas presentes na água. Já na desinfecção a água a ser tratada biologicamente, através da cloração da água, através de cloro orgânico que é o aquele utilizado em piscinas, eliminando possíveis microorganismos nocivos. E por último, é necessário que seja feita a correção de pH, isso através da adição de pequenas quantidades de cal hidratada ou carbonato de sódio, assim a rede de encanamentos será preservada.

A manutenção do sistema, também é sugerida por Rossi e Elias (2015), que retratam que essa deve ser simples, consistindo apenas na troca da pastilha de cloro do clorador (de origem orgânica, semelhante ao usado na desinfecção de piscinas) e limpeza das partículas sólidas retidas no filtro areado, devendo ser realizada, em média, uma vez por mês. Porém, dependendo da frequência de utilização dos aparelhos e do volume corrente de água, a quantidade média de manutenção deve ser avaliada.

#### **4 | CONCLUSÃO**

Neste trabalho, de forma simplificada, buscou-se avaliar se o sistema de reuso de águas cinzas para suprir a demanda da bacia sanitária em residências unifamiliares do estado do Piauí seria viável. Dessa forma, pode-se concluir que a disponibilidade diária de água para reuso é suficiente para suprir a demandada, procurando elaborar um projeto hipotético que seria capaz de realizar todas as fases de tratamento necessárias. Mesmo após a realização do tratamento, a água de reuso do sistema em questão tem sua qualidade reduzida, por isso a sua finalidade se restringe apenas para a descarga da bacia sanitária.

É importante ressaltar que para a avaliação do sistema de reuso sugerido nesse estudo não foi levado em consideração os custos de implantação e manutenção e o tempo de retorno financeiro que seria proporcionado por residência. Isso, porque foi buscado analisar o sistema não do ponto de vista econômico e sim qual seria a sua contribuição sustentável. Uma vez que, o reuso de águas cinzas evitaria o desperdício de água potável nas residências, diminuiria também a demanda sobre os mananciais, o que poderia contribuir para a diminuição dos problemas de escassez no estado, gerando também na população uma consciência sustentável. Assim, é importante que sejam criados meios públicos que incentivem a população à difusão

da prática de reuso de águas cinzas não somente no estado do Piauí como também em todas as regiões que sofram com a problemática de escassez do recurso água.

## REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 5626: 1996: **Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações**. 2005. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

BENETTI, A.; BIDONE, F. **O meio ambiente e os recursos hídricos**. In: TUCCI, C.E.M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. Rio Grande do Sul: Editora da UFRGS, 2013. Cap. 22, p. 849 – 875.

BROW, 1984; CALDWELL, 1984 apud MAY, 2009. **Estimativas da Demanda Residencial de Água Potável para Uso Interno nos EUA**. NewYork.

EcoD, **Banho de cinco minutos é bom para a pele e para o meio ambiente**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/panorama>. Acessado em 24 de março de 2018.

FIESP. **Conservação e Reuso de Água em Edificações**. São Paulo, Prol editora e Gráfica, 2005.

FIORI, S. *et al.* **Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinzas em edificações**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, jan./mar. 2006.

G1 Piauí, **Quase 50% da água tratada no PI é perdida antes de chegar às torneiras**. Disponível em: <http://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2016/05/quase-50-da-agua-tratada-no-pi-e-perdida-antes-de-chegar-torneiras.html>. Acessado em 3 de dezembro de 2017.

O Globo, **Brasileiros são campeões globais em banhos diários, mas metade não lava as mãos**. 2010. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/sociedade/saude/brasileiros-sao-campeoes-globais-em-banhos-diarios-mas-metade-nao-lava-as-maos-2979390>. Acessado em 24 de março de 2018.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. Estudos Avançados. v. 22. n. 63. 2008.

ROSSI, M. A.; ELIAS, M. C. **Aplicação de reuso de águas cinzas em residências unifamiliar**. XV Safety, Health and Environment World Congress, Porto, p. 120-125, julho, 2015.

SHIKLOMANOV, I. A. *et al.* **The dynamics of river water inflow to the Arctic Ocean**. In: LEWIS, E. L. *et al.* (Ed.) The Freshwater Budget of the Arctic Ocean. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. p.281-96.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva: Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2003.

TOMAZ, P. **Economia de água: Para empresas e residências**. São Paulo: Navegar, 2001. 112p.

## PROJETO DE SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA CINZA DE UM PRÉDIO RESIDENCIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS

**Daniel Kiyomasa Nakadomari**

UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES  
Campus Villa Lobos  
São Paulo, SP

**Deividi Lucas Paviani**

UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES  
Campus Villa Lobos  
São Paulo, SP

**Osmar Amaro Rosado**

UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES  
Campus Villa Lobos  
São Paulo, SP

**William Freitas Petrangelo**

UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES  
Campus Villa Lobos  
São Paulo, SP

**Camila Brandão Nogueira Borges**

UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES  
Campus Villa Lobos  
São Paulo, SP

**Camila Fernanda de Paula Oliveira**

UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES  
Campus Villa Lobos  
São Paulo, SP

**Paulo Sergio Germano Carvalho**

UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES  
Campus Villa Lobos  
São Paulo, SP

**Daniel Lyra Rodrigues**

Instituto de Energia e Ambiente da Universidade  
de São Paulo  
São Paulo, SP

**RESUMO:** Este artigo apresenta um projeto de sistema de reúso de águas cinza para fins não potáveis, sendo a escolha e desenvolvimento feito da maneira mais adequada para o uso do sistema em instalações residenciais. O projeto faz uso de membrana filtrante e contempla definições de instalação, pontos de coleta e de reuso, bem como as respectivas quantidades, tanques reservatórios e cisternas necessárias. Para ilustrar a viabilidade econômica, foram realizadas distintas análises de cenários possíveis com o retorno de investimento em prazos significativos para completo pagamento do investimento. E sobre a viabilidade técnica, todo o projeto foi elaborado de forma a ser uma instalação simplificada com quase todos os itens de fornecimento disponíveis em mercado nacional. O estudo realizado retrata condições climáticas e de mercado da capital do estado de São Paulo dos anos de 2014 e 2015, pertinentes a uma década de crise nos recursos hídricos.

**PALAVRAS-CHAVE:** MBR. Água de reuso. Biorreatores com membrana submersa.

### PROJECT OF GRAY WATER REUSE SYSTEM IN A RESIDENTIAL BUILDING FOR NON-POTABLE PURPOSES

**ABSTRACT:** This article presents a project of gray water reuse system for non-potable purposes, where technology selection and development are done focusing residential installations. The project makes use of membrane filter and

includes installation settings of water collection and reuse, including necessary water volumes, tanks and cistern. In order to show evidences of economic viability, different analyzes of possible scenarios were performed, including return of investment in time. About the technical viability, the whole project was designed in order to be a simplified installation with almost all supply items available in the domestic market. The study demonstrates climate and market conditions in the capital of São Paulo State in 2014 and 2015, related to a decade of crisis in water supply.

**KEYWORDS:** MBR. Water reuse. Bioreactors with submersed membrane

## 1 | INTRODUÇÃO

Com a recente crise no fornecimento de água que atingiu algumas regiões do Brasil, o alto consumo e falta de chuva fizeram com que os reservatórios chegassem a níveis críticos. A busca por medidas e alternativas que supram a falta do abastecimento de água e evitem uma escassez hídrica, aumenta a cada dia.

Em residências, comércios, indústrias, e setores de agronegócios, a falta d'água causa um grande transtorno social e econômico. Tendo em vista esta situação, foi elaborado neste estudo um projeto de Sistema de Reúso de Água (desde sua captação até sua utilização), onde fora analisada a viabilidade econômica da instalação de um Sistema de Reúso de água em um condomínio de edifício residencial no Município de São Paulo, levantando-se os custos dos materiais, despesa com água, esgoto e energia, propondo distintos cenários para análise do tempo de retorno de investimento e validação do uso de sistemas como este apresentado para novos empreendimentos.

A opção por este tema está pautada na escassez hídrica que aconteceu no estado de São Paulo. Este problema ocasionou o aumento da consciência ecológica, levando a uma reeducação no uso dos recursos hídricos por boa parte da população.

O Brasil já dispõe da tecnologia necessária para adotar o reúso da água, faz-se necessário elaborar um estudo para a verificação da viabilidade destes projetos.

## 2 | METODOLOGIA

O presente trabalho usou como metodologia a revisão bibliográfica, descrição de técnicas de reúso e a elaboração de um estudo de caso com a análise do retorno de investimento para averiguar a viabilidade econômica do projeto, considerando todo o investimento do sistema, despesas com água e esgoto de acordo com a tarifa da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), e consumo de energia para completa avaliação da utilização deste projeto para reúso de água cinza em condomínio residencial.

Analisou-se a viabilidade técnica/econômica da adoção do sistema de Biorreatores com Membranas Submersas (MBRs) para um prédio residencial, de apenas uma torre, localizado no bairro da Casa Verde, zona norte de São Paulo. A

torre possui 18 andares e 04 apartamentos por andar, sendo cada apartamento de 82 m<sup>2</sup> é composto por dois dormitórios, uma suíte, um lavabo, uma cozinha e uma sala. Para tanto a referida técnica foi comparada com o custo da aquisição de água em rede pública e a compra de caminhão pipa.

Vale salientar que a região metropolitana de São Paulo, na data base do estudo, passava por um momento de grande escassez hídrica.

### 3 | TÉCNICAS DE REÚSO

Entre as técnicas de uso racional dos recursos hídricos, está o reúso da água, que consiste em um sistema de tratamento de águas cinza, que são águas provenientes de edificações residenciais sem tratamento e sem contato com o vaso sanitário. A determinação da técnica a ser utilizada é de extrema importância para o sucesso do sistema de tratamento como um todo, depende da qualidade de efluente de coletado e do uso final, por isso deve ser feita de forma criteriosa (MAY, 2008).

#### 3.1 Filtração em Membranas

Filtração por membranas é um método eficiente para a remoção de poluentes químicos tradicionais e emergentes, incluindo os de baixa massa molecular como os disruptores endócrinos e organismos patogênicos (HESPANHOL, 2014).

A membrana é uma barreira capaz de separar duas fases, restringindo total ou parcialmente o transporte de massas presentes nessas fases (KELLNER, 2014), como demonstra figura 1.

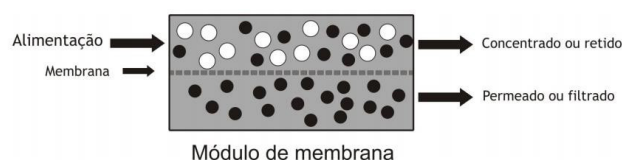


Figura 1 - Representação do processo de separação por membranas (PETRUS, 2008).

#### 3.2 Biorreatores com Membranas Submersas (MBRs)

O sistema de MBRs, como demonstra a figura 2, consiste em um processo de separação por membranas de microfiltração (MF) ou ultrafiltração (UF). Esse sistema vem crescendo rapidamente nos últimos 15 anos, devido ao fato de que os efluentes tratados pelas MBRs são de altíssima qualidade, a área de instalação é menor comparada ao sistema de lodo ativado e há redução do custo de investimento devido aos avanços tecnológicos ligados ao sistema e os problemas de escassez de água nos grandes centros urbanos (SUBTIL; HESPANHOL & MIERZWA, 2013).

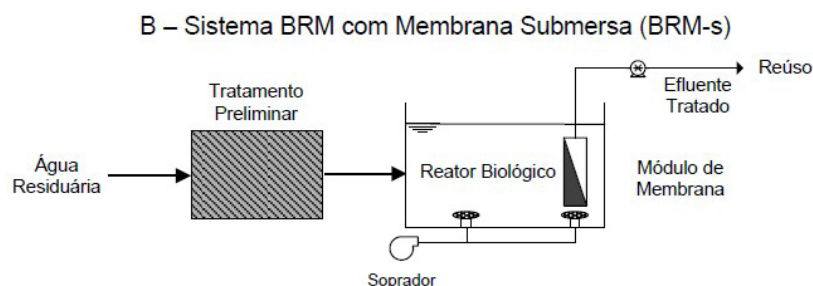


Figura 2 – Principais configurações do sistema de Biorreatores com membranas  
(SUBTIL *et al.*, 2013).

No Brasil ainda existe uma relutância na utilização dos MBRs pois os equipamentos (cassete) não são fabricados em território nacional, falta mão de obra especializada para operar o sistema de tratamento e falta de padronização dos produtos de membranas para o sistema MBRs que não permite a intercambialidade. Outro problema é a falta de incentivo público para o desenvolvimento de sistemas avançados de tratamento (SUBTIL *et al.*, 2013).

Os principais motivos favoráveis à escolha do modelo MBRs para o desenvolvimento do presente estudo são: a área reduzida de instalação, sem necessidade de haver um decantador secundário e a alta qualidade do permeado.

## 4 | ESTUDO DE CASO

Para que fosse possível averiguar o custo total do projeto foram apresentados os dados, já calculados, de fornecimento de água no cavalete, bombas para recalque, reservatórios e outros periféricos, além de todos os materiais e equipamentos necessários, tornando possível estimar o tempo de retorno do investimento com referência ao ano de 2015.

### 4.1 Descrição do empreendimento

Para toda a análise de viabilidade econômica, foi considerado um prédio residencial, no caso, apenas uma torre, localizado no bairro da Casa Verde, zona norte de São Paulo. A torre possui 18 andares e 04 apartamentos por andar, sendo que cada apartamento de 82 m<sup>2</sup> é composto por dois dormitórios, uma suíte, um lavabo, uma cozinha e uma sala.

### 4.2 Dados do projeto

Baseado em Braga (2009), foram determinados dados como estimativa de consumo de água, vazões de águas cinzas e volume de água de reúso utilizada para o dimensionamento do projeto. Esses valores foram aplicados como referência para a determinação do conjunto hidráulico do edifício. A tabela 1 demonstra esses dados de entrada do projeto.

<b>Dados de entrada do projeto</b>	<b>Valor</b>
Estimativa de fornecimento de água potável para o prédio	4,36 m <sup>3</sup> /h
Estimativa do consumo de água potável (Cd)	72.000 l/dia
Estimativa de vazão de esgoto total (Qm)	57.600 l/dia
Vazão de água cinza a ser tratada (Qm cinza)	17.856 l/dia
Volume de água de reúso utilizada nos vasos sanitários (Q vaso)	17.280 l/dia
Volume de água de reúso utilizada nos jardins (Q jardim)	379,2 l/dia
Vol. de água de reúso utilizada na limpeza de áreas comuns (Q limpeza)	2.274 l/lavagem
Volume total de água de reúso utilizada no prédio	19.933 l/dia

Tabela 1 – Dados de entrada do projeto.

O sistema hidráulico, ilustrado na figura 3, é dividido em dois: sistema de alimentação principal e sistema de alimentação do tanque de tratamento. O sistema de alimentação principal é responsável pelo direcionamento da água de reúso tratada (TQ-2) para os reservatórios (TQ-3 e TQ-4), e conseqüentemente aos pontos de utilização. As tabelas 2 e 3 demonstram os dados técnicos do sistema de alimentação principal e da bomba de sucção e recalque (BB-03).

<b>Dados do sistema de alimentação principal</b>	<b>Valores</b>
Reservatório de água de reúso tratada	30.000 L
Diâmetro da tubulação de recalque (Drec)	Ø32mm
Diâmetro da tubulação de sucção (Dsuc)	Ø40mm
Altura manométrica de recalque com a perda de carga ( $H_{man}^{rec}$ )	51,4 m.c.a
Altura manométrica de sucção com a perda de carga ( $H_{man}^{suc}$ )	0,73 m.c.a
Comprimento total da tubulação de recalque com as singularidades	60,5 m
Comprimento total da tubulação de sucção com as singularidades	22,2 m

Tabela 2 – Sistema de alimentação principal

<b>Dados da Bomba de sucção e recalque do sistema principal – BB-03 <sup>1</sup></b>	<b>Valores</b>
Vazão requerida (Qreq)	4,975 m <sup>3</sup> /h
Rotação específica (nq)	6,7 rpm
Potência da Bomba	4 CV

Tabela 3 – Bomba do sistema de alimentação principal

O sistema de alimentação do tanque de tratamento coleta a água de reúso a ser tratada (TQ-1), envia para o tanque de tratamento do MBR (TQ-2). As tabelas 4 e 5 demonstram os dados técnicos do sistema de alimentação do tanque de tratamento e sua bomba submersível.

Dados do sistema de alimentação do tanque de tratamento	Valores
Reservatório séptico - Tanque de alimentação do sistema	20.000 L
Diâmetro da tubulação de recalque (Drec)	Ø20 mm
Altura manométrica de recalque com a perda de carga ( $H_{man}^{rec}$ )	8,3 m.c.a
Comprimento total da tubulação de recalque com as singularidades	7,7 m

Tabela 4 – Sistema de alimentação do tanque de tratamento

Dados da Bomba submersível de recalque - sistema de tratamento – BB-01 <sup>1</sup>	Valores
Vazão requerida ( $Q_{req}$ )	4,45 m <sup>3</sup> /h
Rotação específica ( $n_q$ )	12,6 rpm
Potência da Bomba	1,5 CV

Tabela 5 – Bomba submersível de recalque do sistema de tratamento

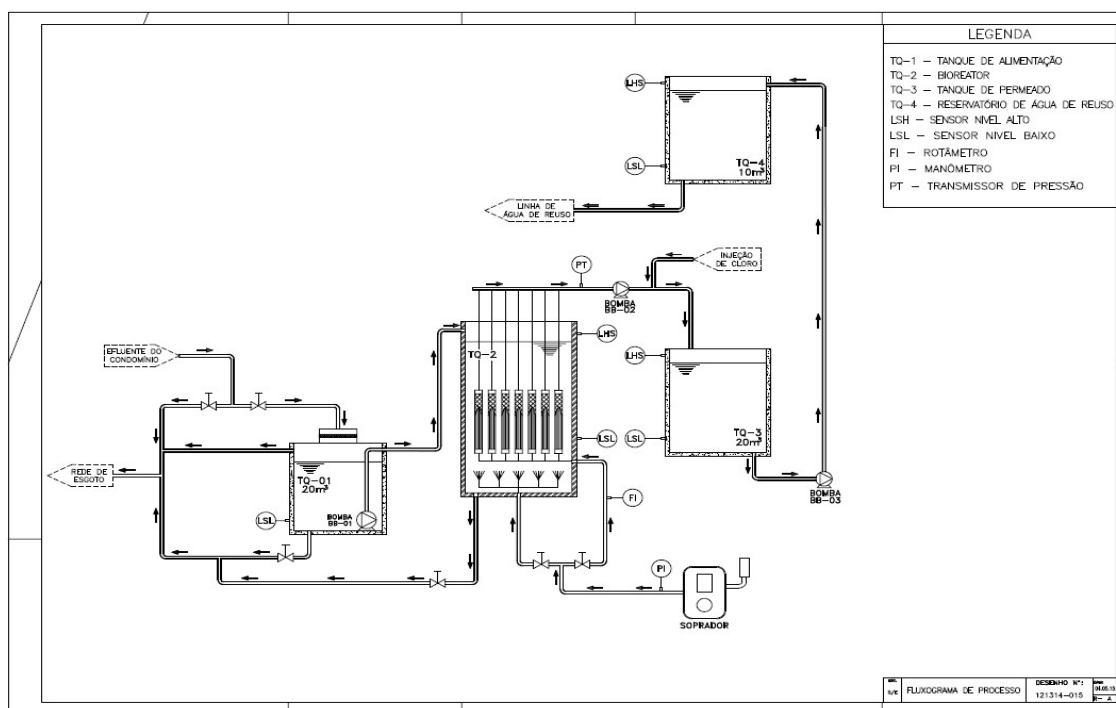


Figura 3 – Fluxograma de Processo

## 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para averiguar a economia realizada e a viabilidade do investimento, foram avaliados diferentes cenários de consumo, segundo os custos apresentados no quadro 1, os investimentos foram apresentados no quadro 2 para gastos com energia elétrica e por fim, quadro 3 fez-se um comparativo da tabela de tarifas praticadas pela SABESP, vigente até 03/06/2015.



Descrição	Qtde.	Total c/ impostos
Rotâmetro 4T71407X12 2 NPTF ASTM A126	1	R\$ 1.989,00
Válvula de Retenção	2	R\$ 250,00
Válvula de Esfera	6	R\$ 684,00
Sensor de pressão - PA-2,5-RBR14-A-ZVG/US/ V	1	R\$ 1.162,72
Compressor Radial CRE 0 - motor elétrico a TFVE 7,5CV	1	R\$ 8.578,00
BOMBA KSB MEGABLOC MOD 040-25-160 5CV	1	R\$ 1.845,00
Reservatório caixa d'água 20.000L	2	R\$ 9.200,00
Reservatório caixa d'água 10.000L	2	R\$ 4.600,00
Sensor de nível - Torneira boia regular - 3121 FAME	1	R\$ 38,00
Dosador de cloro automático - Acqua Stier	1	R\$ 159,00
Tubo Ø32mm x 6000mm	9mm	R\$ 400,50
Tubo Ø40mm x 6000mm	1	R\$ 65,90
Tubo Ø20mm x 6000mm	1	R\$ 16,90
Sistema MBR - módulo FS75	1	R\$ 33.036,09
Tanque + válvulas + tubulação e etc - Estimado	1	R\$ 6.000,00
Bomba 0,5 cv - HYDRO P500 TRIF 2V	1	R\$ 292,79
Bomba KSB KRT Drainer K1500 1,5CV	1	R\$ 2.400,00
Painel de controle - valor estimado de mercado	1	R\$ 3.997,85
Vacuômetro	1	R\$ 28,00
Mão de obra de projeto ± 1/3 do investimento em material	1	R\$ 26.447,92
Testes laboratoriais a cada 06 meses durante 10 anos	20	R\$ 4.600,00
Custo total do sistema de tratamento		R\$ 105.791,67

Quadro 1 – Custos com equipamentos para o sistema de reúso.

Descrição	kWh	Tempo de uso (h/dia)	R\$/ kWh	Gasto por mês (R\$)
Bomba 0,5 cv	0,37	21	R\$ 0,17	R\$ 39,85
Bomba 1,5 cv	1,1	4	R\$ 0,17	R\$ 22,57
Bomba 5 cv	3,68	0	R\$ 0,17	R\$ -
Soprador	5,5	24	R\$ 0,17	R\$ 677,00
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 739,42</b>

Quadro 2 – Gastos com energia.

Faixa de consumo segundo SABESP	Tarifa	
	Água	Esgoto
Consumo de 01 a 10 m³/mês	R\$ 17,86	R\$ 17,86
Consumo de 11 a 20 m³/mês	R\$ 2,80	R\$ 2,80
Consumo de 21 a 30 m³/mês	R\$ 7,00	R\$ 7,00

Quadro 3 – Tarifa de cobrança da SABESP, vigente até 03/06/2015.

Serão apresentados agora os extremos de melhor e pior cenários, avaliados dentre sete análises distintas possíveis.

### 5.1 Cenário 01

Considerando valores de consumo, segundo tabela de CETESB (1977), uma pessoa gasta em média 200 litros de água potável por dia. Sabe-se que para o empreendimento apresentado, foram consideradas 05 pessoas em cada apartamento, que consumirão 30.000 litros por mês, conforme visto no quadro 4.

	Sem MBR	Com MBR	Dif. de consumo (s/ MBR - c/ MBR)
Consumo de água potável do condomínio (m <sup>3</sup> /dia)	72,0	49,68	22,32
Tarifa SABESP água + esgoto por classe de consumo (R\$/m <sup>3</sup> )	R\$ 14,00	R\$ 5,60	R\$ 8,40
Gasto total do condomínio (R\$/mês)	R\$ 30.240,00	R\$ 8.346,24	R\$ 21.893,76
Vol. sobressalente* - água tratada (m <sup>3</sup> /mês)	0,0	15,0	-15,0
Consumo para lavar áreas comuns e irrigar jardins (m <sup>3</sup> /mês)	15,0	15,0	
Custo para lavar áreas comuns e irrigar jardim (R\$/mês)	R\$ 210,00	R\$ -	R\$ 210,00
Custo de energia para sistema de reaproveitamento (R\$/mês)	R\$ -	R\$ 739,42	- R\$ 739,42
Diferença total de gastos entre consumo sem MBR e com MBR			R\$ 21.364,34

Quadro 4 – Cenário 01

**Nota\*:** Volume sobressalente refere-se à diferença de água tratada e o volume gasto do vaso sanitário. E para cálculo foi considerado 15 dias por mês para irrigação, sendo dias alternados e uma vez por semana para lavagem de áreas comuns. Como o volume de esgoto tratado é superior ao volume utilizado nos vasos sanitários, o sistema disponibilizará mais água do que o necessário, gerando assim um volume sobressalente.

Segundo as condições acima apresentadas, o retorno para esse investimento será de 05 meses. (Não foi considerada nenhuma taxa de juros).

### 5.2 Cenário 02

Considerando as mudanças socioeconômicas e a conscientização da população referente ao uso mais racional da água, admitiu-se para esse cenário que uma pessoa gasta em média 135 litros de água potável por dia. Dessa forma um apartamento com 05 pessoas gastará 20.250 litros por mês, conforme apresentado no quadro 5 abaixo.

	Sem MBR	Com MBR	Dif. de consumo (s/ MBR - c/ MBR)
Consumo de água potável do condomínio (m <sup>3</sup> /dia)	48,6	33,534	15,066
Tarifa SABESP água + esgoto - por classe de consumo (R\$/m <sup>3</sup> )	R\$ 5,60	R\$ 5,60	0,0
Gasto total do condomínio (R\$/mês)	R\$ 8.164,80	R\$ 5.633,71	R\$ 2.531,09
Vol. sobressalente* - água tratada (m <sup>3</sup> /mês)	0,0	11,0	-11,0
Consumo para lavar áreas comuns e irrigar jardim (m <sup>3</sup> /mês)	15,0	15,0	
Custo para lavar áreas comuns e irrigar jardim (R\$/mês)	R\$ 84,00	R\$ 22,40	R\$ 61,60
Custo de energia para sistema de reaproveitamento (R\$/mês)	R\$ -	R\$ 739,42	- R\$ 739,42
Diferença total de gastos entre consumo sem MBR e com MBR			R\$ 1.853,27

Quadro 5 – Cenário 02

**Nota\*:** Volume sobressalente refere-se à diferença de água tratada e o volume gasto do vaso sanitário. E para cálculo foi considerado 15 dias por mês para irrigação, sendo dias alternados e uma vez por semana para lavagem de áreas comuns. Como o volume de esgoto tratado é superior ao volume utilizado nos vasos sanitários, o sistema disponibilizará mais água do que o necessário, gerando assim um volume sobressalente.

Segundo as condições acima apresentadas, o retorno para esse investimento será de 58 meses. (Não foi considerada nenhuma taxa de juros).

## 6 | CONCLUSÃO

Analisando os cenários demonstrados neste trabalho, é possível concluir que o projeto para sistema de reaproveitamento tem a viabilidade a curto-médio prazo, pois no pior caso o *payback* ocorre em menos de cinco anos. Considerando que o principal item do projeto é a membrana e sua vida útil é em torno de 12 anos, quando utilizada em sistemas de tratamento de esgoto municipais.

Foram analisados cenários com falta de fornecimento em um ou mesmo dois dias. E também análises para a necessidade de compra de caminhões pipa. Sendo apresentados resultados satisfatórios mediante ao pagamento do investimento em torno de 05 a 58 meses.

Para o ano de 2015, considerando as análises semestrais da qualidade da água, descontando-se o gasto de energia mensal do sistema, além de contemplar todo o sistema de tratamento, é evidente a vantagem em se adotar projetos como o

apresentado neste trabalho em novos empreendimentos residenciais.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) - **CARTILHA DE OUTORGA**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. NBR 5626: **Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998. 41 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. NBR 7229: **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro, 1993. 15 p.

BRAGA, E. D. **Estudos de reúso de água em condomínios residenciais**. Monografia de Pós-Graduação. UNIFEI - Itajubá (MG), 2009. 144 p.

CIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. **Norma Técnica NTS 161 – Cavalete – Ligação de Água (DN 20 – Hidrômetro de 1,5m<sup>3</sup>/h ou 3,0m<sup>3</sup>/h), 2013**. Disponível em: <http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/NTS161.pdf> . Acesso em 18/05/2015.

CIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. Norma **Técnica NTS 181 – Dimensionamento do ramal predial de cavalete e hidrômetro – Primeira ligação, 2012**. Disponível em: <http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/NTS181.pdf> . Acesso em 18/05/2015.

HESPANHOL, I. **A inexorabilidade do reúso potável direto**. Artigo Técnico Revista DAE 198: 63-82p, 2014.

KELLNER, R. L. **Biorreator à membrana de leito móvel em bateladas sequenciais para a remoção de nutrientes e matéria orgânica de efluentes sanitários**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, 2014. 234p.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinza e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. Tese de Doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008. 222p.

SUBTIL, E. L.; HESPANHOL, I.; MIERZWA, J. C. **Biorreatores com membranas submersas (MBRs): alternativa promissora para o tratamento de esgotos sanitários para reúso**. Revista Ambiente & Água 8 (3): 5; 129-142p, 2013.

WANG, Y.-K.; SHENG, G.-P.; LI, W.-W.; YU, H.-Q. **A pilot investigation into membrane bioreactor using mesh filter for treating low-strength municipal wastewater**. Bioresource technology, 122: 17–21, 2012.

## QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA DESPERDIÇADO NOS BEBEDOUROS DO INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE, CAMPUS ARACAJU

### **Rafaella Santos Coutinho**

Instituto Federal de Sergipe, Coordenadoria de Saneamento Ambiental  
Aracaju – Sergipe

### **Zacarias Caetano Vieira**

Instituto Federal de Sergipe, Coordenadoria de Edificações  
Aracaju – Sergipe

### **Carina Siqueira de Souza**

Instituto Federal de Sergipe, Coordenadoria de Saneamento Ambiental  
Aracaju – Sergipe

### **Carlos Gomes da Silva Júnior**

Instituto Federal de Sergipe, Coordenadoria de Saneamento Ambiental  
Aracaju – Sergipe

### **Daniel Luiz Santos**

Instituto Federal de Sergipe, Coordenadoria de Saneamento Ambiental  
Aracaju – Sergipe

### **Any Caroliny Dantas Santos**

Instituto Federal de Sergipe, Coordenadoria de Saneamento Ambiental  
Aracaju – Sergipe

**RESUMO:** Em ambientes escolares uma das fontes de desperdício de água são os bebedouros. Tal desperdício provém da própria forma com que o bebedouro opera, pois este impede que uma pessoa possa beber água de

forma contínua sem ocasionar o desperdício. Diante do exposto este artigo tem com objetivo quantificar o volume de água desperdiçado pelo uso dos bebedouros do Instituto Federal de Sergipe, Campus Aracaju. Inicialmente foi levantada a quantidade de aparelhos, em seguida foi acoplada uma bombona de 20 litros para coleta das águas desperdiçadas no momento da utilização dos mesmos. Esses recipientes foram acoplados em oito bebedouros, que tiveram seu desperdício medido diariamente. Os volumes coletados variaram de 4,29 litros (Bebedouro 1) até 222,65 litros (Bebedouro 4), totalizando 626,19 litros. As médias diárias coletadas variaram de 0,43 litros (Bebedouro 1) até 22,74 litros (Bebedouro 4) resultando em uma média geral de 74,51 litros/dia. Com base nos resultados obtidos conclui-se que se desperdiça uma grande quantidade de água, sendo que esse volume poderia ser coletado e reaproveitado em usos não potáveis, tais como limpeza de pisos e rega de jardim, reduzindo o uso de água potável para essas finalidades.

**PALAVRAS-CHAVE:** Uso racional, reutilização, alunos.

QUANTIFICATION OF THE AMOUNT OF WATER WASTED IN THE TROUGHS OF THE INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE, CAMPUS ARACAJU

**ABSTRACT:** In school environments one of the

sources of waste water are the troughs. Such waste comes from the way the fountain itself operates, because it prevents a person can drink water continuously without causing waste. On of the above this article has in order to quantify the amount of water wasted by the use of the troughs of the Instituto Federal de Sergipe, Aracaju Campus. It was initially raised the amount of appliances, then was attached a 20 litre drum for collection of water wasted at the time of use. These containers were engaged in eight drinkers, who have had your waste measured daily. The volumes collected ranged from 4.29 litres (water cooler 1) until 222.65 litres (water cooler 4), totaling 626.19 liters. The average daily collected ranged from 0.43 litres (water cooler 1) to 22.74 litres (water cooler 4) result in an overall average of 74.51 liters/day. on the basis of the obtained results we can conclude that waste a lot of water, and this volume could be collected and reused in non-potable uses, such as cleaning of floors and garden irrigation, reducing the use of potable water for these purposes.

**KEYWORDS:** Rational use, reuse, students.

## 1 | INTRODUÇÃO

Estudos comprovam que, em poucas décadas a água doce do planeta não será suficiente para suprir as necessidades humanas caso não haja um controle no uso desse recurso (INMETRO, 2007 apud VÉRAS et al., 2014). Tal perspectiva gera uma necessidade cada vez maior de implantação de ações de conservação da água. Pode-se citar como exemplo de ações de conservação a redução do desperdício de água. O desperdício de água, por uso inadequado, está relacionado, em parte, com o desconhecimento e com a falta de informação da população em geral sobre as implicações disto no equilíbrio ambiental e no sistema de abastecimento e de esgotamento sanitário, sendo também influenciado pelo nível de esclarecimento e conhecimento dos usuários sobre a importância da conservação dos recursos naturais, da maior ou menor disponibilidade hídrica do local, da existência ou não de sistema de medição do volume consumido, dos preços pagos pela água, entre outros aspectos de natureza sociocultural (MELO; SALLA; OLIVEIRA, 2014). O combate ao desperdício de água pode ser tratado no ambiente acadêmico - local de produção de conhecimento - e assim poder transmitir para outros locais onde esses cidadãos em formação atuam (família, trabalho, comunidade) (VÉRAS et al., 2014). Em ambientes escolares umas fontes de desperdício é o bebedouro.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de Estudo

Este trabalho foi realizado no Instituto Federal de Sergipe, Campus Aracaju, situado na Avenida Engenheiro Gentil Tavares, 1166, bairro Getúlio Vargas, Aracaju. Atualmente o IFS possui um total de 5972 alunos matriculados nos cursos de nível e

graduação; bem com 218 docentes e 133 técnicos administrativos.



Figura 1. Instituto Federal de Sergipe

Fonte: <https://www.google.com.br/maps>

## 2.2 Metodologia

Inicialmente foi levantada a quantidade de bebedouros existentes no IFS – Campus Aracaju. Em seguida foi acoplado em cada bebedouro um recipiente para coleta das águas que não foram consumidas, ou seja, desperdiçadas, no momento da utilização dos aparelhos, conforme mostra a Figura 2. Diariamente foi realizada a medição diária do volume de água coletado em cada bebedouro, sendo anotada a quantidade de água que foi desperdiçada em cada aparelho.



Figura 2. Recipiente acoplado aos bebedouros para coleta da água desperdiçada.

Fonte: Os autores.

Para coleta das águas desperdiçadas foram utilizadas bombonas, com capacidade de 20 litros cada, as quais foram acopladas em oito bebedouros espalhadas ao longo do IFS. Para tal desconectou-se os drenos dos bebedouros ligados à rede de esgoto e acoplaram aos recipientes. Foram realizadas 8 medições, no período de 06 a 23 de novembro de 2018. Cada bebedouro recebeu uma bombona própria com uma numeração indicada por um adesivo, conforme Figura 3.



Figura 3. Adesivagem das bombonas.

Fonte: Os autores.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os volumes registrados em cada medição foram tabelados e somados, e o total coletado, em cada bebedouro é apresentado na Figura 4.

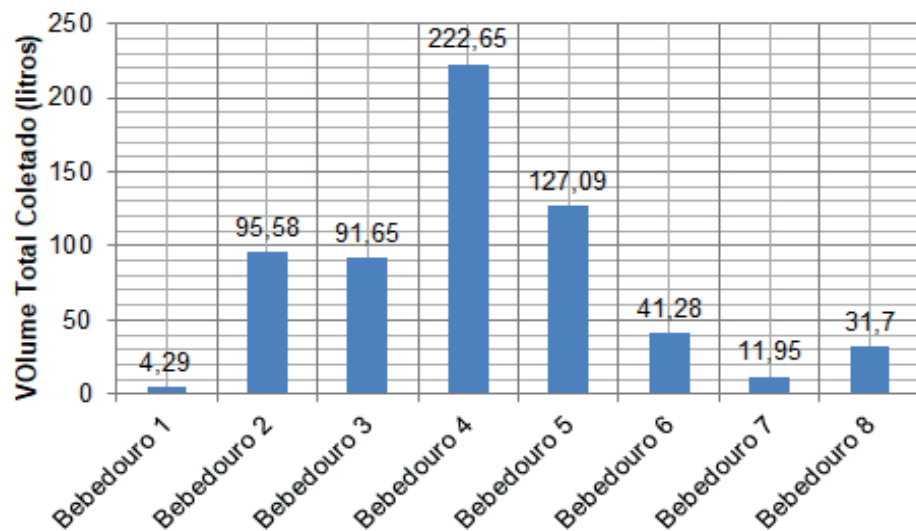


Figura 4. Volume total coletado em cada bebedouro durante o período da pesquisa.

Os volumes coletados variaram de 4,29 litros (Bebedouro 1) até 222,65 litros (Bebedouro 4), totalizando 626,19 litros. Vale salientar que nem todos os bebedouros tiveram as oito medições diárias realizadas, por motivos diversos, tais como, aparelho apresentou defeito, alguém tirou o dreno das bombonas, entre outros. Quando ocorria algum imprevisto, a medição era desconsiderada neste dia. Considerando os valores medidos e o total de medições diárias realizadas calculou-se a média diária, desperdiçada apresentados na Figura 5.



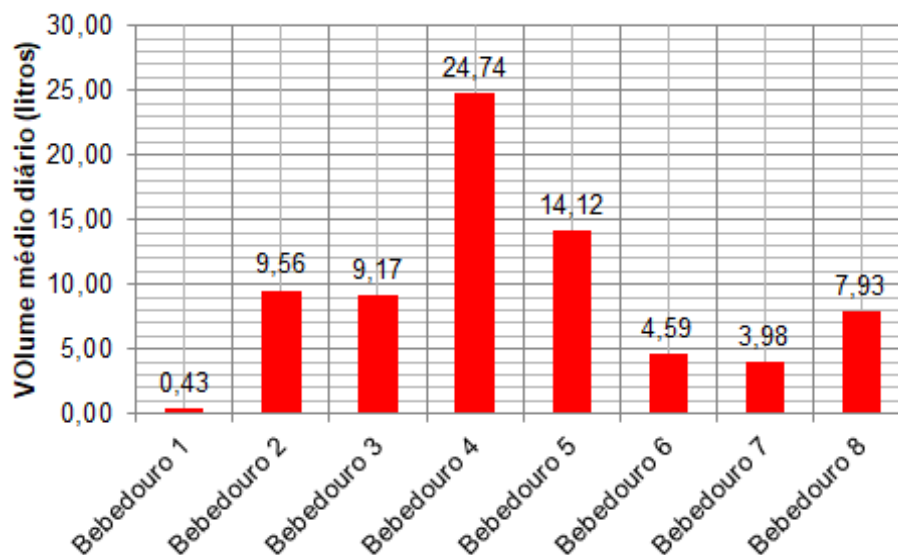


Figura 5. Média diária de água desperdiçada em cada bebedouro.

As médias diárias de água desperdiçada nos bebedouros variaram de 0,43 litros (Bebedouro 1) até 24,74 litros (Bebedouro 4) resultando em uma média geral de 7,41 litros/dia.

#### 4 | CONCLUSÕES

1. Desperdiça-se uma grande quantidade de água no Instituto Federal de Sergipe, durante a utilização dos bebedouros do Campus.
2. Esse volume diário coletado poderia ser coletado e reaproveitado em usos não potáveis, tais como limpeza de pisos e rega de jardim, reduzindo o uso de água potável para essas finalidades.
3. Os bebedouros com maior desperdício são aqueles mais utilizados pelos alunos, devido a sua localização, no corredor central onde a movimentação é maior.

#### REFERÊNCIAS

VÉRAS, M. L. M. et al. **Quantificação de desperdício de água em bebedouros do Campus IV da Universidade Estadual da Paraíba a percepção ambiental da comunidade acadêmica.** Revista Terceiro Incluído, [s.l.], v. 4, n. 1, p.104-115, 30 jun. 2014.

MELO, N. A.; SALLA, M. R.; OLIVEIRA, F. R. G. **Percepções e avaliações do consumo de água em escolas públicas da mesorregião geográfica Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (MG).** Revista Monografias Ambientais – Remo Santa Maria, v. 13, n. 14, p.3599-3609, 2014.

BRASILEIRO, F.A. et al. **Desperdício de água nos bebedouros da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP.** Revista Ciências do Ambiente On-line, Campinas, v.7, n.1, p.38-39, 2011.

## 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**

Universidade Fumec – Curso de Mestrado em  
Processos Construtivos  
Belo Horizonte – M.G  
Instituto Nacional do Seguro Social (INSS)  
Sete Lagoas - MG

### **Maria da Glória Braz**

Universidade Fumec – Curso de Mestrado em  
Processos Construtivos  
Belo Horizonte – MG

**RESUMO:** Em prédios públicos, o consumo de água é relativamente alto, haja vista a falta de gestão específica sobre o assunto. 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. O presente trabalho relata um estudo, que se encontra

em andamento, cuja análise se concentra na demanda de água em prédios do Instituto Nacional do Seguro Social (INSS), vinculados à Gerência Executiva desse órgão, no município de Contagem-MG, abrangendo 13 unidades de atendimento. Para tal, está sendo elaborado estudo de demandas específicas em cada uma dessas unidades, para, posteriormente, se efetuar a comparação e avaliação estatística dos resultados, com a propositura de soluções que minimizem esses desperdícios e criem conscientização e gestão sustentável da água nos prédios públicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Demanda de Água. Desperdício. Conscientização. Gestão Sustentável.

**ABSTRACT:** In public buildings, water consumption is relatively high given the lack of specific management on the subject. Lack of user monitoring, maintenance and awareness are the main factors contributing to excess squandering of water. Therefore, it is necessary to investigate the effective consumption of water in public buildings, more precisely those focus on direct service to the citizen, comparing the theoretical consumption of the population served (elaborated in the building project) with the actual consumption, considering the average time that this public stay in the property, as well as the peculiarities of each service, taking as an

example the companion of the person attended, as well as cases of medical expertise. This paper reports an ongoing study, whose analysis focuses on water demand in buildings of the National Institute of Social Security (INSS), linked to the Executive Board of this institution, in the municipality of Contagem-MG, covering 13 service units. To this end, a study of specific demands is being prepared in each of these units, for subsequent comparison and statistical evaluation of the results, with the proposition of solutions that minimize these wastes and raise awareness and sustainably water management in public buildings.

**KEYWORDS:** Water Demand. Squandering of water. Awareness. Sustainable management.

## 1 | INTRODUÇÃO

A água representa a maior fração deste planeta, é pertencente a todos e essencial para a vida, além de manter a biodiversidade do nosso planeta. Da parcela de água existente no globo, apenas uma pequena parte é potável, sendo condição *sine qua nom* para a manutenção do ciclo de vida da população mundial.

É importante ressaltar, no entanto, que esse bem natural possui capacidade finita, sendo, na maioria das vezes, gerida e ofertada ao consumidor por instituições públicas ou privadas, e o valor pecuniário dessa oferta está diretamente relacionado ao quantitativo consumido. O referido valor repassado ao consumidor tem seu custo aferido pelos processos de tratamento, adução e distribuição necessários para que a água de um determinado manancial possa atingir os padrões de potabilidade preconizados pela Organização Mundial da Saúde.

Em prédios públicos, cujo atendimento ao cidadão é feito de forma direta, o consumo de água tratada é relativamente alto, tendo em vista estar relacionado à quantidade de atendimentos ao cidadão, ao número de servidores lotados no local e, também, a outros fatores não relacionados tais como perdas de água por vazamentos e a falta do uso racional e consciente da água, conduzindo a situações de desperdício.

Segundo Santos Júnior et al. (2013), um dos principais desafios para o uso consciente e racional da água no Brasil se baseia na falta de informação da população. Ressalta-se, ainda, que não se tem conhecimento se o consumo de água nos prédios que abrigam órgãos públicos com atendimento direto ao cidadão somado a um curto tempo de permanência nas edificações é compatível com o consumo estimado na fase de projeto da sua construção.

Os prédios do Instituto Nacional do Seguro Social (INSS), vinculados à Gerência Executiva desse órgão, no município de Contagem-M.G - GEXCON, subordinada a Superintendência Regional Sudeste II, possui, sob sua área de abrangência, o atendimento direto de parcela populacional correspondente a 14 Unidades de Atendimento localizadas nos municípios de Betim, Contagem, Pedro Leopoldo, Ribeirão das Neves, Santa Luzia, Sete Lagoas, Vespasiano, Brumadinho, Matozinhos,

Ibirité, Lagoa Santa, Pompéu, Sarzedo e Esmeraldas e, ainda, uma Unidade de Demanda Judicial, esta última não atende ao público externo.

A GEXCON possui contrato com as concessionárias para fornecimento de água tratada, mas é responsável pelo controle e gestão do consumo de suas unidades. É importante salientar que a Superintendência Regional Sudeste II, através de sua equipe de engenharia, firmou contrato com uma empresa terceirizada para manutenção preditiva e corretiva em todas as unidades de atendimento, estando no escopo deste contrato toda rede de abastecimento e distribuição de água e esgoto, com ênfase nas correções de não conformidades passíveis de ocorrer nestas redes.

Os servidores da GEXCON, que laboram nas unidades de atendimento direto ao público, possuem jornada de trabalho de 6 horas contínuas e intervalo intrajornada de 15 minutos, enquanto os segurados têm sua permanência definida pelo tempo de espera somado ao tempo de atendimento, totalizando, assim, o tempo de permanência dentro do imóvel.

Com base no exposto acima, grande parte do consumo diário de água em prédios públicos com atendimento direto à população está diretamente relacionado com o consumo dos servidores que trabalham no local e com o consumo da população atendida, neste último, levando-se em conta o tempo de permanência no local.

O presente trabalho vem analisar o consumo de água potável efetivamente medido em cada Unidade Administrativa pertencente a GEXCON, correlacionando-o com o número de servidores que trabalham na edificação e com os quantitativos de usuários atendidos versus tempo de permanência na Unidade.

Um fator de grande relevância neste contexto é que a maioria dos cidadãos que buscam os serviços previdenciários levam consigo um acompanhante, o que aumenta o número de usuários das instalações sanitárias das Unidades Administrativas, objeto deste estudo. A partir dos resultados obtidos, avaliou-se, ainda que de forma preliminar, se as medidas de gestão aplicadas pela GEXCON foram suficientes para preservar o consumo real compatível com o consumo esperado/teórico e propor medidas que possibilitem a diminuição do desperdício.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

O Instituto Nacional do Seguro Social – INSS, através do Decreto n.º 9.746/19, obteve aprovação de sua Estrutura Regimental, criando 05 Superintendências Regionais, 104 Gerências Executivas e 1.697 Agências da Previdência Social que são responsáveis pelo atendimento ao cidadão de todo território nacional.

O INSS, com base no exposto acima, tem grande preocupação com os gastos de energia e água potável, pois em relatórios de prestação de contas deve apresentar informações quanto à adoção de critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratações de serviços ou obras, tendo-se como exemplo: se alguma

unidade adquiriu bens/produtos que colaboram para o menor consumo de energia e/ou água (ex: torneiras automáticas, lâmpadas econômicas) e, caso afirmativo, qual o impacto da aquisição desses produtos sobre o consumo de água e energia?

Na verdade, nos Relatórios de Gestão dos Exercícios/Prestação de Contas Ordinárias Anual desse órgão, consta que em todos os projetos básicos ou executivos e na contratação de obras e serviços de engenharia, devem existir exigências que levem à economia da manutenção e operacionalização da edificação, à redução do consumo de energia e água e à utilização de tecnologias e materiais que reduzam o impacto ambiental.

Segundo Shiklomanov (2001); apud May (2009), a água faz parte do patrimônio do nosso planeta e cada país, cada povo, cada região, cada município, cada cidadão é plenamente responsável por sua utilização de forma sustentável, minimizando os desperdícios e aplicando medidas tais como o uso consciente e sua reutilização.

Para Tomaz (2001); apud May (2009), da reserva mundial de água doce, o Brasil possui aproximadamente 12%, concentrando-se na região Sudeste, 6% deste recurso natural. Entretanto, apesar dessa disponibilidade de água potável, existem vários fatores que contribuem para a sua escassez, tais como o crescimento da população, a predominância de atividades industriais e agrícolas e a diminuição dos índices pluviométricos, além da crescente poluição dos cursos d'água.

Deve-se lembrar que os processos de tratamento da água para torná-la própria para o consumo humano é proporcional à qualidade que a mesma é encontrada nos mananciais. Os referidos processos de tratamentos demandam custo elevado com utilização de técnicas e aplicação de insumos químicos. Por esse motivo, a utilização da água tem que ser elaborada com consciência e moderação, sem desperdícios e, muito menos, poluição.

O consumo *per capita* de uma comunidade ou de uma localidade é obtido, dividindo-se o seu consumo de água em um dia pelo número total da população abastecida. A quantidade de água tratada consumida varia de acordo com o clima, os hábitos da população, tipo de indústrias locais, nível socioeconômico e custo unitário por metro cúbico.

O consumo de água pela população possui relação direta com o porte do município e o nível socioeconômico de seus habitantes, sendo que, para diferentes municípios de Minas Gerais, o consumo médio *per capita* de água tratada possui, aproximadamente, o valor de 157 l/hab. (Von Sperling, 2002). Esse valor é bem maior que o preconizado, em 2011, pela OMS (Organização Mundial da Saúde), que indica um consumo mínimo de 110 litros de água por dia para que um indivíduo possa saciar a sede, cuidar apropriadamente da higiene e preparar sua alimentação.

No Brasil, quando da concepção de projetos referentes a instalações hidráulicas prediais, o consumo *per capita* é estimado a partir de dados expressos em tabelas disseminadas no meio técnico, cujas informações se baseiam no tipo de edificação. Em edifícios públicos, para um único ocupante admite-se a variação de consumo

entre 50 a 80 l/dia (Macintyre, 1996).

No entanto, Von Sperling (2002) indica a variação de consumo de água tratada *per capita* para o estado de Minas Gerais entre 84 a 248 litros por habitante/dia, além de possuir correlação direta entre as variáveis referentes a consumo de água e a renda familiar. Para Narchi (1989); apud Fernandes Neto (2003), o consumo de água se relaciona a fatores ligados às características físicas da região (temperatura e precipitação), condições de renda familiar, natureza da habitação (área do terreno, área construída, número de habitantes), tipo de abastecimento de água tratada, forma de gerenciamento e característica cultural da região.

Independentemente da variabilidade do consumo, Cavalcanti e Mata (2002); apud Feital (2008), ressaltam a importância do consumo consciente, sendo cada indivíduo capaz de modificar posturas, buscando sempre o que é certo no que tange a utilização dos recursos naturais, além de cobrar do setor público e privado sistemas de gestão que proporcionem a disseminação de conscientização de uso racional destes recursos.

### 3 | METODOLOGIA

O intuito inicial da presente pesquisa foi analisar, de forma comparativa, o consumo *per capita* real de água tratada em imóveis públicos pertencentes ao INSS sob a responsabilidade da GEXCON com o consumo *per capita*, estimado na fase de projeto desses imóveis, com o objetivo de verificar as possíveis variações dos valores desse consumo e indicações de desperdício ou uso consciente desse recurso.

Foram coletados dados das contas de água das unidades administrativas da GEXCON, no entanto, apesar dessa gerência possuir 14 Unidades Administrativas de atendimento ao público sob sua jurisdição, foram escolhidas apenas 05 delas como objeto deste estudo, por se localizarem dentro do anel metropolitano de Belo Horizonte e serem atendidas pela mesma empresa concessionária de água, no caso específico, a Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA MG. As Agências escolhidas são, nomeadamente, as da Previdência Social de Betim, Contagem, Ribeirão das Neves, Sarzedo e Santa Luzia.

Ressalta-se que foram efetuadas análises e inspeção visual nas instalações das 05 unidades administrativas da GEXCON e não se constatou vazamentos aparentes, porém não se tem como avaliar ocorrência de registro pretérito, haja vista que o contrato de manutenção predial não está sob a responsabilidade da referida gerência. Dessa forma, não foi possível ter acesso aos registros das ordens de serviços sobre possíveis ocorrências de vazamentos que pudessem ocasionar discrepância dos dados do consumo hidrometrado no período analisado, podendo ser uma limitação do presente estudo. A Seção de Logística da GEXCON, setor responsável pela gestão das Unidades Administrativas forneceu os dados referentes ao consumo real, que

foram devidamente catalogados através de leitura direta das faturas emitidas pela concessionária de água entre os meses de junho 2018 a maio 2019, totalizando 12 meses de leitura de consumo.

Foi efetuado, também, o levantamento das áreas físicas de cada Unidade Administrativa, para o dimensionamento da capacidade das instalações prediais de água potável, ou seja, encontrar o volume de água estimado no projeto, sendo seu valor utilizado nos cálculos dos consumos *per capita* estimados.

A Seção de Atendimento (SEAT) da GEXCON, responsável pela gestão do atendimento à população, forneceu informações, retiradas da Intranet previdenciária, sobre os números de atendimento, o tempo médio de espera, o tempo médio de atendimento e o tempo médio de permanência de todos segurados atendidos presencialmente nas 05 Agências, objeto deste estudo. Com base nestes dados, pode-se quantificar a população atendida mês a mês e o tempo em minutos no interior das edificações, base de referência para o cálculo do consumo *per capita* de cada Agência.

Outro dado importante é o número de servidores de cada unidade administrativa que possuem jornada de trabalho de seis horas. A fim de tratar os dados de forma igualitária em relação ao tempo de permanência nas edificações, providenciou-se a proporcionalidade da jornada de trabalho dos servidores em número de atendimento de cada Unidade Administrativa, utilizando-se, como referência, o tempo médio de permanência na edificação. A quantificação do valor dessa proporcionalidade foi somada ao número de atendimentos, chegando-se ao número de atendimento equivalente único.

Após o levantamento dos dados do consumo real e esperado, providenciou-se a divisão dos mesmos pela população equivalente mensal, obtendo-se o consumo *per capita* real e estimado dos meses e, para o cálculo do número equivalente de atendimento, não foi incluído o número de pessoas que representam os acompanhantes dos segurados, devido à falta de dados sobre essa informação. No entanto, está sendo elaborada, para futuros trabalhos, pesquisa que busque confirmar a presença dos referidos acompanhantes e se, realmente, a presença deles possui peso significativo no consumo de água potável das unidades.

Posteriormente, as amostras foram testadas para verificar a tendência de normalidade e homogeneidade dos dados, utilizando-se os testes de Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente. O teste de Kolmogorov-Smirnov observa a máxima diferença absoluta entre a função de distribuição acumulada assumida para os dados (admitindo, no caso, a distribuição Normal), e a função de distribuição empírica dos dados, para um dado nível de significância. Já o teste de Levene avalia a igualdade de variâncias entre populações ou níveis de fator.

Para a comparação entre o consumo de água *per capita* real e o estimado utilizou-se o teste t pareado e para verificar se houve correlação entre o tempo de permanência médio na Agência e o consumo de água *per capita* real foi utilizado o

teste de Pearson. O nível de significância adotado foi de  $P < 0,05$ .

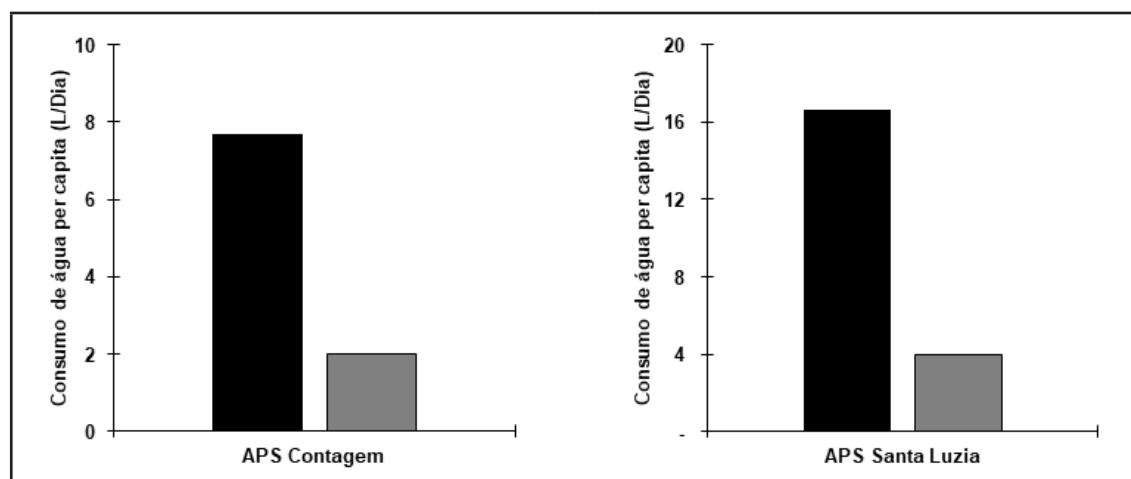
#### 4 | RESULTADOS

A Tabela-1 apresenta as correlações entre o tempo médio de permanência equivalente nas unidades administrativas versus o consumo *per capita* real. Para as Agências dos municípios de Contagem, Santa Luzia e Sarzedo foi verificado uma correlação significativa e positiva entre o tempo de permanência equivalente na agência e o consumo de água *per capita* real.

Agência da Previdência Social		Consumo de água <i>per capita</i> real	
		r	p
Contagem	Tempo médio de permanência na APS.	0.707	0.010
Santa Luzia		0.675	0.016
Sarzedo		0.777	0.003
Betim		0.478	0.116
Ribeirão das Neves		0.471	0.122

Tabela 1. Correlação entre o tempo médio de permanência equivalente na Agência da Previdência Social (APS) com o consumo de água *per capita* real e estimado.

A Figura 1 apresenta a comparação entre o consumo *per capita* real e o estimado. Em todas as amostras observou-se que o consumo real apresentou resultado significativamente menor que o consumo estimado. A comparação entre o consumo de água *per capita* real e o estimado mostrou que o primeiro foi significativamente menor ( $P < 0.001$ ) em todas as APS.





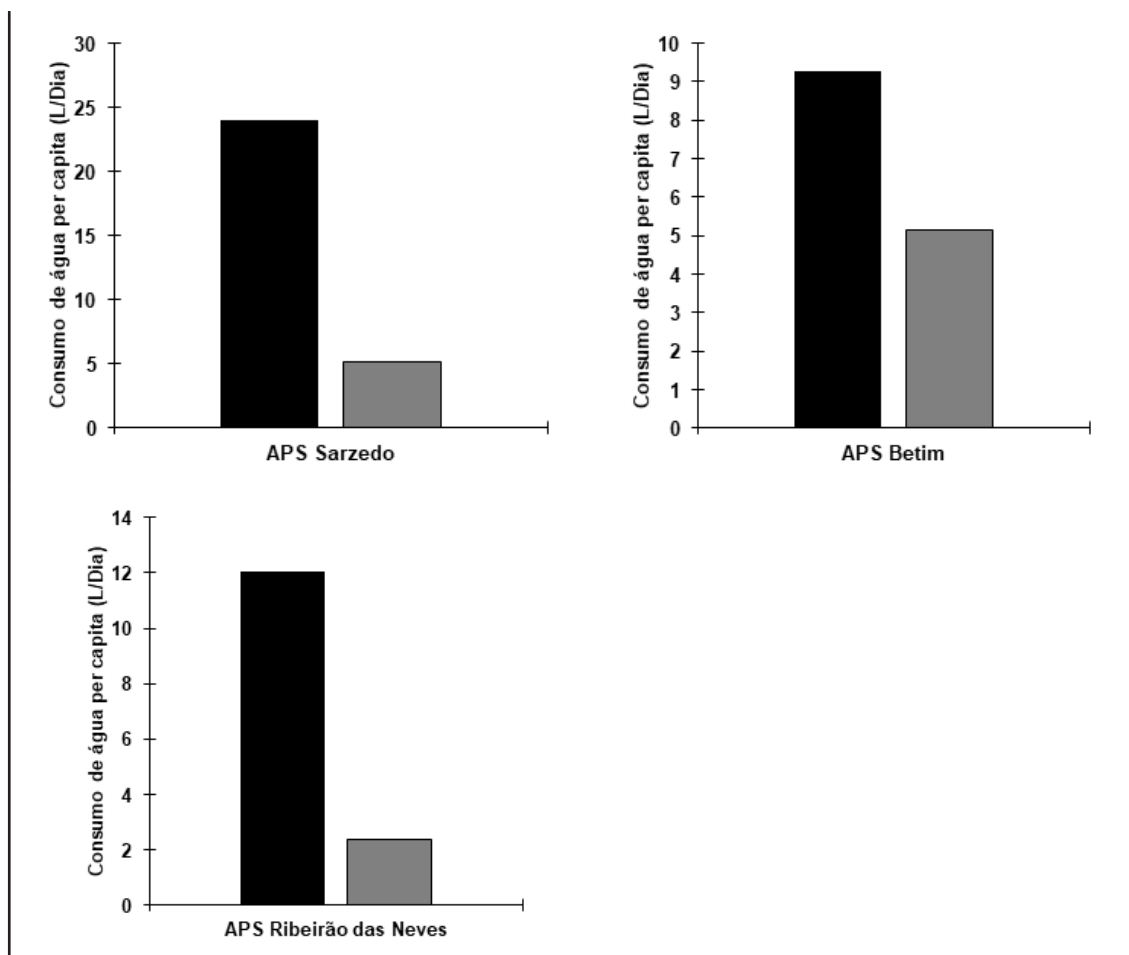


Figura 1. Consumo de água per capita estimado (barra preta) e real (barra cinza) das Agências da Previdência Social de Contagem, Santa Luzia, Sarzedo, Betim e Ribeirão das Neves. Test t pareado mostrou diferença significativa entre consumo de água per capita real e estimado ( $P < 0.001$ ). Valores em média  $\pm$  desvio padrão

## 5 | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Pode-se comparar o valor dos consumos *per capita* real e o estimado na fase de projeto em prédios públicos, particularmente em unidades da GEXCON do INSS, podendo-se observar que o consumo *per capita* real se apresenta muito menor que o consumo *per capita* estimado. Levando-se em consideração esses resultados, pode-se concluir que, nas edificações analisadas nesta pesquisa, ocorre um consumo aceitável e de uso consciente da água.

Quando se analisa os dados separadamente, pode-se verificar que, em alguns meses, mesmo apesar do número de atendimentos ter sido pequeno (quando comparado com os meses subsequentes) houve um aumento do consumo *per capita* real, podendo tal fato ter origem em fatores intrínsecos ao ser humano, diretamente relacionados a fatores culturais, sociais, econômicos.

Para Fernandes Neto (2003), apud Dias (2008), após análise de consumo de 96 municípios, foi observado a existência de correlação entre as variáveis estudadas renda *per capita* versus consumo, além da correlação com o índice de

desenvolvimento humano (IDH). Ressalta-se que o IDH foi implantado para mensurar o desenvolvimento humano de municípios e, para a sua concepção, são utilizados os índices referentes à esperança de vida ao nascer, taxa de alfabetização, taxa de frequência escolar e renda per capita.

Com base nos dados coletados e inseridos na Figura-1, pode-se notar que o consumo *per capita* estimado está bem mais elevado que o consumo *per capita* real, demonstrando uma grande discrepância entre eles. Esta desarmonia entre os consumos pode chegar na ordem de grandeza de até cinco vezes superior ao esperado sobre o real, como no caso de Ribeirão das Neves, o que deixa claro que o consumo real está muito aquém do estimado em projeto. Isso demonstra que os imóveis da GEXCON vêm apresentando um desempenho convincente em relação ao consumo real, satisfazendo, de forma plena, com base na leitura dos dados, a existência de uso consciente do recurso água potável, o que demonstra uma gestão sustentável desse recurso.

Pode-se verificar, também, que a estimativa utilizada para o consumo de água em edificações de uso público, na fase de projeto, não é condizente com a realidade atual, haja vista os programas de conscientização implementados nesses órgãos. Talvez caiba aqui lançar a ideia de rever os estudos de estimativa de consumo adotados no Brasil, até o momento, tendo em vista, inclusive, que as tabelas, até então utilizadas no meio técnico, datam de períodos cuja sustentabilidade nem era mencionada.

As correlações atribuídas às variáveis consumo real versus tempo médio de permanência equivalente nas unidades foram confirmadas para as Agências de Contagem, Santa Luzia e Sarzedo, onde as expressões matemáticas demonstram que estes dados estão interligados, ou seja, o consumo *per capita* real de água está relacionado com o tempo de permanência equivalente dos usuários nas edificações. Para as referidas Agências, a distribuição das amostras analisadas está bem próxima da reta de correlação, o que demonstra pequena discrepância entre os dados, mas, ainda, confirmando que os dados utilizados na elaboração deste trabalho possibilitam delinear um modelo matemático que explique, satisfatoriamente, a variância do consumo pelo tempo de permanência para o conjunto de amostras.

Já para as Agências Betim e Ribeirão das Neves não foi constatado correlação entre o tempo médio de permanência equivalente nas unidades pelo consumo real. Tal fato se deve à grande discrepância entre os dados, o que impossibilita o traçado de uma única reta de correlação, impedindo a propositura de modelo matemático.

Na leitura do consumo *per capita* real das unidades administrativas da GEXCON, quando verificado discrepância de valores (diminuição do número de atendimento e aumento do consumo per capita), pode-se atribuir tal ocorrência ao cidadão que não consegue os benefícios previdenciários e passa a investir contra o patrimônio, com o fim de descontar sua indignação ou decepção por não conseguir o benefício almejado.

Para Dias (2009), é possível afirmar que o consumo de água está intimamente ligado às condições socioeconômicas da população abastecida. Considerando-se que o consumo *per capita* real apresenta discrepâncias em algumas amostras nos períodos analisados, há que se declarar que a GEXCON possui empresa especializada em manutenção preditiva e corretiva das instalações prediais, o que diminui significativamente o desperdício por vazamento e danos em pontos de consumo.

Confirma-se a existência de correlação entre consumo de água e fatores socioeconômicos na distribuição do consumo *per capita* de água, em função das diferentes condições socioeconômicas da população (Silva et al, 2008). No entanto, como os usuários dos imóveis do Instituto Previdenciário não se julgam responsáveis pelo custo pecuniário do excesso de consumo, acabam utilizando, de forma insensata, os pontos de consumo de água tratada, contribuindo, em alguns casos, para o aumento real do consumo de forma pontual. Este fato pode ter sido a causa da discrepância nos dados analisados das Agências de Betim e Ribeirão das Neves, impossibilitando o traçado matemático de correlação.

Embora não tenha havido êxito quanto ao modelo proposto para a totalidade dos dados, pode-se direcionar estudos e futuras pesquisas para outros fatores preponderantes que poderão contribuir para a tentativa de um novo modelo matemático, tais como tipo de população atendida, número de acompanhantes, nível de conscientização em relação à sustentabilidade, condição socioeconômica, pois, se introduzidos, talvez possam esclarecer e delinear novo tratamento estatístico para esse caso específico.

Com base nestas informações, pode-se afirmar, parcialmente, que o tempo de permanência equivalente nas Unidades, apesar de ser um item de suma importância para se avaliar o consumo *per capita* nas unidades administrativas da GEXCON, se apresenta como uma variável que se correlaciona com o consumo *per capita* real de forma aceitável para o conjunto de amostras estudadas, de uma forma global.

## 6 | CONCLUSÃO

Esta pesquisa possibilitou afirmar que o consumo *per capita* real de água tratada nas unidades administrativas da GEXCON se encontra, significativamente, menor que o consumo *per capita* estimado na fase de projeto das edificações. Com base nessa informação, pode-se afirmar que o consumo de água tratada da Autarquia Previdenciária se encontra dentro de faixa aceitável, determinando-se o uso como consciente.

Os órgãos públicos devem fornecer a iniciativa de buscar soluções que garantam a prática de gestão sustentável, com a implementação de recursos em suas edificações que promovam a conscientização e diminuição do consumo de água tratada.

Devido à diferença significativa entre o consumo *per capita* real e o estimado de água tratada, observado no presente estudo, pode-se admitir a existência, na fase de projeto, de superestimativa dos consumos esperados, esses calculados pelas vias tradicionais das nomenclaturas técnicas. Este fato pode trazer uma interpretação equivocada dos resultados, devendo-se buscar informações que esclareçam o modo de se estimar o consumo em prédios com utilização mais específica ou, até mesmo, rever toda a metodologia de estimação de consumo disseminada no meio técnico.

Verificado a existência de correlação entre as variáveis consumo *per capita* real de água tratada e o tempo médio de permanência equivalente nas unidades administrativas da GEXCON, pode-se prever modelo matemático que possibilite estimar o consumo por tempo de espera, neste órgão público.

Estudos mais detalhados, contendo um maior número de amostras das unidades da GEXCON, estão sendo efetuados e talvez possam aferir o modelo matemático, conseguindo-se definição mais apurada e fazendo com que ele possa ser utilizado como padrão em estimativa de consumo em edificações onde os usuários permanecem por pouco tempo em seu interior. Outras variáveis também poderão ser incluídas neste estudo, tais como nível de escolaridade, renda *per capita* e número de acompanhantes.

Recomenda-se, tendo em vista a verificação de superestimação de alta magnitude na demanda de água em prédios públicos, nova avaliação desses parâmetros em outros tipos de edificação/usos, no intuito de aferir as dimensões e volumes adotados em reservação indireta, parâmetros diretamente afetados pelo consumo de água.

## REFERÊNCIAS

DECRETO nº 9.746, de 8 de abril de 2019 - **Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções de Confiança do Instituto Nacional do Seguro Social - INSS, remaneja cargos em comissão e funções de confiança e substitui cargos em comissão do Grupo-Direção e Assessoramento Superiores - DAS por Funções Comissionadas do Poder Executivo - FCPE.**

DIAS, D. M. **Avaliação do impacto da renda sobre o consumo hidrometrado de água em domicílios residenciais urbanos um estudo de caso para região de Belo Horizonte – MG**, 2008. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais.

FEITAL, J. C. C.; SPERS, E. E.; NOVAES NETTO, A. F.; SPERS, V. R. E.; PONCHIO, M. C. **O consumo consciente da água: um estudo do comportamento do usuário doméstico**. Anais do III Encontro de Marketing da Associação Nacional Pós-Graduação em Administração. Curitiba, 2008.

FERNANDES NETO, M.L. **Avaliação de parâmetros intervenientes no consumo per capita de água: estudo para 96 municípios do estado de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

INSS/PRES/DIRBEN/DIRAT - **Memorando Circular Conjunto N.º 02** de 06 de junho 2006

INSS /DIROFL - **Memorando Circular N.º 38** de 22 de junho 2007

MACINTYRE, A.J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 3º. ed. Rio de Janeiro, 1996.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; BARROS JÚNIOR, G.; SANTOS, J. K. L.; BRITO, E. T. F. S. **Uso racional da água: ações interdisciplinares em escola rural do semiárido brasileiro**. *Ami-Água*, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 263-271, 2013.

SILVA, W. T.; SILVA, L.M.; CHICHORRO, J.F. **Gestão de recursos hídricos: perspectivas do consumo per capita de água em Cuiabá**. *Eng. Sanit. Ambient.* vol.13 no.1 Rio de Janeiro Jan./Mar, 2008.

VON SPERLING, M.; SANTOS, A. S. P.; MELO, M. C.; LIBÂNIO, M. **Investigação de fatores de influência no consumo per capita de água em estados brasileiros e em cidades de Minas Gerais**. In: VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vitória, 2002.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - **Guidelines for drinking-water quality** - 4th ed. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. 2011.

## ANÁLISE ENTRE VAZÃO DE PROJETO E VAZÃO DE OPERAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

### **Angelis Carvalho Menezes**

Universidade Federal de Sergipe

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

São Cristóvão – Sergipe

### **Michelli Ferreira de Oliveira**

Universidade Federal de Sergipe

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

São Cristóvão – Sergipe

### **Luciana Coêlho Mendonça**

Universidade Federal de Sergipe

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

São Cristóvão – Sergipe

**RESUMO:** As Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) buscam remover ou transformar uma série de poluentes indesejáveis com o intuito de reduzir os impactos gerados no corpo receptor, atendendo a padrões de lançamento de efluentes determinados pela legislação vigente. A base do seu planejamento, implantação e operação é uma análise técnica. Este trabalho teve por objetivo analisar as vazões de projeto e de operação da ETE do *campus* de São Cristóvão da Universidade Federal de Sergipe, devido a sua importância para as etapas seguintes de tratamento. Os dados de medição de vazão na entrada da estação foram fornecidos pelo operador da ETE, onde foi feito o monitoramento nos meses de fevereiro a junho

de 2018. Gráficos de variação de vazão para os meses em estudo foram elaborados, e também foram calculadas as vazões médias mensais durante o período de estudo. O resultado obtido foi que a estação está funcionando com 19% da vazão ao qual foi projetada para o ano de 2018. **PALAVRAS-CHAVE:** Medição de vazão, tratamento de efluentes.

### ANALYSIS BETWEEN PROJECT FLOW AND FLOW OF OPERATION SEWAGE TREATMENT STATION OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF SERGIPE

**ABSTRACT:** Wastewater Treatment Plants (WWTP) aims to remove or transform a great number of pollutants in order to reduce the impacts generated in the water body, following the standards of the current legislation. The basis of your planning, deployment and operation is a technical analysis. The WWTP located in São Cristóvão Campus of Federal University of Sergipe was designed to treat the sewage generated on the Campus. The objective of this work was to analyze the design and operation flow of the WWTP in São Cristóvão Campus of Federal University of Sergipe, due to its importance for the next stages of treatment. The flow measurement data at the station entrance were provided by the WWTP operator, where the monitoring was carried out in the months of February to June 2018. Flow rate graphs for the study months were elaborated, and the flow

rates averages during the study period. The result obtained was that the station is running with 19% of the flow to which it was designed for the year 2018.

**KEYWORDS:** Flow measurement, treatment of effluents.

## 1 | INTRODUÇÃO

O saneamento básico das áreas urbanas e rurais tem sido um grande desafio aos governantes de todos os países, no sentido de ofertar serviços e estruturas adequadas que possam dar suporte ao crescimento da população e das cidades, e com isto, promover ambientes saudáveis, que passam a se constituir a partir das mudanças vindas dessa urbanização e do crescimento populacional (Cazelli, 2013).

A maioria dos problemas sanitários que afetam a população mundial hoje está intrinsecamente relacionada como meio ambiente deteriorado, pouco preservado e poluído por diversos agentes nocivos, afetando solo, ar, água e os ambientes nos quais habitam as populações rurais e urbanas (BRASIL, 2006 apud Cazelli, 2013).

O investimento no tratamento de efluentes pode significar um grande salto para o desenvolvimento em termos da dotação da infraestrutura requerida para proteger o meio ambiente e melhorar a qualidade de vida da população, assim como propiciar novas oportunidades de negócios. Assim, a coleta, o tratamento e a disposição ambientalmente adequada de efluentes são fundamentais para a melhoria do quadro de saúde da população e pré-requisito para busca da sustentabilidade (Pimenta et al., 2002).

O sistema de esgotos sanitários é o conjunto de obras e instalações que propicia coleta, transporte e afastamento, tratamento, e disposição final das águas residuárias de forma adequada do ponto de vista sanitário e ambiental. O sistema de esgotos existe para afastar a possibilidade de contato de dejetos humanos com a população, com as águas de abastecimento, com vetores de doenças e alimentos (Ribeiro et al., 2010).

Para o tratamento eficaz dos efluentes, é necessário que o dimensionamento do sistema seja escolhido de forma que o processo seja eficiente e coerente, levando em consideração a população que será atendida, características do efluente, disposição de área, localização, custos, etc.

A importância da escolha do tipo e dimensionamento correto do sistema minimiza problemas futuros, como o super e subdimensionamento dos sistemas, tratamento ineficiente, poluição do corpo hídrico, geração de odores e problemas de saúde à população.

A remoção dos poluentes no tratamento, de forma a adequar o lançamento a uma qualidade desejada ou ao padrão de qualidade vigente está associada aos conceitos de nível do tratamento. A classificação usual do tratamento é realizada com os seguintes níveis: tratamento preliminar (objetiva a remoção dos sólidos grosseiros

e medição de vazão), tratamento primário (visa remoção de sólidos suspensos sedimentáveis e parte de matéria orgânica), tratamento secundário (remove a matéria orgânica e eventualmente nutrientes) e o tratamento terciário (objetiva a remoção de poluentes específicos) (Von Sperling, 2005).

No que se refere ao tratamento preliminar, o controle do volume de efluentes que entra no sistema se dá através de uma unidade de medição de vazão, a qual pode se realizada por uma calha onde se mede o nível do efluente para assim correlacionar com a vazão.

A partir disso, este trabalho teve por objetivo analisar comparativamente as vazões de projeto e de operação da Estação de Tratamento de Efluentes – ETE da Universidade Federal de Sergipe – UFS, visto a sua importância para as etapas subsequentes de tratamento.

## **2 | METODOLOGIA**

### **2.1 Vazões da ETE**

Foram utilizados os dados de monitoramento da vazão de entrada da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Universidade Federal de Sergipe, campus de São Cristóvão, fornecidos pelo operador da estação, e também o relatório final do projeto do Sistema de Esgotamento Sanitário com Tratamento e Disposição de Efluentes (Silva, 2012), para avaliar se a vazão de operação da estação está de acordo com a prevista no projeto.

### **2.2 Área de Estudo**

A ETE da UFS está localizada na Cidade Universitária “Prof. José Aloísio de Campos”, no município de São Cristóvão, em Sergipe, como mostra a Figura 1. A ETE da UFS foi inaugurada no dia 30 de novembro de 2015 e substituiu o antigo sistema de tratamento que era composto por duas lagoas de estabilização.





Figura 1 – Delimitação da área de estudo.

Fonte: Adaptado do Google Earth (2019).

O tratamento dos efluentes gerados na UFS é realizado por um sistema que dispõe de tratamento preliminar, secundário e terciário. O tratamento preliminar é composto de gradeamento, caixa de areia e medidor de vazão. O tratamento secundário ocorre pela combinação de tratamento anaeróbico e aeróbio, no qual o efluente passa, primeiramente pelo reator UASB e segue para o tanque de aeração (valo de oxidação). O tratamento terciário é realizado no tanque de contato, no qual o efluente passa pela desinfecção por meio da cloração. A estação também possui nove leitos de secagem do lodo e um reservatório de acúmulo. Na Figura 2, é apresentado os elementos que compõem a estação.

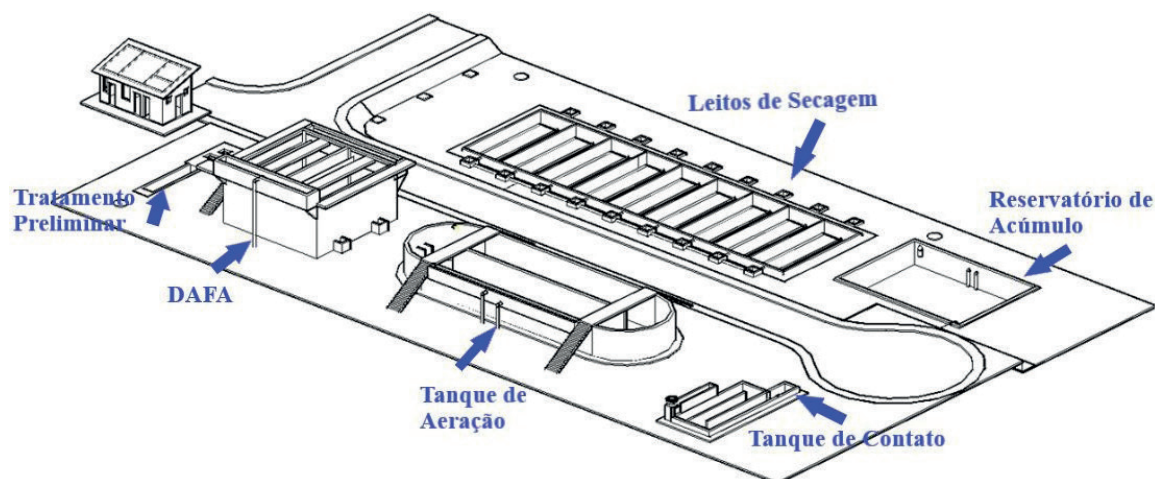


Figura 2 – Sistema de tratamento de efluentes da UFS.

Fonte: Adaptado de Silva (2012).

O sistema de tratamento foi projetado considerando uma produção média de 50 L/hab.dia, com uma população de 20.565 pessoas (alunos e funcionários) de início de plano em 2012 e uma população de 33.492 pessoas para o final de plano em 2032. Considerando o tipo de terreno que a rede coletora será assentada e a expectativa operacional, foi crescida de uma taxa de infiltração de 0,0005 L/s.m. O dimensionamento de todo sistema, pois o mesmo foi projetado para a situação mais crítica de funcionamento, considerando que 100% da população de projeto estariam presentes no mesmo dia.

### 2.3 Vazão de operação

O tratamento preliminar da ETE é composto pelo sistema de gradeamento, caixa de retenção de areia e um dispositivo para medição de vazão, como está indicado na Figura 3.



Figura 3 – Tratamento preliminar da ETE da UFS.

Fonte: Autoras (2018).

Através da instalação da calha Parshall, na etapa do tratamento preliminar, é possível medir a vazão do efluente que está chegando à estação. A calha que foi adotada é de fibra de vidro e possui garganta de  $W$  de 3", que possui capacidade suficiente para atender as vazões previstas para o projeto (Silva, 2012). Esta calha tem vazão mínima é de 0,85 L/s e a máxima é de 53,8 L/s, de acordo com os dados de Jordão e Pessôa (1995).

O monitoramento das vazões de entrada de efluentes da ETE é realizado pelo operador da estação de forma manual, através da medição da lâmina líquida na calha Parshall, sempre no ponto que fica a 2/3 da dimensão convergente até a garganta, de acordo com o que é recomendado por Azevedo Netto (1962).

Com a altura da lâmina líquida a vazão é calculada a partir da expressão que permite determinar a vazão de esgoto que passa pela calha, dada pela Equação 1.

$$Q = k \times H^n \quad (1)$$

em que:

H: altura da lâmina de esgoto na posição de medição da calha (cm);

Q: é a vazão na seção da calha Parshall, em L/s;

K e n: constantes.

De acordo com Azevedo Netto (1998), para uma calha com dimensão nominal W de 3", k será igual a 0,176 e n será igual a 1,547. Com isso o cálculo da vazão é obtido pela Equação 2.

$$Q = 0,176 \times H^{1,547} \quad (2)$$

As medições da vazão são feitas nos horários de 9h, 12h e às 17h e vem sendo monitorada desde o final de janeiro de 2018. Com esses dados fornecidos pelo operador da estação foi possível analisar comparativamente as vazões de projeto e de operação em dias de atividades normais no campus da UFS.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O acompanhamento da variação de vazão na ETE da UFS do campus São Cristóvão está apresentado em gráficos, como pode ser observada na Figura 4. De acordo com esses gráficos, é possível perceber o comportamento da variação de vazão na ETE. As menores vazões acontecem às 9h e as maiores vazões acontecem ao meio dia. Estes picos podem estar relacionados com o período que ocorre uma maior movimentação dos alunos entre os prédios do campus da universidade e o período de almoço no restaurante universitário. Outra explicação para variação de vazão nos horários de pico pode ser devido ao acionamento da estação elevatória, o que acontece apenas quando há um aumento significativo do volume do efluente. Os gráficos das variações de vazão referente a cada mês podem ser observados nas Figuras 4 a 8.

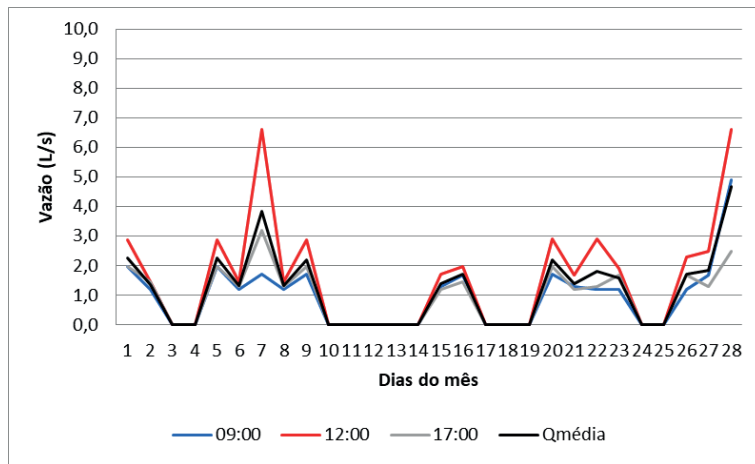


Figura 4 – Variação da vazão de entrada no mês de Fevereiro/2018.

Fonte: Autoras (2018).

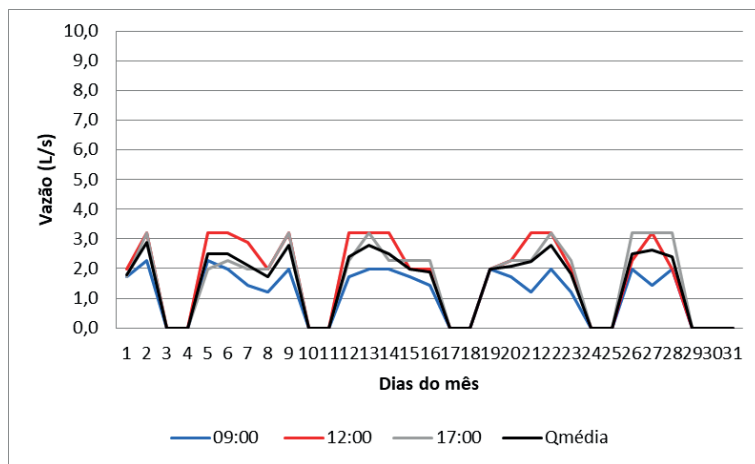


Figura 5 – Variação da vazão de entrada no mês de Março/2018.

Fonte: Autoras (2018).

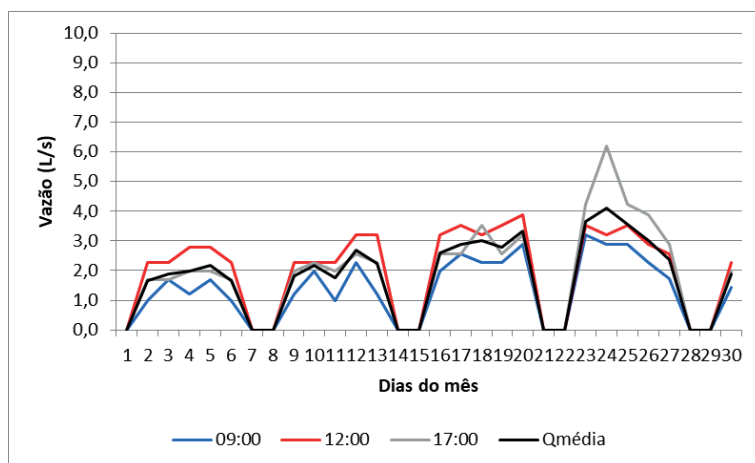


Figura 6 – Variação da vazão de entrada no mês de Abril/2018

Fonte: Autoras

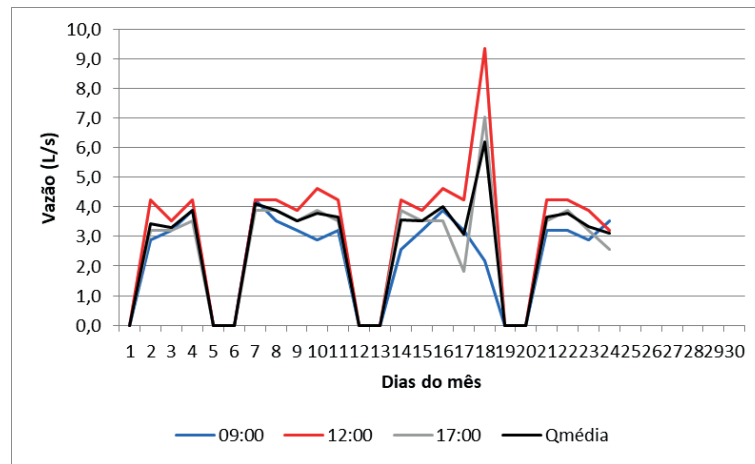


Figura 7 – Variação da vazão de entrada no mês de Maio/2018

Fonte: Autoras

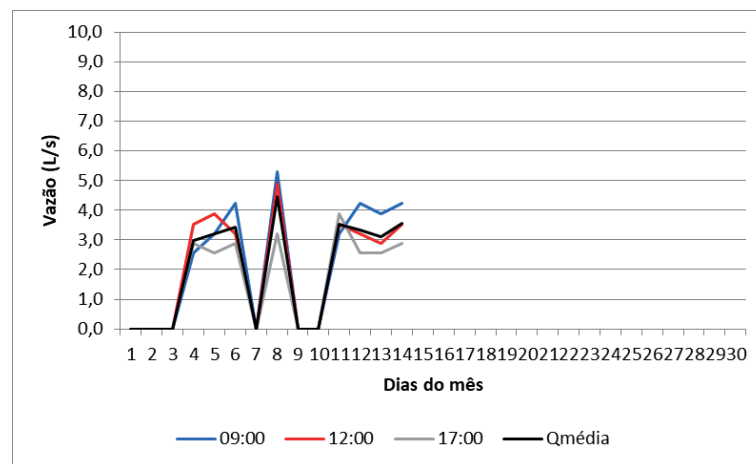


Figura 8 – Variação da vazão de entrada no mês Junho/2018.

Fonte: Autoras

Os dias em que a vazão está nula ou não foi monitorada devem-se ao fato do operador não está na estação, o que acontece nos finais de semana, em feriados ou em dias que o expediente na universidade foi cancelado por motivos externos.

Foi possível calcular, com os dados obtidos, a vazão média diária de operação de cada mês e a vazão média de operação mensal fornecida, as quais estão apresentadas na Tabela 1. Com esses dados foi possível comparar com a previsão de vazão para o projeto no ano de 2018.

Mês	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho
Vazão (L/s)	2,06	2,31	2,53	3,76	3,58
Vazão média no período (L/s)					2,85

Tabela 1 – Vazões médias dos meses de Fevereiro a Junho.

Nota: A vazão média do mês de junho foi aos 15 dias de dados fornecidos.

Fonte: Autoras (2018).

No que se refere à vazão de projeto, constatou-se através dos resultados da medição de vazão, que a vazão de operação é muito inferior que a vazão projetada para o ano 2018, conforme mostra a Tabela 2.

Ano	População (hab)	Vazão média projetada (L/s)	Vazão média de operação (L/s)	Varição Percentual (%)
2018	23804	13,78	2,62	-80,97

Tabela 2 – Comparação entre vazão observada e a vazão de projeto.

Fonte: Autoras (2018)

## 4 | CONCLUSÃO

Os resultados obtidos durante o período estudado permitem concluir que a ETE da UFS está funcionando com folga em termos de vazão, sendo que a vazão de operação está com 19% da vazão de projeto prevista para o ano de 2018. Em horários de pico, a exemplo o horário de 12:00 h, a variação de vazão pode ser explicado em razão do acionamento da estação elevatória, o que acontece apenas quando há um aumento significativo do volume do efluente.

Como as vazões médias observadas estão bem menores que a vazão pré-determinada para o ano de 2018, é possível compreender que o sistema de tratamento está sendo afetado pelo superdimensionamento da estação.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Aos operadores da Estação de Tratamento de Efluentes da UFS.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO, J. M. **Curso de Tratamento de Águas Residuárias**. Revista D.A.E, v. 49, n. 680, p. 64-76. 1962.

AZEVEDO NETTO, J. M.; ITO, A. E.; ARAUJO, R. de; FERNANDEZ Y FERNANDEZ, M. **Manual de hidráulica**. 8. ed. rev. São Paulo, SP: Editora Blucher, 1998. c1998. p. 669.

CAZELLI, W. de M. **Interfaces da atenção básica à saúde e o saneamento básico no estado do Espírito Santo nos anos de 2001, 2006 e 2011**. 2013. Dissertação (Mestrado Profissional de Engenharia de Saúde Pública e Desenvolvimento Sustentável) - Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória – ES, 2013.

PIMENTA, H. C. D.; TORRES, F. R. M.; RODRIGUES, B. S.; ROCHA JÚNIOR, J. M da. **O esgoto: a importância do tratamento e as opções tecnológicas**. In XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, v. 22, 2002, Curitiba – PR. p. 1-8.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. 2010. Monografia (Especialização em Análise Ambiental) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora - MG, 2010.

SILVA. L. J. **Manual de Operação ETE UFS**. São Cristóvão - SE. 2012.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª edição. Belo Horizonte – MG: Editora UFMG, 2005. v. 1, p. 452. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias).

## ANÁLISE DAS SOBREPRESSÕES E SUBPRESSÕES NA ADUTORA DO POXIM, PROPONDO DISPOSITIVOS ALTERNATIVOS DE MANUTENÇÃO DO GOLPE DE ARÍETE

### **Abraão Martins do Nascimento**

Universidade Tiradentes  
Aracaju - Sergipe

### **Keila Giordany Sousa Santana**

Universidade Tiradentes  
Aracaju - Sergipe

### **Paulo Eduardo Silva Martins**

Universidade Tiradentes  
Aracaju - Sergipe

### **Nayara Bezerra Carvalho**

Universidade Tiradentes  
Aracaju - Sergipe

**RESUMO:** Devido a carência de análise minuciosa para o dimensionamento de material para tubulação de adutoras, o sistema de abastecimento de água torna-se suscetível ao golpe de aríete. Para o aperfeiçoamento no dimensionamento é realizado comparações de modelos matemáticos precisos para visualização de desempenho das tubulações durante os transientes hidráulicos, no qual podem ocorrer sobrepressões e subpressões que geram danos ao sistema. Este estudo objetivou na aplicação das fórmulas de Allievi e Michaud para analisar as sobrepressões e subpressões que podem ocorrer nos interiores das tubulações da Adutora do Poxim. Observou-se que os resultados de sobrepressão, que podem ocasionar danos ao sistema, foram

elevados. Por isso, foram sugeridos novos dispositivos a serem acrescentados aos existentes no sistema de adução.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desempenho; Hidráulica; Tubulações.

### **ANALYSIS OF OVERPRESSIONS AND SUBPRESSIONS IN THE POXIM PIPELINES, PROPOSED ALTERNATIVE DEVICES OF MAINTENANCE OF WATER HAMMER**

**ABSTRACT:** Due to the lack of thorough analysis for the dimensioning of material for piping of mains, the water supply system becomes susceptible to water hammer. For the improvement in sizing, comparisons of precise mathematical models are performed for pipes's performance visualization during the hydraulic transients, in which overpressures and subpressions can occur that generate damages to the system. This study aimed at the application of the Allievi and Michaud formulas to analyze the overpressures and subpressions that may occur in the interiors of the Poxim Pipelines. It was observed that the results of overpressure, which could cause damage to the system, were high. Therefore, new devices have been suggested to be added to those in the adduction system.

**KEYWORDS:** Performance; Hydraulics; Pipes



## 1 | INTRODUÇÃO

A adução é um subsistema do abastecimento responsável por conduzir a água desde a captação até a comunidade abastecida. Ela é o conjunto de tubulações e peças especiais, dispostas entre: captação e a Estação de Tratamento de Água (ETA); captação e o reservatório de distribuição; captação e a rede de distribuição; ETA e o reservatório de distribuição; e a ETA e a rede de distribuição. A adutora pode ser classificada de acordo com a natureza da água transportada: adutora de água bruta, transporta a água até a ETA; adutora de água tratada, transporta a água da ETA até os reservatórios de distribuição (Funasa, 2007).

Os escoamentos dos fluidos são classificados em estados permanentes (pressão e velocidade constantes) e estados variados ou transitórios (pressão e velocidade variam com o tempo e de ponto a ponto). Em condutos forçados, quando o movimento do líquido passa de permanente para variado, ocorre o fenômeno conhecido como golpe de aríete ou transientes hidráulicos. Esses são ondas de subpressão e sobrepressão que se movem rapidamente ao longo de uma tubulação, de grande ou pequena magnitude (Azevedo Netto, 1998).

Desse modo, a fim de precaver os efeitos danosos que esse tipo de situação pode gerar, é necessário conhecer cada processo do sistema, para que assim, seja possível analisar os parâmetros que possam gerar esse fenômeno. Por isso, foram realizados os cálculos de sobrepressões e subpressões ao longo da Adutora do Poxim, para que seja demonstrado a necessidade de dispositivos de atenuação do golpe de aríete.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A Adutora da Barragem Jaime Umbelino de Souza, conhecida como Adutora do Poxim (Figuras 1 e 2), é construída em conduto de aço (ASTM A283 – tensão de escoamento 23.190 mca) com 900 mm de diâmetro e espessura de 6,35 mm, 210 m de tubulação de sucção, 14 km de tubulação de recalque. A Estação de Tratamento de Água Bruta é abrigada por uma edificação coberta que abrange uma área construída de 283 m<sup>2</sup>, composta por quatro motobombas em paralelo, sendo que três operam simultaneamente e uma é usada de reserva para período de estiagem e, em épocas de chuva, as quatro atuam para uma maior vazão, sendo a vazão média de 960 l/s e máxima de 1200 l/s.

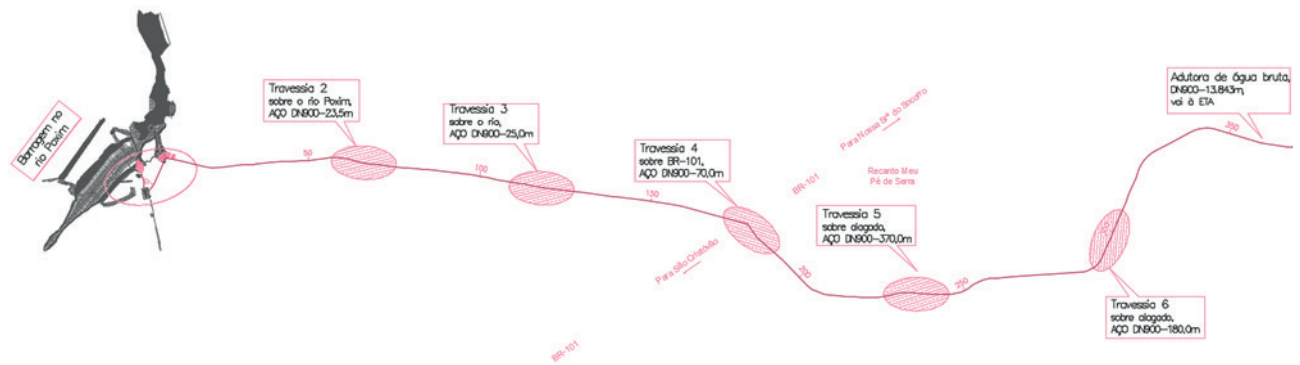


Figura 1. Visualização geral (01/02) da Adutora de Água Bruta da Barragem Jaime Umbelino de Souza.

Fonte: DESO (2018).

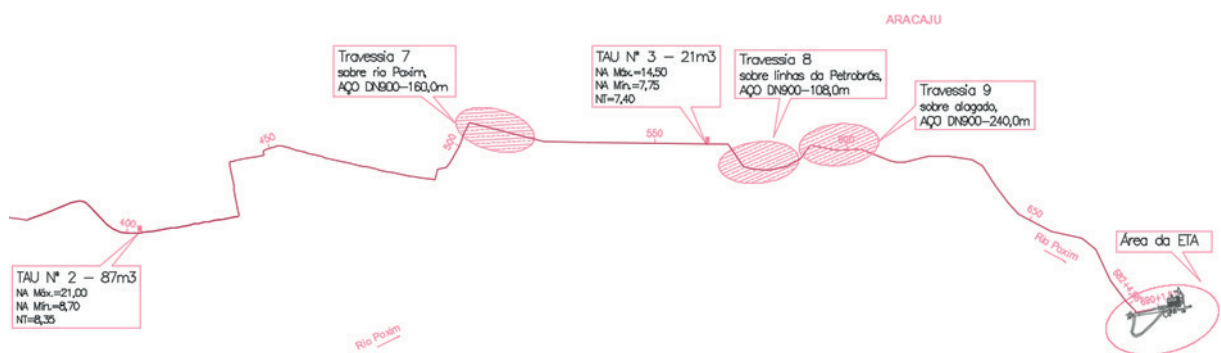


Figura 2. Visualização geral (02/02) da Adutora de Água Bruta da Barragem Jaime Umbelino de Souza.

Fonte: DESO (2018).

Para a realização dos cálculos de sobrepessão foram utilizados dois parâmetros prévios, o período ou fase de canalização (expressão 1) e celeridade (expressão 2) (Houghtalen, 2012).

$$T = \frac{2L}{c} \quad (1)$$

Onde:  $T$  (s) é o período ou fase de canalização,  $L$  (m) é o comprimento da tubulação e  $C$  (m/s) é a celeridade.

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \frac{D_i}{e}}} \quad (2)$$

Onde:  $k$  é o coeficiente de elasticidade,  $D_i$  (m) é o diâmetro interno do tubo e  $e$  (m) é a espessura da parede do tubo.

A depender do tipo de manobra utilizaram-se diferentes expressões. Para as manobras rápidas ( $t < T$ ), sendo  $t$  (s) o tempo de fechamento da válvula, utilizou-se a Fórmula de Allievi (expressão 3) e para as manobras lentas ( $t > T$ ) a Fórmula de Michaud, mostrada na expressão 4. Foi utilizado o tempo  $t$  de 1 s para simulação da interrupção do funcionamento de uma bomba devido à uma queda de energia ou

falha no sistema (Houghtalen, 2012).

$$h_a = \frac{cv}{g} \quad (3)$$

Onde:  $h_a$  (m) é a sobrepressão,  $v$  (m/s) é a velocidade média de escoamento e  $g$  (m/s<sup>2</sup>) é a aceleração da gravidade.

$$h_a = \frac{cvT}{gt} \quad (4)$$

Para a verificação da pressão foi utilizada a fórmula de tensão admissível (Roylance, 2001):

$$\frac{PD}{2t} \leq 0,5 \sigma_E \quad (5)$$

Onde: ( $mca$ ) é a tensão de escoamento,  $P$  ( $mca$ ) é a pressão no interior do tubo,  $D$  (m) é o diâmetro do tubo e  $t$  (m) é a espessura.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como proposto nesse trabalho, foram realizadas as análises das sobrepressões atreladas à realidade da adutora de estudo. Desse modo, com as expressões apresentadas na Seção Material e Métodos, foram calculadas as sobrepressões para as tubulações de sucção – Estação Elevatória de Água Bruta, sinalizada como Estaca de Água Bruta (EAB) - e para as tubulações de recalque, representadas por estaqueamentos. Assim, foram adicionados os valores de sobrepressões às pressões estáticas em cada trecho. Na Tabela 1 são mostrados os resultados dos cálculos realizados.

NÓ	P.E (mca)	Sobrepres-são (mca)	Subpres-são (mca)	NÓ	P.E (mca)	Sobrepres-são (mca)	Subpres-são (mca)
EAB	67,9	149,54	-13,74	E152	75,95	254,57	-104,49
E0	68,44	149,54	-13,74	E180	76,88	255,48	-103,58
E6	68,68	247,97	-111,09	E182	77,14	256,41	-102,65
E10+10	65,7	248,21	-110,85	E203	78,19	256,67	-102,39
E13+10	69,4	245,23	-113,83	E211	76,86	257,72	-101,34
E39	70,36	248,93	-110,13	E215	78,78	256,39	-102,67
E65+4	71,61	249,89	-109,17	E220	77,76	258,31	-100,75
E68	71,76	251,14	-107,92	E225	78,06	257,29	-101,77
E92	73,39	251,29	-107,77	E228	78,89	257,59	-101,47
E116	74,63	252,92	-106,14	E232	77,19	258,42	-100,64
E123	75,04	254,16	-104,9	E235	79,98	256,72	-102,34

NÓ	P.E (mca)	Sobrepres-são (mca)	Subpres-são (mca)
E239	77,16	259,51	-99,55
E242	80,3	256,69	-102,37
E244	80,21	259,83	-99,23
E255	79,59	259,74	-99,32

E279	80,76	259,12	-99,94
E285	80,3	260,29	-98,77
E292	80,88	259,83	-99,23
E295	81,48	260,41	-98,65
E298+8	90,6	149,54	-13,74
E304	78,46	149,54	-13,74
E321	81,08	247,97	-111,09
E326	79,5	248,21	-110,85

Tabela 1: Sobrepressões e subpressões da adutora considerando a vazão máxima, com material em aço 900 mm e espessura de 6,35 mm; P.E. = pressão estática.

Fonte: Autoria própria.

Os valores obtidos demonstraram quão grande são as envoltórias de pressões causadas no sistema devido a uma manobra realizada em 1 s. Na Figura 3, são mostradas essas envoltórias, que facilita a visualização do comportamento das ondas ao longo da adutora.

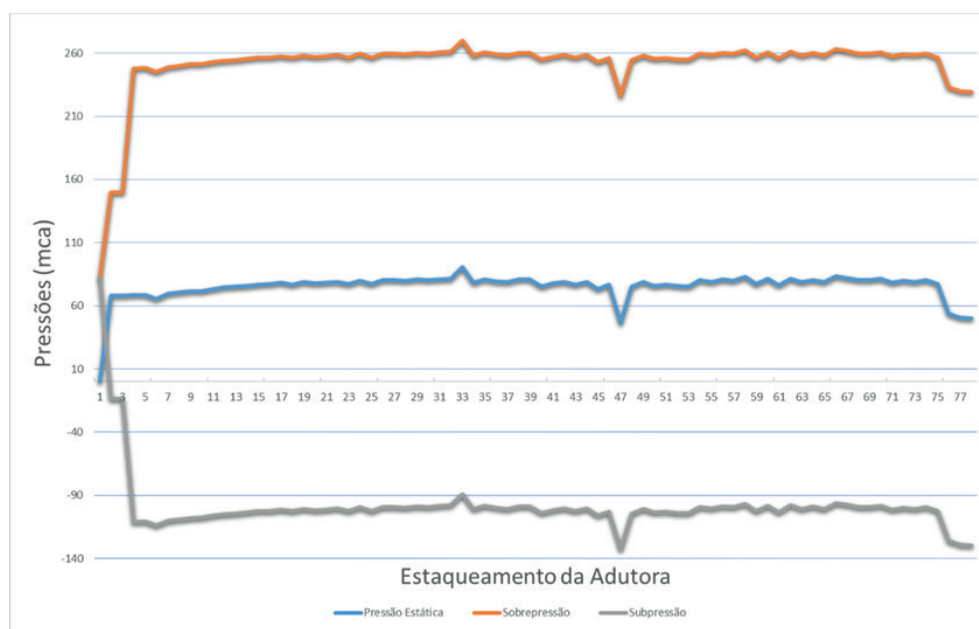


Figura 3. Visualização gráfica das ondas de sobrepressão e subpressão em comparativo com a onda estática, sem a utilização de dispositivos de anti-golpe. Fonte: Autoria própria.

De acordo com os dados descritos da adutora e considerando a classe de aço que nela foi instalada, aplicando a expressão 5, descrita na metodologia, observou-se que a pressão dentro dos tubos tem que ser menor ou igual a 161 mca. Os resultados obtidos mostraram que tais pressões superaram o valor limite para a tensão de escoamento. Destacou-se, por exemplo, o maior pico de sobrepressão, na 33<sup>a</sup> estaca, que superou o permitido em 27,49 mca, como também o maior pico de subpressão, na 47<sup>a</sup> estaca, que tem uma pressão de 53 mca acima do limite para a tensão admissível.

Como esses valores sinalizaram a ocorrência do golpe, já que foram desconsiderados os dispositivos de atenuação existentes, a fim de proteger as

tubulações da adutora é necessário realizar medidas para evitar o colapso. A instalação de um reservatório hidropneumático junto a estação elevatória faria com que as pressões adicionadas a adutora fossem transferidas a esse reservatório, como também a instalação de válvulas de alívio em pontos onde as pressões observadas foram maiores. No Quadro 1 é mostrado a disposição dos dispositivos de atenuação do golpe de aríete ao longo da adutora, tanto as existentes como as propostas.

Dispositivo	Localização	Situação
TAU 1	E10 + 3,0 m	existente
TAU 2	E369	existente
TAU 3	E544	existente
Ventosas de tríplice função	pontos altos	existente
Descargas	pontos baixos	existente
Reservatório hidropneumático	junto à estação elevatória	proposta
Válvulas de alívio	picos de pressão	proposta

Quadro 1: Dispositivos de atenuação do golpe de aríete ao longo da adutora.

Fonte: Autoria própria

Como proposta, o reservatório hidropneumático, Figura 3, é acoplado ao circuito em um ponto junto à estação elevatória. Esse dispositivo tem como propósito alimentar a tubulação na qual está conectado quando houver uma redução da pressão ou ser alimentado pela tubulação quando ocorrer aumento de pressão (Rosa, 2009).



Figura 3. Reservatório hidropneumático da Adutora Guarapiranga, Alto da Boa Vista, zona sul de São Paulo.

Fonte: Shirimito (2005).

Já as válvulas de alívio, tem como finalidade aliviar a pressão interna nos dutos caso seja extrapolado um valor pré-estabelecido e calibrado na válvula, por meio de um sistema análogo ao de massa-mola, no qual não necessita de força externa.

Desse modo é feito um controle do nível de pressão no interior da adutora de forma automática (Coelho et al., 2013).

## 4 | CONCLUSÕES

Por conluinte, verificou-se que há um alto nível de sobrepressão e subpressão ao longo da adutora, tanto positiva como também negativa. Nos pontos críticos mencionados observou-se que os valores são superiores a mais que o dobro das pressões estáticas.

Com tais resultados a probabilidade de ocorrência do golpe de aríete é muito alta podendo ocasionar o colapso em algum trecho da adutora. Desse modo é comprovado a necessidade de um estudo aprofundado de dispositivos de atenuação do golpe de aríete, como por exemplo, reservatório hidropneumático e as válvulas de alívio, além daquelas já presentes na adutora.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Universidade Tiradentes, pelo incentivo à pesquisa através do Programa de Bolsas de Iniciação Científica da Unit (PROBIC/Unit) e Programa Voluntário de Iniciação Científica da Unit (PROVIC/Unit).

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO, J. M. de. **Manual de Hidráulica**. 8ª edição - São Paulo: Blucher, 1998;

COELHO, F. B. & AZEVEDO L. F. A. **Estudo Experimental de uma Válvula de Alívio Reguladora de Pressão**. PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2013;

DESO. **Sistema de Recalque e Adução de Água Bruta do Poxim Açú**. Vol.I – Memorial Descritivo e Justificativo. Aracaju, 2018;

FUNASA. **Manual de Saneamento**. 3ª edição - Brasília, 2007;

HOUGHTALEN, R. J. **Engenharia hidráulica**. 4. ed. São Paulo, SP: Pearson Education do Brasil, 2012;

ROYLANCE, D. **Pressure vessels**. Department of Materials Science and Engineering Massachusetts Institute of Technology Cambridge. Cambridge, 2001;

ROSA, H. M. P. **Nova solução para o problema de dissolução de ar em reservatórios hidropneumático**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009;

SHIRIMITO, J. **RHOs da EEAB Guarapiranga – Os primeiros vasos esféricos na área de saneamento**. SABESP. São Paulo, 2005.

## 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**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Mossoró-RN

### **Larissa Janyele Cunha Miranda**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Jaguaribe-CE

### **Rokátia Lorrany Nogueira Marinho**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Apodi-RN

### **Renata de Oliveira Marinho**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Patos-PB

### **Antonio Ferreira Neto**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Mossoró-RN

### **Mônica Monalisa Souza Valdevino**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Apodi-RN

### **Lígia Raquel Rodrigues Santos**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Natal-RN

**RESUMO:** O trabalho teve como finalidade caracterizar através de análises físico-químicas múltiplos usos da água. Sendo de abastecimento público a água de Caraúbas-Rio Grande do Norte e uso doméstico e irrigação as águas de Almino Afonso-RN, provenientes de um açude e de um cacimbão (espécie de poço) localizados

na cidade. Para a água de abastecimento público as análises físico-químicas foram realizadas para oito amostras coletadas in loco em pontos diferentes da cidade. Para análise das águas do município de Almino foram feitas duas amostras colhidas in loco, sendo A1 em um cacimbão próximo do lixão e A2 em um açude a 5km da cidade. Dentre os parâmetros analisados na água de abastecimento foram avaliados: dureza, pH, sódio, potássio, cloreto, salinidade, condutividade, cálcio e magnésio. No fim destas análises foi possível verificar que a água fornecida no sistema de abastecimento da cidade de Caraúbas está apta para o consumo humano. As amostras coletadas no município de Almino Afonso-RN mostraram que as concentrações de elementos químicos na água estiveram maiores na amostra A2 coletada no açude da área urbana, dentre os elementos analisados percebeu-se que tanto o sódio A1 como A2 estiveram em grandes concentrações. **PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade de vida. Água. Análises.

### PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF WATER SUPPLY OF CARAÚBAS-RN MUNICIPALITY AND ALTERNATIVE WATERS OF ALMINO AFONSO-RN IN THEIR MULTIPLE USES

**ABSTRACT:** The purpose of the work was to characterize through multiple physical and chemical analyzes of water use. The water of

Caraúbas-Rio Grande do Norte and domestic use and irrigation of the waters of Almino Afonso-RN, coming from a dam and a cacimbão (a well) located in the city, are of public supply. For the public water supply, the physical-chemical analyzes were performed for eight samples collected locally at different points in the city. For the analysis of the waters of the municipality of Almino, two samples were taken in loco, being A1 in a cacimbão near the dump and A2 in a weir 5 km of the city. Among the parameters analyzed in the water supply were: hardness, pH, sodium, potassium, chloride, salinity, conductivity, calcium and magnesium. At the end of these analyzes it was possible to verify that the water provided in the supply system of the city of Caraúbas is fit for human consumption. The samples collected in the municipality of Almino Afonso-RN showed that the concentrations of chemical elements in the water were higher in sample A2 collected in the urban area, among the elements analyzed it was noticed that both A1 and A2 were in high concentrations.

**KEYWORDS:** Quality of life. Water. Analyzes.

## 1 | INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural finito, fundamental para a manutenção da vida. A escassez da água é um problema que se propaga por diversas regiões do Brasil e do mundo e que afeta a todos. Nas regiões semiáridas do Brasil esse problema vem se agravando, uma vez que as precipitações anuais não suprem a demanda de toda população, fazendo com que os reservatórios fiquem abaixo do estimado, tornando difícil o acesso e abastecimento da água.

A utilização da água pela sociedade humana visa atender suas necessidades pessoais, atividades econômicas (agrícolas e industriais) e sociais. No entanto, essa diversificação no uso da água, quando realizada de forma inadequada, provoca alterações na qualidade da mesma, comprometendo os recursos hídricos e, por consequência, seus usos para os diversos fins. A qualidade da água é aspecto indispensável quando se trata dos seus principais usos, em especial, para fins como o abastecimento humano. Este uso tem sofrido restrições significativas em função de prejuízos nos rios provenientes das ações naturais e antrópicas, as quais alteram os aspectos de qualidade e quantidade de água disponível para o uso humano (SOUZA, 2013).

Á água por se tratar de um ótimo solvente, pode se tornar uma forte arma de doenças de vinculação hídrica, o que torna o estudo das propriedades da água um fator primordial. A importância se dá devido a capacidade da água em dissolver diversas substâncias, podendo acarretar na perda de qualidade. Exemplos naturais acontecem quando águas derivadas da chuva tem sua composição alterada ao entrar em contato com o ar, ou quando reservas subterrâneas sofrem alterações causadas pelas condições naturais do solo.

Além das causas naturais, a água tem sua qualidade comprometida devido



a presença do homem. Estas alterações podem resultar em sérios danos à saúde dos usuários. Segundo a ONU (2012) (Organização das Nações Unidas), 80% da população mundial vive em áreas onde a segurança da água é ameaçada.

Medeiros (2010) aborda que conhecer as propriedades da água é fundamental para a solução correta dos vários problemas ocasionados pelo mal-uso. Estes problemas envolvem princípios e métodos de armazenamento, conservação, controle, condução, utilização etc., e estão presentes desde a elaboração dos projetos até o último dia de sua operação. Fisicamente, quando pura, a água deve ser um líquido transparente e levemente azulado, praticamente incolor, sem gosto e sem sabor, apresentando reflexão e refração da luz.

A água é fundamental para sobrevivência dos seres vivos, é essencial que este bem seja ofertado em qualidade aos moradores. Existem padrões para água destinada ao abastecimento humano e seus múltiplos usos. Os padrões são ditados por legislação e abrangem parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Os valores para águas destinadas ao abastecimento humano são indicados na Portaria de consolidação Nº 5 de 2017 do Ministério da Saúde (MS) e para os múltiplos usos da água na Resolução 357/2005 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Em caso de valores diferentes destes padrões em águas, pode ocorrer o surgimento de doenças, às quais são denominadas de doenças de vinculação hídrica.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Caraúbas está localizado no estado do Rio Grande do Norte, situando-se a uma distância de duzentos e noventa e seis quilômetros (296 km) da capital do estado, Natal. Sua população estimada, de acordo com o censo de 2015, é de vinte mil quinhentos e sessenta e quatro (20.564), sua área territorial é de 1.132,857 km<sup>2</sup> e sua densidade demográfica é de 17,88 (hab/km<sup>2</sup>). (SEMARH-IDEMA,2008)

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram realizadas análises laboratoriais da água que os usuários recebem em suas residências diretamente da rede pública de abastecimento. Essas análises contemplam parâmetros adotados na Portaria de consolidação Nº 5 de 2017 do MS, na Resolução do CONAMA 357/2005 e pela CAERN, para classificação e/ou caracterização da água potável.

As áreas de amostragem foram escolhidas em pontos distintos da cidade com o intuito de se ter uma base de dados que abranja todas as regiões do município. No total, foram selecionados oito locais para retirada das amostras necessárias para as análises da qualidade da água, sendo feitas sete coletas na cidade, e uma na Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA campus Caraúbas, localizado na zona rural do município. A Figura 1 mostra os locais dos pontos de coletas das amostras de água na cidade.



Figura 1 – Distribuição dos pontos no mapa de Caraúbas.

Fonte: Autores, 2016.

Os parâmetros analisados nestas amostras foram: pH, condutividade, dureza total, cálcio, magnésio, cloreto, salinidade, sódio e potássio. Para todos os parâmetros adotados foram realizados testes em triplicata e o resultado expresso como a média dessas medidas.

Já Almino Afonso é um município no Estado do Rio Grande do Norte, localizado na microrregião de Umarizal, apresenta um índice de desenvolvimento humano-IDH médio de 0,640 (PNUD 2000), com uma distância da capital do estado de 339 km. Geograficamente apresenta uma área de 128,0 km<sup>2</sup>, densidade 38,04 hab./km<sup>2</sup> e uma população de 4.871 hab. (IBGE/2010).

Para as análises da água coletada neste município foram utilizadas duas amostras in loco, sendo A1 em um cacimbão (espécie de poço) próximo do lixão e A2 na área em um açude na cidade, em uma distância de 5 km do lixão. A água do açude quando o mesmo se encontra “cheio” é utilizada pelos moradores para atividades domésticas, irrigação e em alguns casos para o próprio consumo. A água proveniente do cacimbão é muito usada por pessoas que moram próximo ao lixão, que é onde o cacimbão está localizado.

Estas amostras de água foram analisadas nos seguintes parâmetros: pH em água e determinado na relação solo: água 1: 2,5; CE = Condutividade elétrica do extrato solo: água, na relação 1: 2,5; os elementos P, Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> são extraídos com o extrator Mehlich-1 na relação solo: extrator de 1: 10; os elementos Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> são extraídos com KCl mol/L na relação solo extrator de 1:10;

Para todas as amostras deste trabalho os procedimentos de coleta e análise foram realizados conforme recomendados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. As análises foram realizadas no laboratório da UFRSA-Campus Caraúbas nos meses de setembro e outubro de 2016

Todas as análises de componentes físico-químicos das águas foram comparadas com padrões de qualidades do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 e da

Portaria de consolidação N° 5 de 2017 do MS. Os dados obtidos das análises da água foram discutidos de acordo com o grau de contaminação para uso de abastecimento e múltiplos usos como fins agricultáveis e uso doméstico.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Análise das amostras coletadas em Caraúbas/RN

As amostras analisadas apresentaram resultados positivos, estando dentro dos padrões exigidos pela legislação em todos os parâmetros, o que é importante pois não compromete a saúde e a qualidade de vida dos que utilizam desta água.

Os resultados para os pontos próximos, selecionados em bairros da cidade (zona urbana) mostraram-se bastante aproximados, o que já era esperado, uma vez que a cidade é abastecida por águas da mesma fonte.

Algumas variações foram notadas entre os resultados das águas coletadas nos bairros – que obtiveram valores próximos –, em relação a água coletada na UFERSA-Caraúbas (zona rural). Acredita-se que essa diferenciação se deve ao fato do ponto 5 ser localizado na zona rural da cidade, tendo este setor uma menor demanda pela água, acarretando a acumulação de algumas substâncias. Além disto, a diferença também se deve ao fato de as coletas nas residências terem sido realizadas antes do armazenamento da água, ou seja, no momento de chegada da mesma na residência, e na UFERSA, a coleta aconteceu na saída da caixa d'água, após o armazenamento. Os parâmetros analisados individualmente mostraram os seguintes resultados:

Os resultados obtidos no teste de pH mostraram que a água ofertada nos bairros em estudo, na UFERSA e a água alternativa, atende aos padrões estabelecidos na Portaria de consolidação N° 5 de 2017 do MS e na Resolução 357/2005 do CONAMA, ou seja, os valores estiveram entre 6,0 – 9,5. Os resultados da análise de pH tiveram variação de 7,3 a 8,7. Sendo o valor mínimo referente água do bairro Alto de São Severino. O valor máximo foi da água coletada na UFERSA (zona rural). Todas as amostras mostraram-se em conformidade, sendo classificadas como águas alcalinas, de acordo com o CONAMA.

Resultados para condutividade mostraram que as águas p1 a p8 apresentaram condutividade relativamente próximas. Conforme a classificação abordada pela ANA (2011), o teste de condutividade indica que as águas analisadas são todas classificadas como águas doces naturais, salvo a água do ponto 5, que foi coletada na UFERSA-Caraúbas. A amostra p5 teve como resultado 547,6 uS/cm). Este resultado levemente mais elevado que os demais têm grandes chances de ter sido ocasionado devido a água coletada estar em condições de armazenamento, possibilitando o acúmulo e concentração de espécies iônicas dissolvidas.

Quanto a dureza total, todas as amostras apresentaram teores dentro do padrão estabelecido na Portaria de consolidação N° 5 de 2017 do MS.

Para as análises de cálcio e magnésio os resultados mostraram uma diferença de 17,9 (mg/L) nos teores de cálcio e magnésio para água do p1. Uma diferenciação mais acentuada desses teores ocorre nos pontos 6, 7 e 8, sendo a variação máxima para o ponto 6 no valor de 56,7 (mg/L), em que possivelmente estas variações são decorrentes de tubulações sujas ou danificadas.

Não é afirmativo que o consumo destas águas cause efeitos colaterais devido ao desequilíbrio dos sais presente na água, uma vez que não se tem padrões mensurados e que estas águas não são as únicas fontes dos sais de Ca e Mg, sendo provenientes de diversas formas, podendo assim se equilibrar no organismo.

Os teores de cloreto encontrados em todas as amostras apresentam-se em conformidade para com o Ministério da Saúde.

A amostra do bairro Boa Vista conteve o maior índice, de 159,5 (mg/L). Os pontos de menores índices foram os p3, p6, p7 e p8. Estes índices relativamente baixos mostram que o íon Cl<sup>-</sup> presente nestas águas não inferem mal gosto à água. Além disto, os resultados apontam que as águas não sofrem de efeitos causados por poluições.

Baseado no CONAMA todas as águas analisadas são classificadas como água doce, uma vez que todos os resultados apontaram que o teor de sais das águas é inferior a 0,5 ‰. Os baixos índices de salinidade obtidos nos resultados classificaram todas as amostras como água doce, e são provenientes do baixo teor de Cl nas águas em estudo.

O teor de sódio de todas as amostras apresentou baixos índices, constatando que estas águas não oferecem riscos neste parâmetro, estando abaixo do valor máximo de 200 (mg/L) indicado pelo MS. Percebeu-se uma desigualdade no resultado da água do ponto5, em relação aos demais. Este ponto apresentou teor de 138 (mg/L)  $\pm$  23,0 (mg/L), enquanto o ponto4 o maior dentre os outros obteve 99,7(mg/L)  $\pm$  13,3 (mg/L). Supõe-se que a discrepância do ponto 5 em relação aos outros se deve ao fato da água deste ponto não ser totalmente contínua, sendo ainda armazenada antes da distribuição no campus.

Não há padrões para o potássio indicado na legislação, entretanto, falta ou excesso de algum nutriente, ou mineral, pode gerar consequências. Estudos relatam que pessoas com problemas renais podem ter agravamentos causados pelo excesso de potássio. Foi reparado a mesma discrepância ocorrida no sódio, onde o p5 obteve um valor maior em relação aos demais, nos resultados obtidos nos testes de potássio, onde as mesmas influências devem ter causado este comportamento. O p5 mostrou teor de 49,5 (mg/L)  $\pm$  2,3 (mg/L) e os demais variaram entre 11,7 (mg/L) e 18,2 (mg/L)  $\pm$  2,3 (mg/L).

As análises físico-químicas realizadas nos meses de setembro e outubro de 2016 mostraram que a água de abastecimento público de Caraúbas atende as diretrizes da Portaria de consolidação N° 5 de 2017 do Ministério da Saúde, assim como a Resolução do CONAMA n° 357 de 2005.

Os baixos teores encontrados nas análises mostram que a água não é contaminada por metais pesados oriundos de indústrias e é livre de contaminações provenientes de ações antrópicas. Sinalizando assim, que a água de abastecimento do município não oferece riscos à saúde, sendo então denominada de acordo com os parâmetros analisados, como água potável.

### 3.2 Análise das amostras de água do município de Almino Afonso/RN

Os resultados das análises das amostras de água estão apresentados na Tabela 1. As amostras foram avaliadas segundo os padrões das normas de qualidade da legislação do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.

*Amostras	Parâmetros										
	pH (água)	CE dS/m	K <sup>+</sup> mg/L	Na <sup>+</sup> mg/L	Ca <sup>2+</sup> mg/L	Mg <sup>2+</sup> mg/L	Cl <sup>-</sup> mg/L	Bicarbo- nato	Carbo- nato	RAS	Dureza mg/L
A1	7,7	0,8	3,9	207,0	38,4	10,0	248,2	0	0	8,5	151
A2	7,0	1,1	27,4	253,0	23,8	15,5	1240,9	0	0,7	8,3	187,6

Tabela 1: Análise físico-química das amostras de água.

\*A1: Amostra coletada em um cacimbão próximo ao lixão. A2: Amostra coletada em um açude na área urbana.

Fonte: Autores (2016).

A amostra A1 possui um pH de 7,7, apresentando assim uma água alcalina, já a amostra A2 possui uma água neutra 7,0. Esses dados reportam um alerta, pois A1 é distribuída e consumida pelos sítios arredores para fins domésticos (lavar roupas, pratos, limpeza geral, etc), agricultura e criação de animais, deixando pessoas e animais vulneráveis a uma água salobra.

Verificamos que a A2 apresentou uma maior quantidade de íons 1,1dS/m, conseqüentemente uma maior condutividade. Porém, A1 apresentou uma menor quantidade de íons 0,8 dS/m e, portanto, uma menor condutividade. A condutividade atua como uma das condições para a análise da salinidade, caso a condutividade elétrica estiver menor que 0,2 dS/m indica água de baixa salinidade. Assim, a A1 e A2 indicam uma água de alta salinidade. As análises do cloreto nas duas amostras apresentaram valores bem distintos. A amostra A1 esteve dentro do valor aceitável, pois o valor máximo permitido é de 250mg/L. Já a A2 que é a água referida a do açude apresentou um valor muito alto do normal, isso deve ser porque a água do referido local está em pouca quantidade, quase no fim, sendo ela usada só para irrigações. A existência de cloreto na água informa uma possível poluição e problemas referentes à toxicidade. O potássio é importante na fotossíntese, na formação de frutos, resistência ao frio e às doenças. A amostra A2 apresentou um valor de potássio maior do que A1.

O Sódio retrata a sodicidade da água. O valor permitido do sódio é de 200 mg/L. Água com uma proporção alta de sódio em relação ao cálcio e magnésio pode

ocasionar em solo sódico, porque o sódio leva o cálcio e o magnésio adsorvidos causando a dispersão dos colóides (2001 apud Allison 1964, Fuller 1967). Desta maneira, tanto A1 como A2 ultrapassaram os valores permitido de sódio. Uma das consequências do excesso de sódio na água é a hipertensão e pedra nos rins. Se observarmos as amostras A1 e A2 notamos que a concentração de Cálcio e Magnésio é inferior à de Sódio. Quanto maior a quantidade de cálcio e magnésio dissolvido na água maior a sua dureza. Analisando o cálcio e o magnésio, observamos que os dois mantiveram médias distintas.

A razão de adsorção de Sódio (RAS) avalia a qualidade da água cultivo de plantas. O RAS age junto com o CE, servindo de indicadores para problemas de infiltração. O  $RAS < 18,87$  apresenta baixa sodicidade indicando assim que a mesma pode ser utilizada na irrigação para diferentes solos. Como foi analisado o A1 apresentou um RAS de 8,52 e o A2 um RAS de 8,39, indicando assim água de baixa sodicidade. Os elementos de carbonato e bicarbonato são utilizados para ajustamento do RAS.

Amostras que apresentarem quantidades significativas de cálcio e magnésio conseqüentemente apresentarão dureza elevada. O valor máximo da dureza permitida é de 500 mg/l. Como observamos tanto A1 como A2 estiveram dentro dos padrões estabelecidos. A água pode ser classificada em água branda (0-40 mg/l), água moderada (40-100mg/l), água dura (100-300 mg/l), água muito dura (300-500 mg/l) e extremamente dura (acima de 500 mg/l). Dentro dos valores apresentados por cada amostra percebeu-se tanto A1 como A2 é classificada com uma água dura.

Portanto podemos concluir que os resultados das amostras coletadas na cidade de Almino Afonso mostraram que as concentrações dos elementos químicos na água estiveram maiores na A2 coletada na área urbana (açude). Tanto A1 como A2 ultrapassaram dos valores permitidos de sódio. Uma das consequências do excesso de sódio na água para a sociedade são a hipertensão e pedra nos rins. As análises do cloreto nas duas amostras apresentaram valores bem distintos. A amostra A1 esteve dentro do valor aceitável, já a A2 que é a água referida a do açude apresentou um valor muito alto do normal, isso devido ser um reservatório urbano, sujeito o lançamento de lixo doméstico, esgotos e fezes de animais e ainda provavelmente pela água do referido local está em pouca quantidade, quase no fim, sendo ela usada só para irrigações. Desta maneira, observou-se que a água coleta em Almino Afonso-RN, não é apta ao consumo humano, no entanto, pode ser utilizada para fins como irrigação e alguns usos domésticos.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Parâmetros de qualidade de água**. 2011. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br>.

BRASIL, 2017. Portaria de consolidação N°5. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde.

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. **Ministério do Meio Ambiente**.

MEDEIROS FILHO, C. F. de. **Abastecimento de Água**. Apostila, Campina Grande, 147p. 2010.

ONU Brasil. **Rio+20**. Disponível em: <http://www.onu.org.br/rio20/temas-agua/>

SEMARH-IDEMA (2008). **Perfil do Seu Município – Caraúbas RN**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – Instituto de Desenvolvimento Sustentável e do Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. Natal. V.10 7p.

SOUZA, J. R de. et al. **Importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: Caso Rio Almada, sul da Bahia, Brasil**. Revista Eletrônica do Prodepa, Fortaleza, v.8, n.1, p.26-45, abr.2014.

## ÁREAS PRESERVADAS E QUALIDADE DA ÁGUA: A INFLUÊNCIA DA REMONTA NO RIBEIRÃO DAS ROSAS – JUIZ DE FORA/MG

**Geisa Dias Gaio**

Colégio Militar de Juiz de Fora

Juiz de Fora/MG

**Pedro José de Oliveira Machado**

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

Departamento de Geociências

Juiz de Fora/MG

**RESUMO:** O intenso processo de urbanização tem trazido efeitos negativos aos recursos hídricos, em sua dinâmica e qualidade. Em Juiz de Fora/MG isso ocorre com quase todos os córregos urbanos, especialmente onde a ocupação é mais densa e consolidada. Contudo, a bacia hidrográfica do Ribeirão das Rosas, área-objeto dessa pesquisa, apresenta a particularidade de abrigar uma área extremamente preservada, conhecida como 'Remonta' que, por isso, fundamenta a hipótese de que ela mantém relação direta com a melhoria da qualidade das águas. Nesse artigo o objetivo principal foi tentar mensurar a influência da Remonta na qualidade das águas do Ribeirão das Rosas, a partir da avaliação dos parâmetros OD, DBO e *E. coli*, em diferentes pontos do perfil longitudinal. Verificou-se que o comportamento do ribeirão se dá de maneira oposta ao dos demais córregos urbanos, melhorando sua qualidade em direção a jusante, após adentrar a Remonta.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade da água; Urbanização; Descontinuidade urbana.

**PRESERVED AREAS AND WATER QUALITY: THE INFLUENCE OF REMONTA IN RIBEIRÃO DAS ROSAS – JUIZ DE FORA/MG**

**ABSTRACT:** The intense urbanization process has brought negative effects to water resources, in their dynamics and quality. In Juiz de Fora/MG this occurs with almost all urban rivers, especially those where occupation is more dense and consolidated. However, the Ribeirão das Rosas drainage basin, which is the object of this research, presents the peculiarity of harboring an extremely preserved area known as 'Remonta', which, therefore, supports the hypothesis that it maintains a direct relationship with the quality improvement of water. The main objective of this article was to try to measure the influence of Remonta on the quality of the waters of Ribeirão das Rosas, based on the evaluation of OD, DBO and *E. coli* parameters, at different points of the longitudinal profile. It was verified that the behavior of this river occurs in a way opposite to that of the other urban rivers, improving its quality downstream, after entering the Remonta.

**KEYWORDS:** Water quality; Urbanization; Urban discontinuity.



## 1 | INTRODUÇÃO

Ao processo de urbanização brasileiro, seja por sua velocidade ou intensidade, são sempre associadas ideias, dentre outras, ligadas à constante alteração, substituição e criação de paisagens, bem como à degradação de elementos naturais. Dentre esses, os mais intensamente impactados pela contínua expansão das cidades tem sido os recursos hídricos, especialmente os rios urbanos, que têm sofrido implicações que vão desde as profundas alterações em sua dinâmica hidrológica (causadas por retificação de canais, aprofundamento do leito, ampliação da calha, ocupação das margens, impermeabilização de áreas na bacia de contribuição etc.), até a degradação da qualidade de suas águas, o que tem inviabilizado seu uso para qualquer outro fim que não seja a diluição dos efluentes produzidos pela sociedade.

Como resultado final, geralmente, aparece a completa ocultação dos cursos d'água sob grossas camadas de concreto e asfalto, longe do olhar diário da população, promovendo o que Machado (2017:1.104) chama de “substituição de paisagens hídricas”, equivalente ao exemplo extremo dado pelo rio Carioca, no Rio de Janeiro, que “encontra-se à margem da vida da cidade, escondido de seus habitantes na maior parte do seu curso” (SCHLEE et al., 2007:268).

Também a qualidade das águas dos rios urbanos tem sido severamente comprometida em razão da enorme quantidade e variedade de efluentes que são produzidos e lançados diariamente, em geral, sem nenhum tipo de prévio tratamento.

De maneira semelhante as cidades médias têm experimentado, conjuntamente à intensificação de seu processo de urbanização, a depreciação do seu patrimônio hídrico. Juiz de Fora, localizada na Zona da Mata Mineira, com uma população estimada em 564.310 habitantes, exemplifica bem essa situação de perda da qualidade ambiental na medida de sua expansão urbana.

Seu processo de ocupação humana, responsável pelo seu atual ordenamento territorial, sobretudo urbano, reflete uma grande vinculação com seus cursos d'água. A ocupação inicial se deu ao longo do vale principal do rio Paraibuna, nas áreas mais planas, ou seja, nas planícies aluviais, ambientes que demandavam menores esforços de ocupação. Posteriormente, na medida de seu crescimento, a cidade foi ocupando os vales secundários, formados pelos vários afluentes do Paraibuna. Nesse momento, passa a ocorrer a ocupação em áreas de encostas, de maiores declividades e também de maiores restrições à ocupação. Compreende-se assim que o processo de urbanização local se processou, em quase todas as sub-bacias urbanas, no sentido da foz (áreas de planície) em direção às nascentes (áreas de maiores declividades). A afirmação de Porto *et. al.* (1993:809) de que “a ocupação da bacia hidrográfica tende a ocorrer no sentido de jusante para montante, devido às características do relevo”, embora discutível, parece se adequar ao caso de Juiz de Fora.

Torna-se fácil compreender que esse modelo de ocupação e produção do

espaço urbano leva a uma constante diminuição da qualidade das águas dos córregos urbanos em direção à foz, de montante para jusante, pois enquanto as áreas próximas às nascentes tendem a possuir menores taxas de ocupação, as áreas de baixo curso tendem à maior depreciação de sua qualidade, pois esse último trecho recebe todos os efluentes produzidos na bacia de contribuição. Vários estudos sobre a qualidade das águas de córregos urbanos de Juiz de Fora (LATUF, 2004; CRISTÓVÃO, 2008; CRUZ, 2009; MACHADO, 2016) tem demonstrado e comprovado essa situação.

Contudo, é exatamente em relação a esse modelo geral que surge a maior especificidade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Rosas (BHRR), área objeto dessa pesquisa. No caso dessa bacia, a ocupação está concentrada no alto e médio curso do ribeirão, áreas que apresentam grande diversidade de usos urbanos e intensa ocupação, com elevada produção de efluentes. No seu baixo curso, onde se encontra a 'Remonta', área preservada pertencente ao Exército Brasileiro, predominam a baixa densidade de ocupação humana, usos rurais e cobertura vegetal expressiva, sendo mínima a geração de efluentes.

Essa situação confere ao Ribeirão das Rosas uma característica diferenciada quando comparado aos demais córregos urbanos de Juiz de Fora, que apresentam a população concentrada no baixo curso, e que por isso registram uma constante deterioração da qualidade das águas em direção à foz. O Ribeirão das Rosas apresenta conformação oposta, pois seu baixo curso é caracterizado pela redução da introdução de cargas orgânicas provenientes de efluentes domésticos, pela presença de densa cobertura vegetal, ocorrência de trechos encachoeirados, baixa densidade de ocupação humana e usos mais relacionados à conservação ambiental. Essa situação transforma esse trecho da bacia, ocupado pela Remonta, em um ambiente propício às pesquisas que tentam avaliar o papel que as áreas preservadas desempenham na melhoria da qualidade ambiental da cidade, e em especial, na qualidade das águas.

Assim, o objetivo principal da pesquisa foi verificar, demonstrar e tentar mensurar a influência da Remonta (pelas características descritas) na melhoria da qualidade das águas do Ribeirão das Rosas, a partir da avaliação, em diferentes pontos, dos parâmetros OD, DBO e E. Coli.

## **2 | ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo compreende a Remonta, área de domínio do Exército Brasileiro, localizada na Região Nordeste de Juiz de Fora, e que abrange parte da bacia hidrográfica do Ribeirão das Rosas, especialmente seu baixo curso.

A Remonta localiza-se no eixo de expansão da cidade (PJF, 2004) na direção norte, promovendo, ao mesmo tempo, o direcionamento (indução) da mancha urbana, e um limite à sua expansão (TASCA, 2010), ou seja, funcionando como uma zona de descontinuidade urbana (GAIO; MACHADO, 2017). Pelo fato de o Exército não permitir qualquer tipo de realização imobiliária, a área tem se mantido praticamente

intocada. Além disso, a chamada “Mata da Remonta” – grande área florestada em meio à área urbanizada – desempenha importante função ambiental, ecológica e de regularização de vazão dos cursos d’água (PJF, 2004).

O Ribeirão das Rosas atravessa duas Regiões de Planejamento em Juiz de Fora: Grama e Represa (PJF, 2004). Na região do bairro Grama, que corresponde a seu alto curso, destacam-se atividades agropecuárias, ocupação urbana, atividade hospitalar, indústria química e extração mineral, atividades potencialmente geradoras de efluentes, que sem receber prévio tratamento comprometem a qualidade de suas águas. Além dos esgotos industriais e domésticos, há também o lançamento de lixo e entulhos no ribeirão e nos seus afluentes, o que junto com o carreamento de sedimentos originados das saibreiras (exploração mineral) e das grandes movimentações de terra para implantação de loteamentos, favorece o assoreamento e os consequentes transbordamentos do ribeirão, além de também contribuir para a degradação da qualidade de suas águas (PJF, 2004). Assim, ao entrar no trecho militar da Remonta (Ponto 1), o Ribeirão das Rosas carrega todos os efluentes gerados a montante (Figura 1).

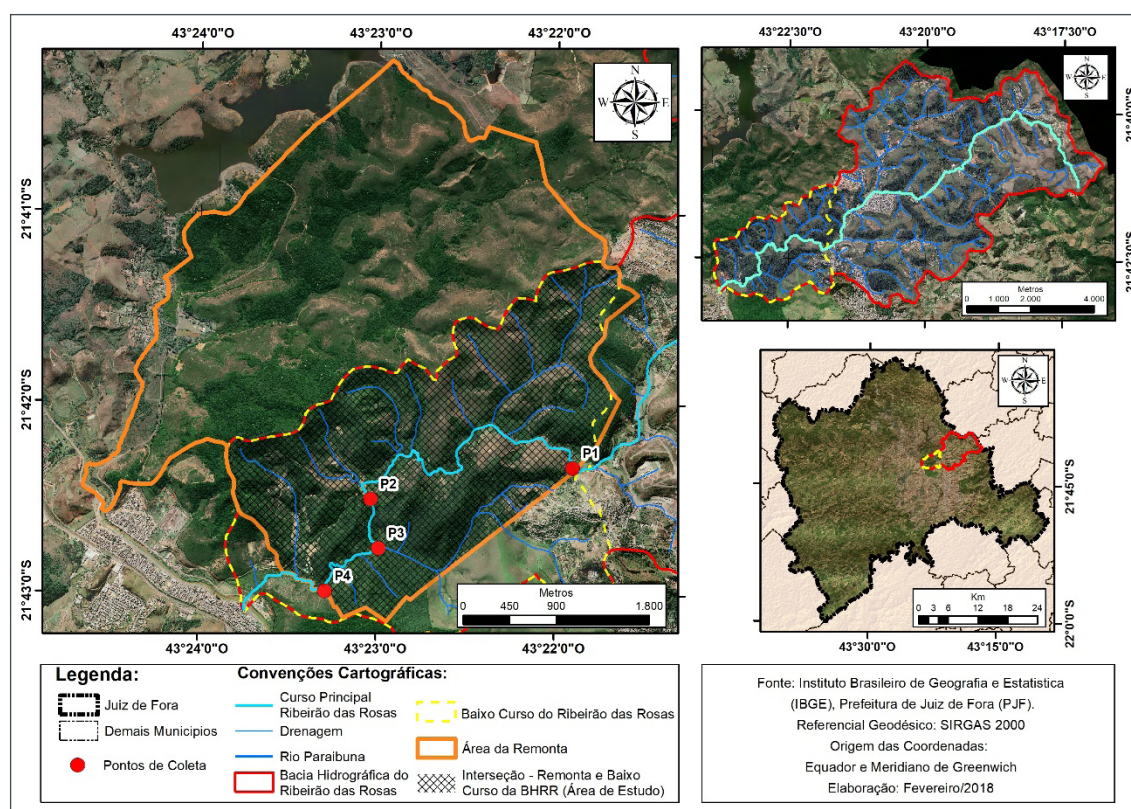


Figura 1 – Localização da área de pesquisa e dos pontos de coleta de amostras

O trecho que o ribeirão atravessa da Região de Planejamento Represa, onde se encontra a área da Remonta, com grande extensão pertencente ao Exército Brasileiro, apresenta características bem distintas das descritas anteriormente. Essa área ocupa o baixo curso do Ribeirão das Rosas, e é caracterizada pela baixa densidade demográfica (com reduzida introdução de matéria orgânica), grande

cobertura vegetal (que protege os solos, diminuindo a ação dos processos erosivos e o consequente assoreamento) e aumento da vazão, pela presença de vários afluentes (que, em grande parte, não recebem contribuição de efluentes urbanos), como pode ser observado nas Figuras 2 e 3. De acordo com os resultados do censo demográfico do IBGE (2010), a área da bacia apresentava uma população contribuinte de 22.590 habitantes, sendo a quase totalidade concentrada no médio e alto curso.

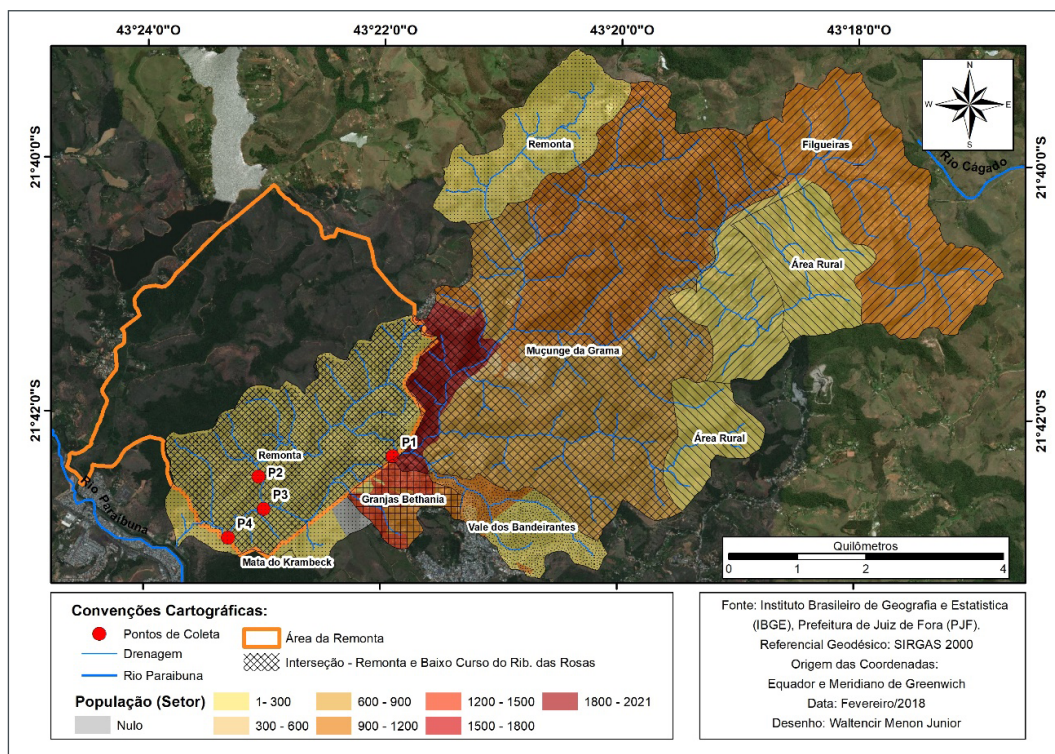


Figura 2 – Densidade Demográfica da Bacia Hidrográfica Ribeirão das Rosas

O trecho da Remonta mais protegido aparece no baixo curso do Ribeirão das Rosas, o que confere a esse curso d'água uma característica diferenciada quando comparado aos demais córregos urbanos, que apresentam processo de ocupação urbana de jusante para montante, com a população majoritariamente concentrada no baixo curso. Essa situação leva a uma constante diminuição da qualidade das águas em direção à foz. O Ribeirão das Rosas apresenta uma conformação diferenciada, já que seu baixo curso é caracterizado pela área do Exército (Remonta), sem usos urbanos e sem as elevadas densidades de ocupação humana que se observam nas demais bacias urbanas.

### 3 | METODOLOGIA

Destaca-se que os dados levantados sobre a qualidade das águas do Ribeirão das Rosas (alguns deles aqui apresentados) decorrem de duas fontes: um primeiro conjunto resulta de amostras realizadas pela CESAMA (Companhia de Saneamento Municipal), e outro conjunto refere-se às coletas que realizamos mensalmente.

Para avaliar a qualidade das águas do baixo curso do Ribeirão das Rosas, adotou-se partes da metodologia disponível no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras, publicado na Resolução ANA nº 724, de 3 de outubro de 2011, observando-se ainda o disposto na Resolução nº 357/2005, do CONAMA e no Procedimento Operacional Padrão (POP), da CESAMA, que estabelece os procedimentos de amostragem de água bruta. Foram também utilizados os relatórios da CETESB (2009), que versam sobre as variáveis de qualidade das águas e as metodologias de análise.

As coletas das amostras e as análises laboratoriais foram gentilmente realizadas, trimestralmente, pela equipe técnica do laboratório da CESAMA, desde o mês de agosto de 2017 até maio de 2018. Esse interstício abarcou duas coletas no período mais seco (agosto e maio) e duas coletas no período chuvoso (novembro e fevereiro), quando foram avaliados os parâmetros Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), E. Coli, Nitrogênio e Fósforo (parâmetros mais representativos da presença de matéria orgânica), que possibilitaram observar algumas tendências sobre a qualidade das águas do Ribeirão das Rosas.

Conjuntamente foi realizada, como segunda via de ação, a análise dos parâmetros OD, pH, Condutividade Específica (SPC), Sólidos Totais Dissolvidos (TDS) e Potencial de Oxirredução (ORP), medidos *in loco* com a utilização da Sonda multiparamétrica YSI Professional, cedida pelo Núcleo de Análise Geo Ambiental, da Universidade Federal de Juiz de Fora (NAGEA/UFJF). As 10 (dez) coletas foram realizadas mensalmente, entre outubro/2017 e julho/2018.

As amostras foram coletadas no sentido de jusante para montante, começando pelo ponto 4 (mais próximo a foz) até o ponto 1 (entrada do ribeirão na Remonta), em razão da disponibilidade de veículos e pessoal. Os dados foram importados para o programa Microsoft Office Excel e para o Software R, programas destinados às análises estatísticas e criação de gráficos.

Os resultados obtidos foram comparados aos valores limites (padrões) estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e avaliados em relação aos padrões estabelecidos para as águas da Classe 1, na qual o Ribeirão das Rosas foi enquadrado pela Deliberação Normativa COPAM 16/1996.

Foi realizada uma análise das correlações das variáveis (parâmetros de qualidade da água), que serviram de base para a realização do diagnóstico da situação atual do baixo curso do Ribeirão das Rosas, o que permitiu verificar a hipótese dessa pesquisa, ou seja, a melhoria da qualidade das águas do ribeirão em direção à jusante.

Para a elaboração dos produtos cartográficos, utilizou-se a base de dados cedida pela Prefeitura de Juiz de Fora, que se refere ao levantamento topográfico por LIDAR, gerado pela empresa ESTEIO S/A para o ano de 2007, onde se encontram presentes os arquivos vetoriais referentes às curvas de nível, com resolução de 1 metro. Além desse material, recorreu-se também à imagem do satélite Quickbird 2 para elaboração do mapa de uso e cobertura da terra, em escala de detalhe (Figura

3), e à carta planialtimétrica (SF-23-X-D-IV-1), do IBGE, na escala de 1:50.000, para a localização da malha hídrica da bacia, o que, em associação com as bases supracitadas, possibilitou caracterizar os usos e coberturas da Remonta, segundo as sete classes estabelecidas (Tabela 1).

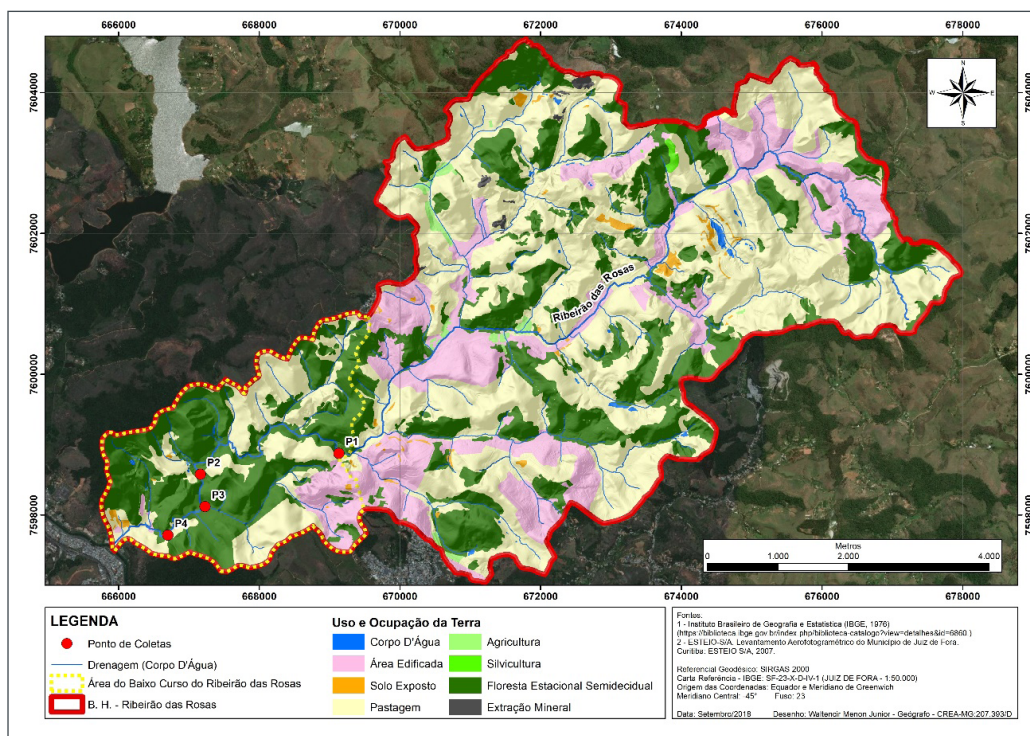


Figura 3 – Mapa de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica Ribeirão das Rosas

Classes	Área (km <sup>2</sup> )	% da área total da pesquisa
Silvicultura	0,06	0,13%
Extração Mineral	0,13	0,28%
Solo Exposto	0,33	0,73%
Agricultura	0,34	0,76%
Área Edificada	7,99	17,62%
Florestal Estacional Semidecidual	13,86	30,55%
Pastagem	22,65	49,93%
<b>Total</b>	<b>45,36</b>	<b>100,00%</b>

Tabela 1 – Classes de uso, ocupação e cobertura da terra na BHRR

Foram eleitos 4 pontos de monitoramento da qualidade das águas ao longo do Ribeirão das Rosas, que bem representam as características do corpo hídrico, além de se considerar a acessibilidade aos locais escolhidos (Tabela 2), sendo o Ponto 1 localizado na entrada da Remonta; o Ponto 2, a jusante, após um trecho encachoeirado; o Ponto 3, próximo à sede militar; e o Ponto 4 localizado na saída da Remonta, próximo à foz do ribeirão. A Tabela 3 apresenta as distâncias e os gradientes (diferença altimétrica) entre os pontos de coleta.

Ponto de coleta	Localização (Latitude/Longitude)	Altitude (m)
1	21°42.330" S 43°21.904" W	772
2	21°42.501" S 43°23.037" W	721
3	21°42.757" S 43°22.991" W	720
4	21°42.984" S 43°23.289" W	719

Tabela 2 – Descrição da localização dos pontos de monitoramento

Intervalo entre os pontos de coleta	Distância em linha reta (km)	Distância pelo ribeirão (km)	Gradiente altimétrico (m/km)	Altitudes	Varição em m
1 e 2	1,987	3,270	14,373	772 - 721	51
2 e 3	0,463	0,519	3,854	721 - 720	1
3 e 4	0,663	0,874	3,434	720 - 719	1
Entre 1 e 4	2,691	4,663	11,153	772 - 719	53

Tabela 3 – Descrição da distância e variação altimétrica entre os pontos de coleta

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A apresentação dos resultados desse trabalho é dividida em duas partes. Inicialmente, são apresentados os resultados médios da avaliação da qualidade das águas do Ribeirão das Rosas (destacando-se os principais parâmetros avaliados: OD, DBO e *E. Coli*), no trecho da Remonta e posteriormente, os resultados de alguns parâmetros (OD e DBO) são comparados com os obtidos em pesquisas realizadas em outros cursos d'água urbanos de Juiz de Fora.

A DBO é um parâmetro largamente empregado para verificar a poluição das águas, pois expressa a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar a matéria orgânica. Nessa pesquisa verificamos que os valores encontrados para DBO foram elevados em todas as coletas, sempre acima dos limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, confirmando as tendências esperadas de baixa concentração de oxigênio. Com grande população no alto e médio curso da bacia, o aporte de nutrientes por despejos de esgotos é muito elevado e a vazão não é suficiente para uma recuperação natural.

O Ponto 1 apresentou os piores resultados de DBO, seguido de uma ligeira melhoria a partir do Ponto 2. Os valores elevados do Ponto 1 são explicados pela grande quantidade de matéria orgânica trazida de montante, já que os esgotos domésticos são lançados no ribeirão sem nenhum tipo de tratamento prévio. Já a ligeira melhoria observada no Ponto 2, provavelmente está associada à presença de dois trechos encachoeirados, que contribuem para oxigenação do curso d'água. Após

o Ponto 2 os valores da DBO voltam a subir pois não existem trechos com quedas d'água, ocorrendo ainda a inserção de esgotos domésticos a partir de um pequeno tributário no Ponto 3, proveniente do bairro Granjas Bethânia. Os valores médios da DBO são apresentados na Tabela 4.

Águas poluídas apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido (devido ao seu consumo na decomposição de compostos orgânicos), ou seja, apresentam valores de OD inversamente proporcionais aos valores de DBO. O comportamento do OD ao longo do Ribeirão das Rosas pode ser assim apresentado: no Ponto 1, em nenhuma coleta foi detectado o valor mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005. Isso pode ser explicado pela intervenção da sociedade a montante desse ponto, que envolve mudanças no aporte de sedimentos provocado pela mudança no uso e cobertura do solo e, sobretudo, pelo lançamento de efluentes sem tratamento. No Ponto 2, verifica-se ligeiro aumento nos valores de OD, pois apenas em uma coleta o resultado ficou abaixo do limite. Isso se deve à presença de trechos encachoeirados, que aumentam a velocidade das águas e conseqüentemente sua reaeração. Contribui também para essa melhoria a presença de uma grande cobertura vegetal na área da Remonta e a diminuição do potencial poluidor da bacia. Os pontos 3 e 4 voltam a apresentar uma diminuição nos valores de OD (que se mantém superiores aos observados no Ponto 1), confirmando que os efluentes transportados pelo tributário que vem do bairro Granjas Bethânia, na altura do Ponto 3, contribuem negativamente para a qualidade das águas do ribeirão, pois é a partir da confluência desse córrego que se observa nova diminuição dos valores de OD. Os valores médios do OD são apresentados na Tabela 4.

Ao compararmos os valores médios dos parâmetros OD e DBO é possível perceber o comportamento inversamente proporcional dessas variáveis (Figura 4), ou seja, maiores concentrações de DBO coincidem com menores concentrações de OD.

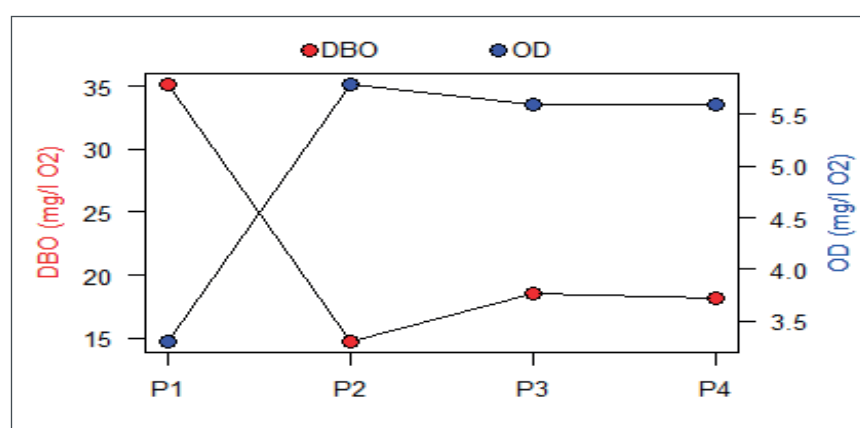


Figura 4 – Comportamento dos parâmetros OD e DBO, segundo os valores médios observados no Ribeirão das Rosas

Os valores de *Escherichia coli* observados nas águas do Ribeirão das Rosas apresentou-se de maneira similar ao das variáveis anteriores. Como a *E. coli* só se



reproduz no intestino de animais homeotérmicos, só é encontrada na água quando nela foi introduzida matéria fecal, ou seja, sua presença é um bom indicador de que o curso d'água recebeu esgoto.

Ao analisarmos os resultados obtidos percebemos que o Ponto 1, quando o ribeirão entra na área da Remonta, registrou elevadíssima concentração de contaminação fecal, em razão da grande quantidade de esgoto doméstico lançado a montante. No Ponto 2, o curso d'água apresentou uma melhoria significativa, principalmente na primeira coleta (agosto/2017), embora ainda fora dos padrões. No Ponto 3, o valor da *E. coli* volta a subir, em razão da contribuição de efluentes domésticos procedentes do tributário que vem do bairro Granjas Bethânia. Por fim, no Ponto 4, saída da área militar, o valor ainda está elevado, mas muito menor do que o registrado no Ponto 1 (Tabela 4).

Pontos	DBO (mg/l O <sub>2</sub> )	OD (mg/l)	E.coli (UFC/ml)
	Máximo permitido de 3mg/l O <sub>2</sub>	Mínimo de 6mg/l	≤200 NMP. 100ml <sup>-1</sup>
1	35,2	3,3	1.420.000
2	15,6	5,8	16.275
3	18,5	5,6	18.434
4	18,2	5,7	13.250

Tabela 4 – Valores médios de OD, DBO e *E. coli* registrados ao longo do Ribeirão das Rosas

Os resultados dos parâmetros observados no Ribeirão das Rosas foram comparados com os de outras pesquisas realizadas em outros cursos d'água urbanos de Juiz de Fora (LATUF, 2004, no córrego São Pedro; CRISTÓVÃO, 2008, no córrego Matirumbide; CRUZ, 2009, no córrego Santa Cruz; MACHADO, 2016, no córrego Independência), que também tiveram o objetivo de avaliar a qualidade das águas ao longo do perfil longitudinal.

Cada trabalho, por razões distintas, levou em consideração parâmetros diferentes de análise, bem como o número de pontos amostrados ao longo do canal. Para viabilizar as comparações foram levados em consideração apenas dois pontos de amostragem de cada curso d'água estudado: o mais próximo à nascente (representando as condições do alto curso, onde imagina-se haver melhores condições gerais dos corpos d'água) e o mais próximo à foz (representando as condições do extremo jusante, ou seja, no local onde o curso d'água já recebeu a totalidade das contribuições de efluentes gerados na bacia).

Os dados da Tabela 5, que apresenta os valores médios dos parâmetros OD e DBO encontrados em outros quatro córregos urbanos, permite fazer uma comparação de tendências com os resultados observados no Ribeirão das Rosas. É possível observar que o comportamento dessas variáveis ao longo do Ribeirão das Rosas apresenta-se de maneira oposta ao dos demais. Enquanto a DBO, em todos os casos,

se mostra menor a montante e tende a elevar-se no extremo jusante, no caso em pesquisa o comportamento se mostra diverso, diminuindo-se os valores em direção à foz. Quanto ao parâmetro OD, embora dois dos trabalhos não tenham investigado essa variável, também se pode notar o mesmo comportamento. Enquanto a tendência nos demais córregos é a de que os maiores valores de OD sejam registrados a montante e os menores próximos à foz, no Ribeirão das Rosas é observado comportamento contrário.

Cursos d'água	DBO (mg/l O <sub>2</sub> )		OD (mg/l)	
	Ponto mais a montante	Ponto mais a jusante	Ponto mais a montante	Ponto mais a jusante
São Pedro	3,0	8,33	5,97	3,73
Matirumbide	94,0	200,0	---	---
Independência	2,0	400,0	---	---
Santa Cruz	55,0	90,0	5,2	1,5
Ribeirão das Rosas	35,2	18,2	3,3	5,7

Tabela 5 – Comportamento dos parâmetros OD e DBO em diferentes cursos d'água urbanos de Juiz de Fora/MG

Fontes: LATUF (2004:46/47); CRISTÓVÃO (2008:89); CRUZ (2009:32); MACHADO (2016:31)

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dessa pesquisa apontam para algumas tendências, assim como permitem tecer algumas considerações relativas à relação que se estabelece entre o processo de urbanização local, a presença de áreas preservadas e a qualidade das águas. Como visto, há uma tendência de melhoria das águas do Ribeirão das Rosas, tomando-se como referência os valores encontrados para os parâmetros OD, DBO e E.Coli. Também é oportuno destacar que essas alterações na qualidade das águas do ribeirão seguem um padrão, qual seja o de apresentar melhoria de todos os parâmetros em direção a jusante, do momento em que o curso d'água entra na área da Remonta (Ponto 1) até o momento em que sai (Ponto 4), o que corrobora com a hipótese inicial da pesquisa. Contudo, deve-se observar que, categoricamente, não se pode afirmar que a Remonta seja a única responsável pela nítida e comprovada melhoria da qualidade das águas do ribeirão em direção a jusante. Essa situação está relacionada a um conjunto de aspectos: à drástica redução da introdução de efluentes urbanos a partir do Ponto 1; ao processo de reoxigenação natural do curso d'água, intensificada pelo trecho encachoeirado, que faz melhorar, entre os pontos 1 e 2, os níveis de OD; à redução da ocupação humana no baixo curso; e, obviamente, à presença das favoráveis condições ambientais da preservada área militar da Remonta. Tudo isso causa a positiva influência diagnosticada.

Também é oportuno atentar-se para o fato de que, mesmo observada uma melhoria de todos os parâmetros analisados, os mesmos ainda se mostram, em todos

os pontos amostrados, fora dos limites estabelecidos para as águas da Classe 1, na qual se enquadra o Ribeirão das Rosas, demonstrando, de um lado, a importância da manutenção de áreas protegidas para a melhoria da qualidade ambiental, e de outro lado, o grande e negativo impacto causado pelas atividades humanas nas cidades, geradoras de efluentes diversos e não tratados, que comprometem a qualidade das águas por superar, em muito, sua capacidade assimiladora.

## REFERÊNCIAS

CETESB (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO). **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. São Paulo: CETESB, 2009.

CRISTÓVÃO, Elaine C. **Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do Matirumbide – Juiz de Fora/MG, como subsídio à gestão e planejamento urbano e ambiental**. Juiz de Fora: UFJF, 2008 (Monografia de Bacharelado em Geografia).

CRUZ, Geraldo C. **Diagnóstico de Avaliação Rápida Na Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Cruz - Juiz de Fora, MG**. Juiz de Fora: UFJF. 2009 (Monografia de Especialização em Análise Ambiental).

GAIO, Geisa Dias e MACHADO, Pedro José de Oliveira. A Zona de Descontinuidade Urbana da Remonta. In: **Anais do V Seminário de Pós-Graduação em Geografia**. Juiz de Fora: UFJF, 2017, p. 219-224.

LATUF, Marcelo de O. Diagnóstico das águas superficiais do córrego São Pedro, Juiz de Fora-MG. In: **Revista Geografia**, Londrina/PR, Vol. 13, nº 1, jan/jun, 2004, p. 21-55.

MACHADO, Pedro José de Oliveira. Urbanização e qualidade das águas do Córrego Independência, Juiz de Fora/MG. In: **Revista Equador**, Vol. 5, nº 5, 2016, p. 20-35.

MACHADO, Pedro José de Oliveira. Ordenamento territorial e substituição de paisagens hídricas em Juiz de Fora/MG. In: **Anais da XXXIII Semana de História da UFJF**. Juiz de Fora, 2017, p. 1.104-1.119.

PJF (PREFEITURA DE JUIZ DE FORA). **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano**. Juiz de Fora: Concorde, 2004.

PORTO, Rubem. L. *et. al.* Drenagem urbana. In: TUCCI, Carlos Eduardo M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRS/EDUSP/ABRH, 1993, p. 805-848.

SCHLEE, M. B. et al. As transformações da paisagem na bacia do Rio Carioca. In: **Revista Paisagem Ambiente: ensaios**. Nº 24, São Paulo, 2007, p. 267-284.

TASCA, Luciane. **As contradições e complementariedades nas leis urbanas de Juiz de Fora: dos planos aos projetos de intervenção**. Rio de Janeiro: UFRJ. 2010 Tese (Tese de Doutorado em Planejamento Urbano e Regional).

## CONTRIBUIÇÃO DA GEOFÍSICA PARA A HIDROGEOLOGIA DA APA GUARIROBA, MUNICÍPIO DE CAMPO GRANDE-MS

### **Giancarlo Lastoria**

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, FAENG/LASAC  
Campo Grande, MS

### **Guilherme Henrique Cavazzana**

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
FAENG/PGTA  
Campo Grande, MS

### **Andresa Oliva**

Universidade Federal do Sul da Bahia, Campus de Porto Seguro  
Porto Seguro, BA

### **Sandra Garcia Gabas**

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
FAENG/LASAC  
Campo Grande, MS

### **Chang Hung Kiang**

UNESP- Instituto de Geociências e Ciências da Terra/LEBAC  
Rio Claro, SP

**RESUMO:** A bacia hidrográfica do córrego Guariroba, com 360 km<sup>2</sup>, é o manancial responsável por cerca de 40% do suprimento de água para Campo Grande/MS. O Sistema Aquífero Bauru (SAB) ocorre em mais de 90% da área e o modelo hidrogeológico conceitual deste Aquífero aponta para a contribuição do manancial subterrâneo na manutenção do nível de base da drenagem. Na ocupação

da bacia destaca-se a atividade pecuária, com incremento na silvicultura de eucalipto. A importância do SAB para o suprimento de água dos usuários, bem como na manutenção da vazão do córrego Guariroba, justifica um maior detalhamento hidrogeológico. Dos 15 poços tubulares monitorados, apenas um possui dados cadastrais completos. Assim, por meio de parceria com o LEBAC/UNESP-Rio Claro, foi feito um levantamento de eletrorresistividade, objetivando definir a espessura do SAB e a profundidade do nível estático. Executou-se 6 Imageamentos Elétricos 2D (IE2D), utilizando-se 84 eletrodos com espaçamento de 10 m e um comprimento total de cabos de 880 m, além de 8 Sondagens Elétricas Verticais (SEV), nas quais os espaçamentos adotados pelo arranjo Schlumberger permitiram investigar até uma profundidade de 300 m, abrangendo toda a área da bacia hidrográfica e respeitando os limites operacionais da técnica. A partir dos resultados das IE2Ds e das SEVs, foi possível interpretar, preliminarmente, que a espessura da camada sedimentar (Grupo Caiuá) variou, nos pontos investigados, de 64,5 m a 180 m e o nível d'água apresentou valores de 5 m a 62 m de profundidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eletrorresistividade; Sistema Aquífero Bauru; Bacia hidrográfica.

## CONTRIBUTION OF GEOPHYSICS TO THE HYDROGEOLOGY OF APA GUARIROBA, MUNICIPALITY OF CAMPO GRANDE-MS

**ABSTRACT:** The Guariroba watershed, with 360 km<sup>2</sup>, is the water supply source of about 40% of the Campo Grande/MS. The Bauru Aquifer System (SAB) occurs in more than 90% of the area and the conceptual hydrogeological model of this aquifer points to the groundwater contribution in the maintenance of the base flow of the drainage. In the occupation of the basin stands out the livestock activity, with increase in eucalyptus forestry. The SAB importance to the users' water supply, as well as in the maintenance of the Guariroba stream's flow, justifies a greater hydrogeological detail. Of the 15 tubular wells monitored, only one has complete cadastral data. Thus, through a partnership with LEBAC/UNESP-Rio Claro, an electrical resistivity survey was carried out, aiming to define the SAB thickness and the depth of the piezometric level. Were executed 6 2D Electrical Imaging (EI2D), using 84 electrodes with spacing of 10m and a total cable length of 880m, besides 8 Vertical Electrical Surveys (VES), in which the spacings adopted by the Schlumberger arrangement allowed to investigate to a depth of 300 m, covering the entire watershed area and respecting the technique operational limits. From the EI2Ds and the VESs results, it was possible to interpret, preliminarily, that the sedimentary rock (Caiuá Group) thickness varied from 64.5m to 180m and the piezometric level presented values from 5m to 62m of deep, in the investigated points.

**KEYWORDS:** Electrical Resistivity, Bauru Aquifer System, Watershed.

### 1 | INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do córrego Guariroba é o manancial superficial mais importante para o suprimento de água da cidade de Campo Grande, com população atual da ordem de 900.000 habitantes. A relevância desta unidade para o sistema de abastecimento da Capital motivou a Prefeitura Municipal à criação, por meio de decreto em 1995, da Área de Proteção Ambiental (APA) nesta bacia, abrangendo uma superfície de aproximadamente 360 km<sup>2</sup>. A área encontra-se totalmente na zona rural, limite nordeste do município (Figura 1).

Trabalhos de hidrologia e hidrogeologia foram desenvolvidos na referida APA, no âmbito do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais da UFMS, com apoio financeiro do CNPq (Projeto Águas MS, 2013-2017).

### 2 | CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

Em mais de 90% da APA, aflora o Sistema Aquífero Bauru (SAB), ocorrendo subordinadamente, também na superfície, o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), restrito às calhas das principais drenagens. Com relação ao aquífero sedimentar, a CPRM (2006) descreve esta unidade como pertencente ao Grupo Caiuá. A sua

sequência basal, visto estar localmente sobrejacendo aos derrames basálticos, é interpretada como deposição em ambiente fluvial.

A variabilidade litológica, típica deste ambiente deposicional, é nitidamente observada em superfície, tanto em termos de coloração (creme, avermelhada, cinza), como do ponto de vista textural (areias com granulometria média a fina, por vezes argilosas, moderadamente selecionadas).

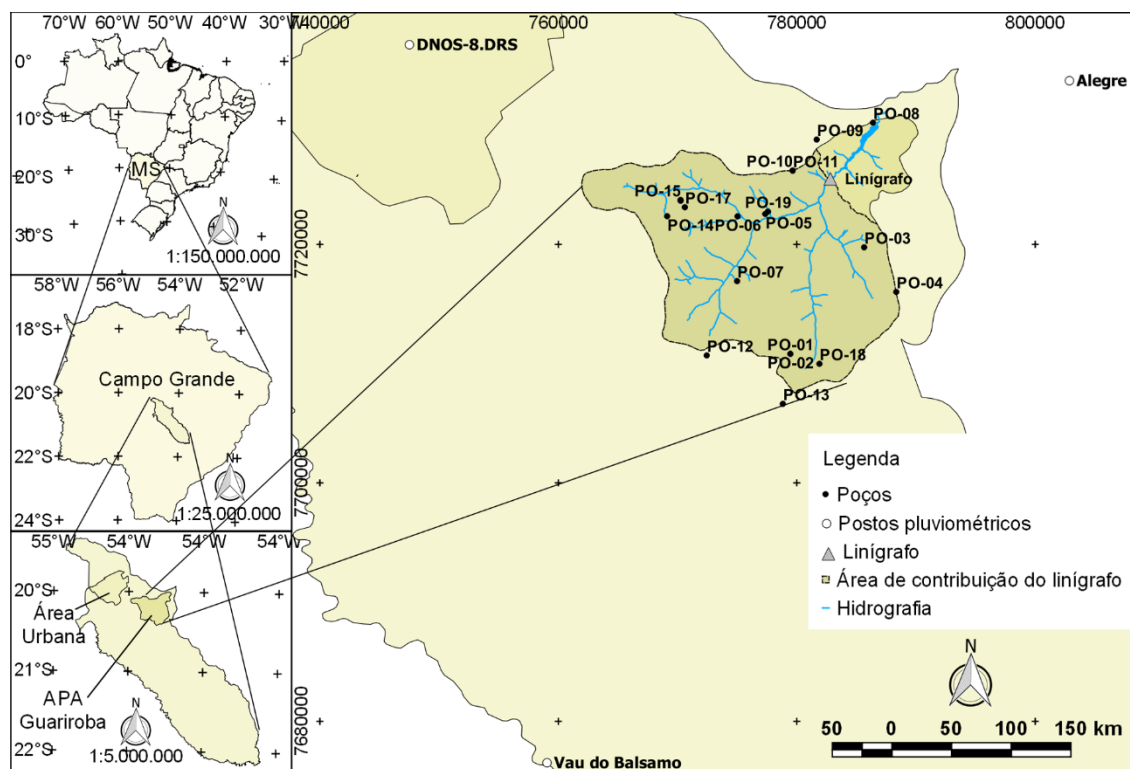


Figura 1- Localização da APA Guariroba, em relação ao município e área urbana de Campo Grande (Cavazzana, 2018).

Na determinação da condutividade hidráulica ( $K$ ) da zona não saturada, Casadei (2017) constatou em 22 pontos ensaiados na profundidade de 1 metro, predominância de textura média, variando de arenosa a muito argilosa. Os valores de  $K$  nestes pontos situam-se entre  $0,5 \text{ m.dia}^{-1}$  (moderada), até  $16,1 \text{ m.dia}^{-1}$  (muito rápida).

Para a determinação da piezometria do SAB foi monitorado o nível estático de 15 poços tubulares e 2 nascentes na área de estudo, com os pontos georreferenciados. No escopo deste trabalho não cabe a discussão da variação temporal da piezometria, mas deve ser destacado o modelo conceitual hidrogeológico apontado para o aquífero sedimentar livre - SAB. Ao mesmo tempo, o mapa potenciométrico fornece o topo da zona saturada do aquífero, sendo, portanto, um controlador da sua reserva hídrica em termos quantitativos.

Na observação da Figura 2 fica evidenciada a contribuição do manancial subterrâneo na manutenção do nível de base da drenagem superficial, notadamente do seu principal receptor, o córrego Guariroba. No seu barramento, a jusante da bacia, é feita a captação com retirada de  $1,4 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ . Cavazzana (2018) aplicou modelos

numéricos de quantificação da interação água superficial/água subterrânea para a bacia (Análise da curva de frequência de vazão, Separação do fluxo de base e a *Master Recession Curve* – MRC), comprovando a influência da descarga do SAB para a vazão de base do córrego Guariroba.

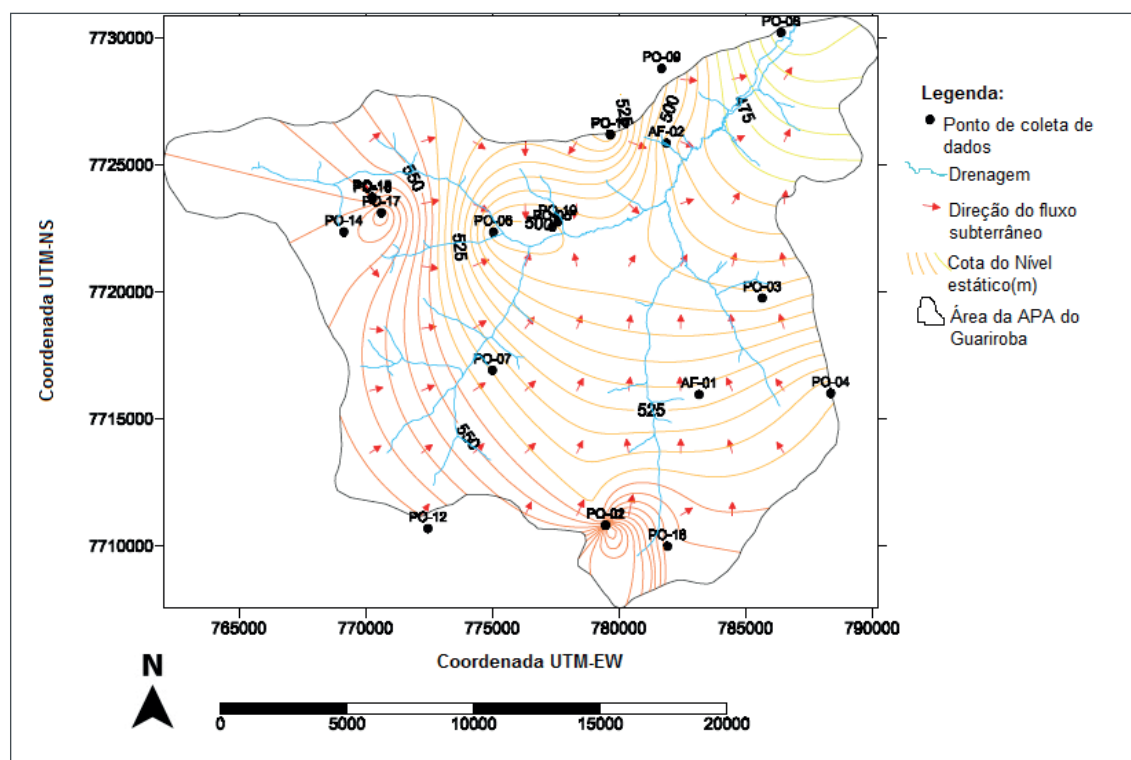


Figura 2- Mapa Potenciométrico da Bacia Hidrográfica do córrego Guariroba (junho de 2015).

A feição geomorfológica da APA, caracterizada por declive suave e relevo variando de 440 a 640 m, associada à variação litológica lateral e vertical do SAB, proporcionam uma amplitude de variação do nível estático de 65 m no poço localizado na cota mais alta até aflorante nas nascentes.

De todos os poços pesquisados, somente foi possível obter-se dados do perfil hidrogeológico do poço tubular da Fazenda Soberana (cota 629 m), onde o contato Caiuá/Serra Geral está na cota 483 m, ou seja, a espessura do pacote sedimentar é de 146 m. Nas cotas mais baixas da bacia, ombreiras do reservatório, o basalto é aflorante.

O estudo hidrogeológico contido no Plano Estadual de Recursos de Mato Grosso do Sul (SEMAG, 2010), indica uma porosidade efetiva para o SAB de 10 %.

### 3 | ANÁLISE GEOFÍSICA PRELIMINAR

De uma maneira geral, a ocupação da APA ainda é pequena, destacando-se a atividade pecuária e, mais recentemente, percebe-se um incremento na silvicultura de eucalipto. Todavia, a importância do SAB para o suprimento de água dos usuários da bacia, bem como na manutenção da vazão do córrego Guariroba, justifica um

maior detalhamento deste Aquífero sedimentar.

Devido à deficiência de dados hidrogeológicos, optou-se por um estudo geofísico, com emprego da eletrorresistividade, objetivando definir, principalmente, a espessura do pacote Caiuá e a profundidade do nível estático nos pontos investigados. Com estas informações tem-se elementos para avaliar a reserva do SAB na APA Guariroba.

Os trabalhos foram executados por equipe do Laboratório de Estudo de Bacias – LEBAC, vinculado ao Departamento de Geologia Aplicada e ao Centro de Estudos Ambientais da UNESP – Campus de Rio Claro, sob supervisão do Prof. Dr. Chang Hung Kiang. As atividades de campo e de escritório foram coordenadas pela Geóloga Dr<sup>a</sup>. Andresa Oliva.

Foram executados 6 Imageamentos Elétricos 2D (IE2D) e 8 Sondagens Elétricas Verticais (SEV), com intuito de abranger toda a área da bacia hidrográfica, visando alcançar os objetivos pretendidos. Buscou-se distribuir uniformemente os locais de execução dos ensaios, respeitando os limites operacionais da técnica, principalmente quanto a linearidade e a horizontalidade superficial dos perfis.

Nos imageamentos elétricos 2D foram utilizados 84 eletrodos com espaçamento de 10 m e um comprimento total de cabos de 880 metros, o que permitiu investigar uma profundidade máxima de 174 m. Para execução das SEVs, os espaçamentos adotados pelo arranjo Schlumberger permitiram investigar uma profundidade máxima de 300 m. A Figura 3 ilustra a localização dos ensaios que utilizaram as técnicas de SEV e de IE2D.

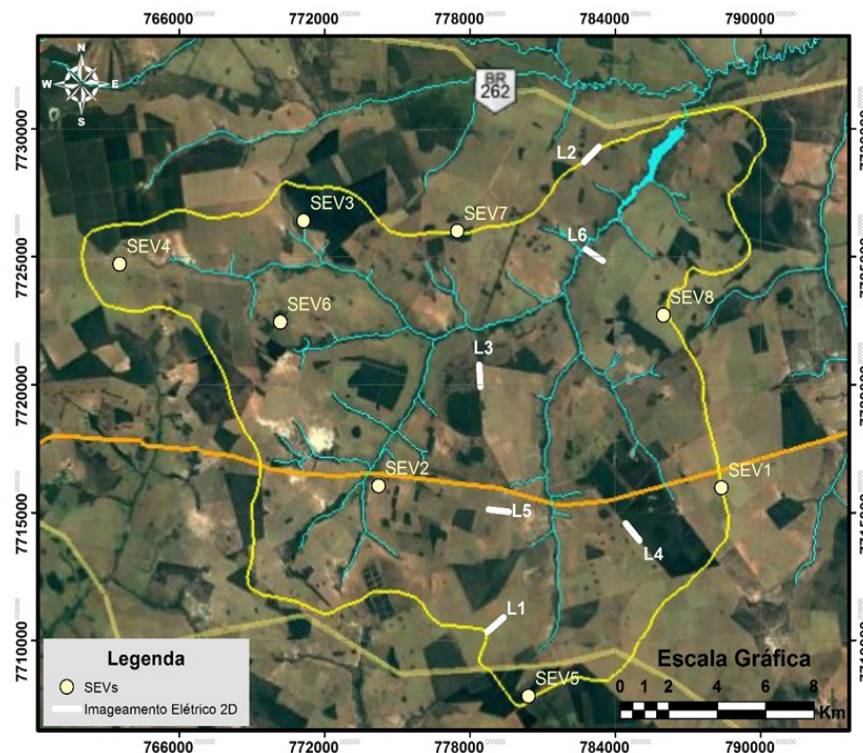
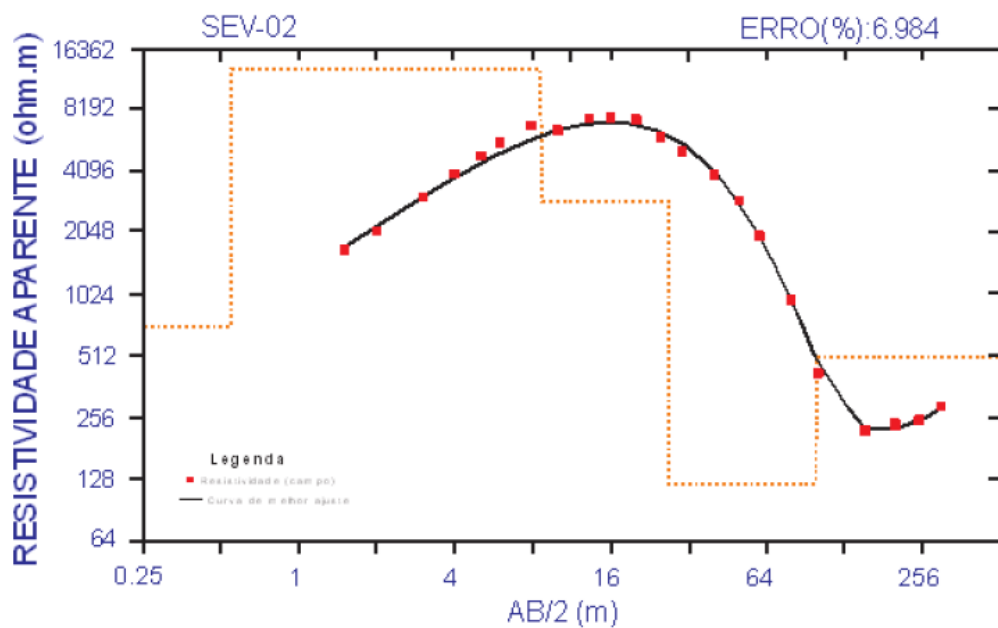


Figura 3- Localização dos IE2Ds e das SEVs na bacia hidrográfica do Córrego Guariroba.



A interpretação dos dados geofísicos considerou a identificação de contrastes de valores de resistividades que representassem o contato entre os sedimentos do Grupo Caiuá e os derrames basálticos da Formação Serra Geral, bem como o contato da zona não saturada com a zona saturada, indicando as profundidades do nível d'água. Os perfis feitos com SEV marcaram melhor estas informações, conforme pode ser visto no perfil modelado da Figura 4.

Os resultados dos levantamentos geofísicos de imageamento elétrico 2D, como exemplificado na seção modelada da Figura 5, tornam a interpretação mais difícil, face a variação vertical e horizontal da resistividade aparente, evidenciando a heterogeneidade do Grupo Caiuá no local.



Nível Geolétrico	Resistividade (ohm.m)	Espessura (m)	Profundidade (m)
1	708,9	0,55	0
2	12954,9	8,05	0,55
3	2896,2	18,4	8,6
4	120,3	72,3	27
5	504,2	Inf	99,3

Figura 4- Curva modelada e modelo geológico da SEV 02.

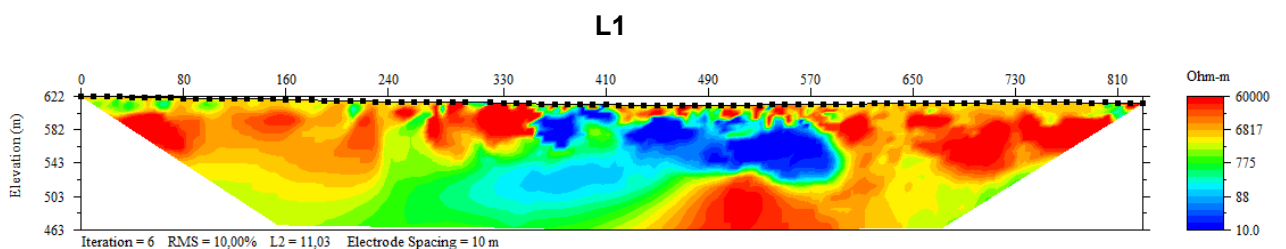


Figura 5- Seção de imageamento elétrico modelada L1

A partir dos resultados das IE2Ds e das SEVs, foi possível interpretar,

preliminarmente, para toda a área da bacia do córrego Guariroba, que a espessura da camada sedimentar (Grupo Caiuá) variou, nos pontos investigados, de 64,5 m a 180 m e o nível d'água apresentou valores de 5 m a 62 m de profundidade.

## REFERÊNCIAS

Casadei, J. de M. Vulnerabilidade do Aquífero Livre na Bacia Hidrográfica do Córrego Guariroba – Campo Grande, MS. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – UFMS. 91p, 2017. *(no prelo)*

Cavazzana, G. H. Relação entre a água superficial e a água subterrânea da Área de Proteção Ambiental do Guariroba, Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais – UFMS. 120p, 2018. *(no prelo)*

CPRM-Serviço Geológico do Brasil. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato grosso do Sul. Mapa Geológico escala 1:1.000.000 e Texto Explicativo. Brasília. 121p, 2006.

SEMACE- Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia e Instituto de Meio Ambiente de Mato GROSSO do Sul. *Plano estadual de recursos hídricos de Mato Grosso do Sul*. Campo Grande, MS: Editora UEMS, 194p, 2010.

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

**Kisley Santos Oliveira**

Departamento de Engenharia Ambiental, UFS  
Aracaju – Sergipe

**Thais Luiza dos Santos**

Departamento de Engenharia Ambiental, UFS  
Aracaju – Sergipe

**Paulo Sérgio de Rezende Nascimento**

Programa de Pós-Graduação em Geociência e  
Análise de Bacias e Departamento de Engenharia  
Ambiental, UFS  
Aracaju – Sergipe

**RESUMO:** O Estado de Sergipe, com relação às águas subterrâneas, pode ser dividido em duas grandes províncias hidrogeológicas: granular e fissural. Na Província Granular, a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos estão cada vez mais comprometidas, devido à intensa e irregular exploração nos aquíferos do Grupo Barreiras e Coberturas Quaternárias. Faz-se necessário, portanto, o conhecimento da capacidade de armazenamento desses aquíferos. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi espacializar a potencialidade e inferir a ocorrência de aquífero misto (granular e fissural) na Região Leste Sergipana. Os procedimentos técnicos empregados foram a extração e análise das lineações de drenagem e relevo e a espacialização da densidade das lineações pelo interpolador Kernel. Os

resultados obtidos foram três classes de densidade de lineações que representam a potencialidade do armazenamento das águas subterrâneas. Concluiu-se que as maiores concentrações da densidade de lineações localizam-se à montante nos arenitos do Grupo Barreiras, destacando as bacias hidrográficas dos rios Vaza Barris, Sergipe e Japarutuba. Estas áreas podem apresentar comportamento hidrogeológico controlado simultaneamente por porosidades granular e fissural, decorrentes da gênese sedimentar e atividade neotectônica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lineações, Neotectônica, Aquífero Misto.

### SPACING BY KERNEL INTERPOLATOR OF THE POTENTIALITY OF UNDERGROUND WATER STORAGE IN THE EAST REGION OF THE STATE OF SERGIPE

**ABSTRACT:** The State of Sergipe, with respect to groundwater, can be divided into two major hydrogeological provinces: granular and fissural. In the Granular Province, the quality and availability of water resources are increasingly compromised, due to the intense and irregular exploitation in the aquifers of the Barreiras Group and Quaternary Coverage. It is therefore necessary to know the storage capacity of these aquifers. Thus, the objective of the work was to spatialize the potentiality and infer the occurrence of mixed aquifer (granular and fissural) in the Eastern Region of Sergipana.

The technical procedures used were the extraction and analysis of the drainage and relief lineations and the spatialisation of the density of the lineations through the Kernel interpolator. The results obtained were three classes of density of lineations that represent the potential of groundwater storage. It was concluded that the highest concentrations of density of the lineations are located upstream in the Barreiras Group sandstones, mainly the hydrographic basins of the Vaza Barris, Sergipe and Japaratuba rivers. These areas may have hydrogeological behavior controlled simultaneously by granular and fissural porosities, due to sedimentary genesis and neotectonic activity.

**KEYWORDS:** Lineations, Neotectonics, Mixed Aquifer.

## 1 | INTRODUÇÃO

As províncias hidrogeológicas do estado de Sergipe são constituídas principalmente por aquíferos fissural (fraturado) e granular, e subordinadamente por aquífero misto (cárstico- fissural). A província fissural é representada por rochas do embasamento cristalino e unidades geológicas da Faixa de Dobramentos Sergipana. Por outro lado, a província granular é representada por rochas areníticas do Grupo Barreiras e Coberturas Quaternárias, classificado como Sistema Aquífero Granular (Araújo, 2007). Este sistema é mais apropriado ao armazenamento de água subterrânea do que os aquíferos fissurais, decorrentes das características intrínsecas da gênese das rochas sedimentares areníticas. Por exemplo, a granulometria, e o grau de seleção e do arredondamento dos grãos minerais, que originam a porosidade e permeabilidade primárias. Estas propriedades determinam a recarga e a capacidade de armazenamento de água subterrânea do aquífero.

A deposição dos arenitos do Grupo Barreiras foi fortemente influenciada pelo tectonismo que afetou a Plataforma Sul-Americana a partir do Mioceno Médio e que marca o início da ação neotectônica no Brasil (Saadi, 2000). Matos (2013) identificou duas fases deformacionais responsáveis pela origem das falhas e fraturas neotectônicas do Grupo Barreiras no litoral sergipano e alagoano. Desta forma, é possível que os movimentos neotectônicos que atingiram os arenitos do Grupo Barreiras tenham ocasionado um comportamento misto (granular-fissural) no Sistema Aquífero Granular, facilitando a infiltração, percolação e acumulação de água subterrânea.

O estudo das lineações de relevo e drenagem aplicado em hidrogeologia possibilita a análise quali-quantitativa da probabilidade de ocorrência de água subterrânea (Nascimento et al., 2017). Estas lineações também representam zonas de fraqueza estrutural (Chiang, 1984), formando um sistema de fraturamento que facilita a infiltração de água. Neste sentido, a melhor condição do aquífero está vinculada as variáveis relacionadas principalmente aos fatores geológicos, tais como permeabilidade e porosidade da rocha, presença de falhas e fraturas, e conectividade

dos corpos arenosos (Vidal et al., 2006).

A importância desse trabalho está baseada no conhecimento da potencialidade do sistema de fraturamento neotectônico se comportarem como estruturas geológicas facilitadoras dos processos de infiltração, percolação e acumulação de água subterrânea nos aquíferos, tradicionalmente, classificados como exclusivamente granulares dos sedimentos consolidados e inconsolidados da Região Leste Sergipana. A constatação de que o comportamento do aquífero na área de estudo tenha comportamento misto, auxiliará na: (i) delimitação de locais mais apropriados para a extração de água subterrânea e (ii) gerenciamento das atividades antrópicas que podem contaminar as águas subterrâneas.

Dessa forma, o objetivo geral desse projeto de pesquisa foi identificar, por técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, os alinhamentos estruturais geológicos (sistemas de fraturas e falhas) que propiciam, juntamente com a porosidade e permeabilidade primárias, a infiltração, escoamento e armazenamento de água subterrânea nos aquíferos granulares dos terrenos cenozoicos da Região Leste Sergipana.

Para atingir o objetivo específico foram definidos os seguintes objetivos específicos: (i) Elaboração de um Banco de Dado Georreferenciado (BDG) para armazenar, manipular, atualizar e visualizar as informações espaciais e não espaciais em uma plataforma única de dados possibilitada pelo emprego de um Sistema de Informação Geográfica (SIG); (ii) Confecção, por interpretação visual e automática de produtos sensorizados remotamente, dos seguintes mapas temáticos na escala 1:100.000: mapa de alinhamento geológico, mapa de densidade de alinhamento estrutural; e, por fim, o mapa de áreas propícias ao acúmulo de águas subterrâneas decorrentes pelas estruturas primárias sedimentares e por fissuras originadas pela movimentação neotectônica.

## **2 | ÁREA DE ESTUDO**

A Região Leste Sergipana, área de estudo desse trabalho, localiza-se entre as coordenadas 10°15'24" e 11°28'36" de latitude Sul e meridianos 36°10'18" e 37°41'32" de longitude Oeste (Figura 1).

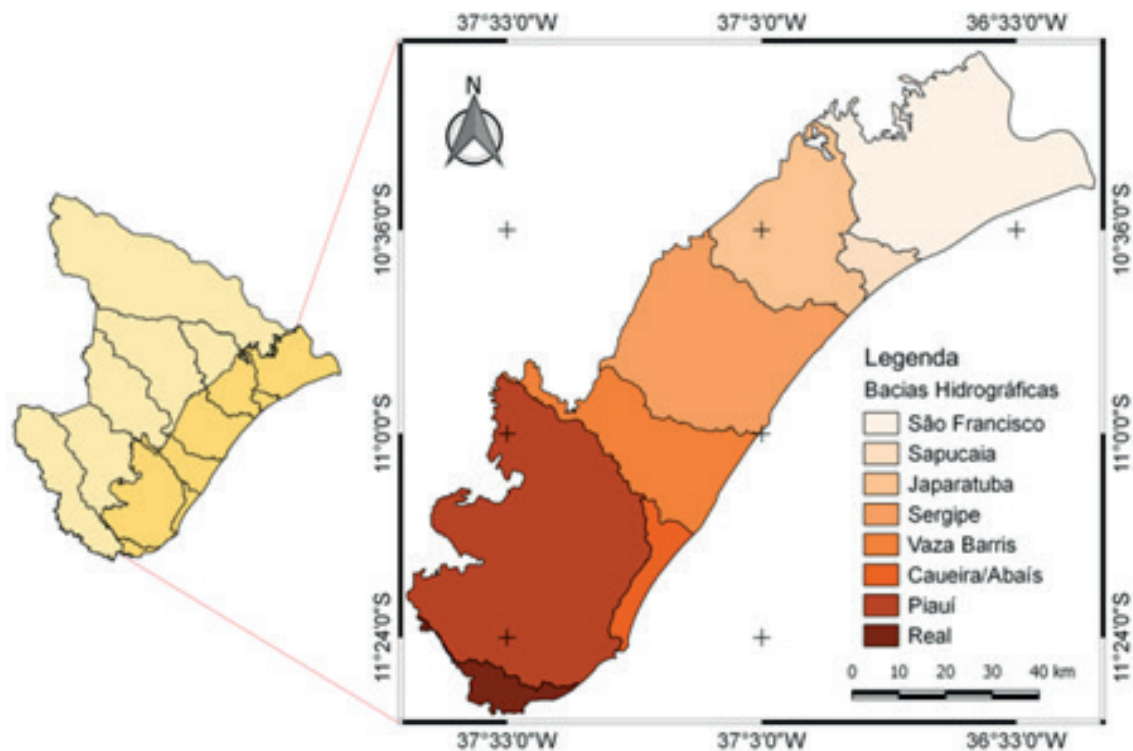


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo (Região Leste Sergipana).

Inserida na zona climática Tropical Úmido (ESTADO DE SERGIPE, 2014), é drenada pelas bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Sapucaia, Japarutuba, Sergipe, Vaza Barris, Caueira/Abais, Piauí e Real. Apresenta alta precipitação (média de 1.355 mm/ano) e alta umidade relativa (média anual de 80%). O total precipitado é dividido em inverno chuvosa de abril para julho; e verão seco de outubro para janeiro. A evaporação pode atingir valores acima de 1.000 mm/ano no verão, com temperatura média em torno de 25°C (mínima média anual em torno de 20°C e uma média máxima acima de 29°C).

A área de estudo é representada pelo Sistema Aquífero do Grupo Barreiras e Coberturas Quaternárias. Os tipos principais de solos, segundo Nunes et al (2012) são os espodossolos (podzol), gleissolos (solo de mangue) e neossolos quartzarênicos (litossolo). Os domínios geomorfológicos são representados pelos Tabuleiros Costeiros, que se apresentam de forma aplainada com topos horizontais ou sub-horizontais em níveis mais preservados e em forma de morros e colinas dissecadas quando erodidos e pela Planície Costeira formada por terraços marinhos, dunas costeiras e estuário, com ocorrências de mangues, apicuns e restingas (SUDEN, 2014). A geologia é composta pelas formações superficiais cenozóicas que ocorrem, abrangendo o Grupo Barreiras, as coberturas terciário-quaternárias e as coberturas quaternárias pleistocênicas e holocênicas (CPRM, 2001).

As coberturas pleistocênicas estão relacionadas com as oscilações do nível do mar durante o Quaternário e englobam os terraços marinhos e os depósitos costeiros quaternários. As coberturas holocênicas englobam os depósitos quaternários diferenciados em terraços marinhos, depósitos eólicos litorâneos e depósitos de

pântanos e mangues. Essas formações superficiais cenozóicas, constituídas por pacotes de rochas sedimentares que recobrem as rochas mais antigas, e são descritas na literatura científica como um sistema aquífero granular em toda a sua extensão. Possui porosidade primária e nos terrenos arenosos apresentam uma elevada permeabilidade, lhes conferindo, no geral, excelentes condições de armazenamento e fornecimento de água (ARAÚJO, 2007; SUDEN, 2014).

No entanto, a ocorrência de um comportamento misto (granular e fissural) desse aquífero pode ser possível em decorrência dos movimentos neotectônicos. Estes movimentos são facilmente visualizados e interpretados em imagens de satélite pela análise de relevo e drenagem (LIMA, 2002). As estruturas rúpteis são representadas por falhamentos normais e juntas tectônicas que apontam para um esforço principal máximo na direção NW-SE. A principal direção de lineamentos estruturais verificados por Matos (2013) indica direção preferencial N110°, ocorrendo desde o embasamento cristalino até o Grupo Barreiras, indicando que existe uma relação direta da herança estrutural mais antiga do das rochas cristalinas do embasamento na formação das estruturas neotectônicas. Os principais padrões dos sistemas de falha e fratura verificados no Grupo Barreiras ocorrem segundo pares aproximadamente ortogonais N010° ⊥ N110° e N050° ⊥ N150°.

Após essa breve contextualização, é possível considerar o Sistema Aquífero Barreiras, como um aquífero misto, ou seja, com comportamento hidrogeológico controlado simultaneamente por porosidade intergranular e fissural, cujos reservatórios de águas subterrâneas possuem fluxos decorrente da sua litologia sedimentar e ação neotectônica.

### 3 | MATERIAL E MÉTODO

Os materiais necessários para o desenvolvimento desse trabalho foram: os dados digitais da rede hidrográfica, as bacias hidrográficas, e o Modelo Digital de Elevação (MDE) do Estado de Sergipe, disponibilizados gratuitamente no Banco de Dados Georreferenciados do Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos de Sergipe (SEMARH, 2014); e os programas computacionais de geoprocessamento de acesso gratuito Sistema de Processamento de Informações Geo-referenciadas (SPRING) - desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Especiais (INPE) o QGIS da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo).

Existem vários métodos possíveis de se mapear as áreas favoráveis à recarga e acumulação de águas subterrâneas em aquíferos granulares. O método empregado nesse trabalho baseia nas técnicas de sensoriamento remoto e de geoestatística não-paramétrica. O procedimento metodológico realizado foi definido devido aos lineamentos geológicos distensivos definirem as regiões de infiltração das águas, além das porosidade e permeabilidade primárias geradas pelos espaços intersticiais

de sedimentos arenosos consolidados ou não consolidados. Dessa forma, quanto maior a densidade desses lineamentos geológicos, maior é a infiltração das águas e consequente recarga dos aquíferos.

A análise dos lineamentos geológicos baseou-se no método lógico e sistemático para imagens orbitais, metodologia desenvolvida por Veneziani e Anjos (1982). Esse método emprega as feições texturais de relevo e de drenagem proporcionada pelo par luz-sombra para definir as feições geológicas. A espacialização dessas feições geológicas foi realizada pela interpolação Kernel. O estimador Kernel é um interpolador que possibilita estimar o evento em toda a área, mesmo onde o processo não tenha gerado nenhuma ocorrência. As linhas dos lineamentos são transformadas em intensidades pontuais que definem curvas de isovalores ponderados pela distância em relação a um valor central. A estatística não paramétrica, por meio da função núcleo, é um interpolador em valor de intensidade para cada célula de uma grade (BARBOSA et al., 2014), em função do valor do comprimento de um alinhamento geológico (LANDIM, 2003).

O primeiro procedimento foi a interpretação visual dos dados SRTM e da rede hidrográfica no SPRING. Iniciou-se com a extração manual das lineações de relevo e drenagem (fotoleitura) e consecutiva interpretação visual e qualitativa (fotoanálise e fotointerpretação) das lineações. Terminada esta etapa, as lineações foram importadas para o QGIS para a espacialização da densidade das lineações pelo método de interpolação de Kernel. Este fornece informações sobre a intensidade da ocorrência das lineações, que foram interpretadas como sistema de fraturamento, definindo a probabilidade de armazenamento de água subterrânea.

Após esses procedimentos, o número de total de lineações e a área de estudo foram computados automaticamente. Em sequência, calculou-se a área de cada bacia hidrográfica e o total de lineações por bacia. A partir desses resultados, as densidades de lineações por bacias hidrográficas foram obtidas pela razão entre o número total de lineações de cada bacia hidrográfica e a área das bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Japaratuba, Sergipe, Vaza Barris, Piauí, Real, Sapucaia e Caueira/Abais.

#### **4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O número total de lineações extraído foi de 9.392 (Tabela 1), com 3.461 lineações de relevo e 5.931 de drenagem, distribuídas de forma heterogênea por uma área de aproximadamente 6.600 Km<sup>2</sup>, que abrange toda Região Leste Sergipana. De acordo com os dados da tabela, nota-se que a maior densidade de lineações encontra-se na Bacia do rio Real, indicando uma grande potencialidade de armazenamento de água. É importante ressaltar que esta é a menor bacia hidrográfica na área de estudo se localiza na faixa litorânea. A grande intensidade de lineações é decorrente dos aclives e declives do conjunto de dunas quaternárias móveis, sem influência da neotectônica.



Bacia Hidrográfica	Área (Km <sup>2</sup> )	Quantidade Lineações	Densidade Lineações
São Francisco	1366,8813	635	0,4646
Japaratuba	830,7921	1.662	2,0005
Sergipe	1240,6061	2.574	2,0748
Vaza Barris	678,1096	1.457	2,1486
Piauí	2060,7927	1.376	0,6677
Real	144,3281	1.492	10,3376
Sapucaia	119,0214	71	0,5965
Caueira/Abaís	162,3155	125	0,7701
Total	6602,8471	9.392	-

Tabela 1. Densidade de lineação de relevo e drenagem por bacia hidrográfica na área de estudo.

A Bacia do rio São Francisco, uma das principais bacias do nordeste, apresentou a menor densidade de lineações na área de estudo. Isto se deve ao fato de ser composta pelas Coberturas Quaternárias, formada por sedimentos inconsolidados porosos e permeáveis à jusante, e que também não foram influenciados pelo neotectonismo. Este fato também se aplica às baixas densidades das bacias dos rios Sapucaia e Caueira/Abaís.

A densidade de lineações da Bacia Hidrográfica do rio Piauí apresentou-se similar às bacias supracitadas, decorrente da sua maior área. A maior densidade de lineações está concentrada à montante da bacia no Grupo Barreiras. As bacias dos rios Japaratuba, Sergipe e Vaza Barris apresentaram densidade de lineações próximas entre si, indicando potencialidades similares ao armazenamento de água subterrânea.

Essas interpretações são ratificadas com os mapas das figuras 2 e 3. A Figura 2 representa a quantidade das lineações de relevo e drenagem em cada bacia hidrográfica na Região Leste Sergipana. Essas lineações foram interpretadas como sistema de fraturamento e como porosidades e permeabilidades secundárias nos arenitos do Grupo Barreiras.

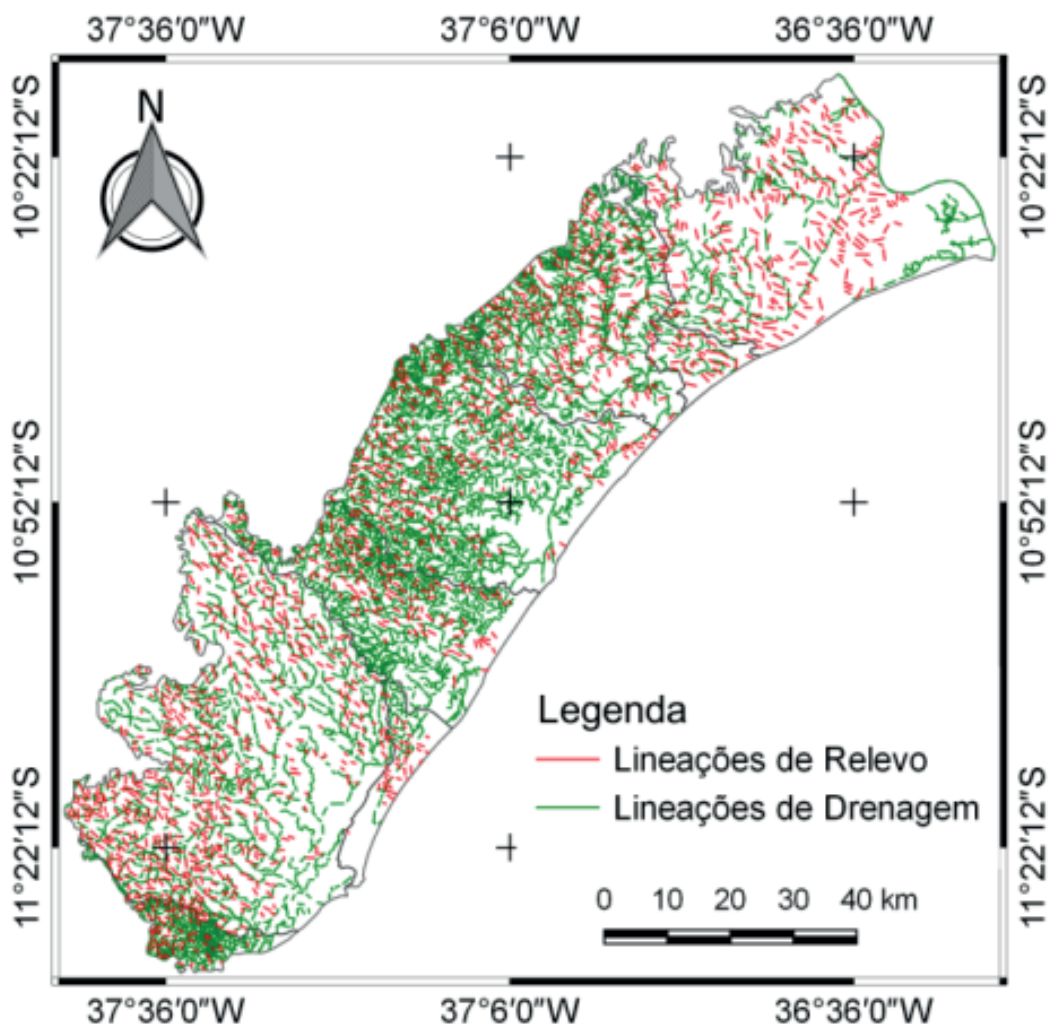


Figura 2: Mapa de lineações de relevo e drenagem da Região Leste Sergipana.

A Figura 3, espacialização da densidade de lineações, representa a concentração das lineações e, conseqüentemente, uma maior ou menor probabilidade de ocorrência de fraturas e/ou falhas facilitadoras da infiltração, escoamento e armazenamento de águas subterrâneas. Constatou-se que as maiores densidades estão localizadas na porção central da área de estudo, à montante das bacias hidrográficas dos rios Japarutuba, Sergipe e Vaza Barris. Desta forma, estas porções apresentam as maiores potencialidades de acúmulo de águas subterrâneas e são indicativas de aquífero misto. Este é formado pelas características granulares intrínsecas da gênese dos arenitos e fissural, decorrente do sistema de fraturamento originado pela neotectônica.

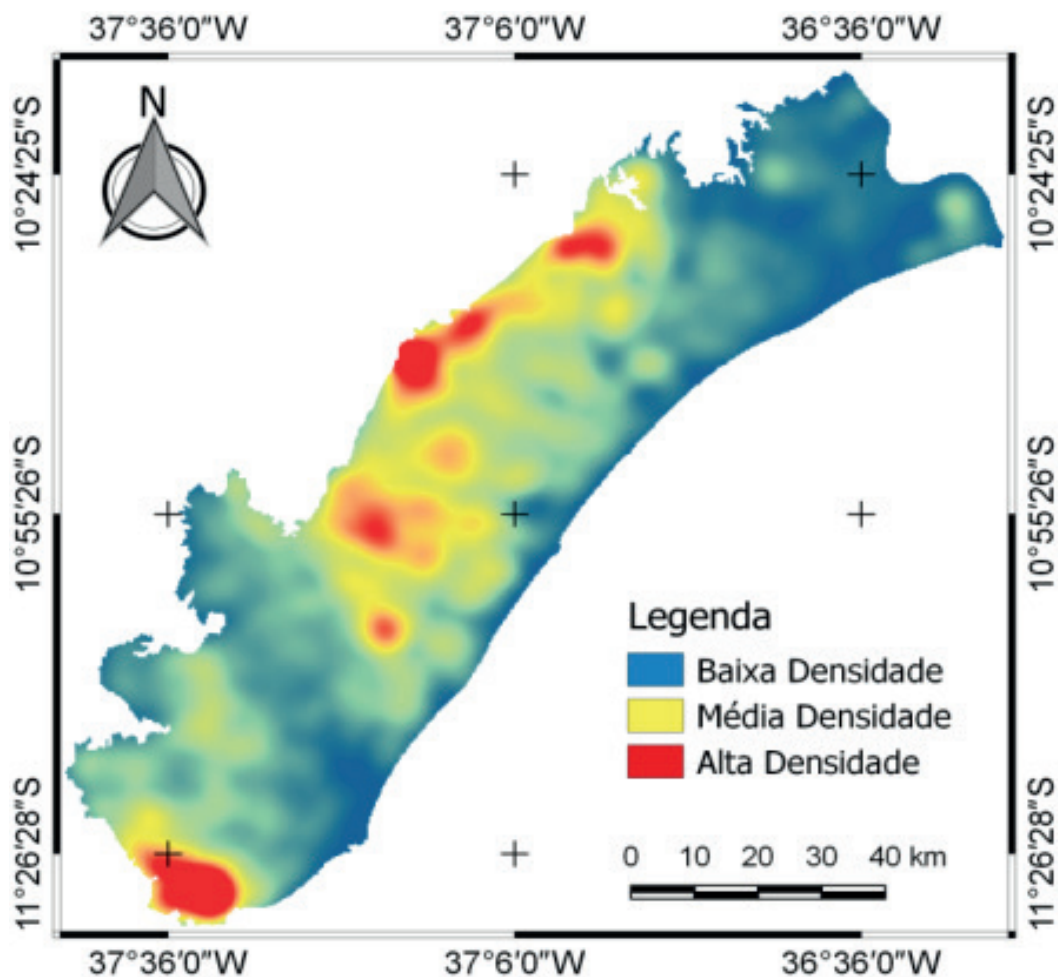


Figura 3. Mapa de densidade de lineações da Região Leste Sergipana.

A heterogeneidade das características hidrogeológicas, evidenciadas pelas distintas densidades de lineações, indica que a área de estudo foi submetida a diferentes intensidades de processos neotectônicos rúpteis. Como consequência, a área apresenta graus diferenciados de infiltração, percolação e armazenamento de águas subterrâneas. Ainda que o estudo tenha definido as áreas de maior potencialidade de armazenamento de água subterrânea, para a viável exploração deste recurso, devem-se considerar a condutividade hidráulica, profundidade do aquífero e condições de bombeamento.

## 5 | CONCLUSÕES

A metodologia aplicada possibilitou atingir os objetivos da pesquisa: espacializar a potencialidade de armazenamento de água subterrânea pela densidade de drenagem e relevo e inferir a existência de aquífero misto no Grupo Barreiras. As bacias hidrográficas dos rios Real, São Francisco, Caueira/Abais e Sapucaia são compostas essencialmente por aquíferos granulares. É importante ressaltar que, com exceção da bacia do rio Real, a baixa concentração da densidade de lineações está localizada à jusante na planície marinha. Por outro lado, a alta concentração da densidade de

lineações está à montante nos arenitos do Grupo Barreiras, destacando as bacias hidrográficas dos rios Vaza Barris, Sergipe e Japaratuba. Desta forma, algumas porções do Sistema Aquífero Barreiras podem ser consideradas como um aquífero misto, ou seja, com comportamento hidrogeológico controlado simultaneamente por porosidade granular e fissural, cujos reservatórios de águas subterrâneas possuem fluxos decorrentes da sua litologia sedimentar e ação neotectônica.

## 6 | AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Pesquisa (COPES) e Pós-Graduação e Pesquisa (POSGRAP) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) pela Bolsa de Iniciação Científica.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, H.M. **Relações socioambientais na bacia costeira do rio Sergipe**. 2007. 345f. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2007.
- BARBOSA, N. F. M. STOSIC, B. D.; STOSIC, T.; LOPES, P. M. O.; MOURA, G. B. A; MELO, J. S. P. Kernel smoothing dos dados de chuva no Nordeste. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 7, p. 742-747, 2014.
- CHIANG, L.C. **Análise estrutural de lineamento em imagens de sensoriamento remoto: aplicação ao estado do Rio de Janeiro**. 1984. Tese (Doutorado em Geoprocessamento) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.
- CPRM. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB. Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe. Escala 1:250.000**. Texto explicativo do Mapa geológico do Estado de Sergipe. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT/CODISE, 2001. 156 p.
- ESTADO DE SERGIPE. **Panorama Energético de Sergipe**. Aracaju: SUDEN, 2014, v.1, 83p.
- LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Editora UNESP, 2003. 253p
- LIMA, C. C. U. **Caracterização sedimentológica e aspectos do Grupo Barreiras no litoral sul do estado da Bahia**. 141 f. 2002. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- MATOS, V.B.M. **Neotectônica do Grupo Barreiras no litoral dos estados de Sergipe e Alagoas**. 2013. 145f. Monografia (Graduação em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.
- NASCIMENTO, P.S.R.; NASCIMENTO FILHO, J.C.B.; MENDONÇA, A.K.F. & WALLANÇUELLA, G.J. Geotecnologia aplicada na espacialização de aquífero fissural no Estado de Sergipe. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 7.; 2017. **Anais...** Salvador, Geonordeste, 2017, p.1-4.
- NUNES, F. C.; SILVA, E. F.; VILAS-BOAS, G. S. **Grupo Barreiras: características, gênese e evidências de neotectonismo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011. 31p.
- SAADI, A. **Neotectônica da área dos tabuleiros do sul da Bahia**. In: PROJETO Porto Seguro:

Santa Cruz Cabrália: programa informações para gestão territorial. Salvador: CPRM: SEAGRI-DDF, 2000. p. 40-55.

SEMARH. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos de Sergipe**. Aracaju: SRH, 2014. CD-ROM.

SUDEN. Subsecretaria de Estado do Desenvolvimento Energético Sustentável. **Panorama Energético de Sergipe 2014 - ano base 2012**. Aracaju: SUDEN/SE, 2014, 83p.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia**. São José dos Campos: INPE, 1982, 54p.

VIDAL, A.C.; ROSTIROLLA, S.P.; KIANG, C.H. & MARTINI, M.L. Estudo da relação entre lineamentos estruturais e a exploração de água por meio da análise de favorabilidade. *Águas Subterrâneas*, v. 20, n. 2, p. 27-38, 2006.

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

### Angel Loo

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) –  
Mestranda do Programa de Pós-Graduação em  
Geografia  
Juiz de Fora/MG

### Pedro José de Oliveira Machado

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) –  
Professor do Departamento de Geociências e do  
Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Juiz de Fora/MG

**RESUMO:** Este artigo apresenta alguns resultados da pesquisa realizada no curso de Mestrado em Geografia, da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), que teve como objetivo levantar, estudar e avaliar os condicionantes responsáveis pela ocorrência e/ou intensificação das inundações do Rio Sesmária, na área urbana de Resende/RJ. Muitas causas foram levantadas e avaliadas, mas aqui são apresentados os estudos sobre as transformações dos usos e coberturas da terra, ocorridas nos últimos 30 anos na bacia, bem como sua relação com os episódios de inundação. Os resultados apontam para uma expressiva e progressiva substituição de áreas ocupadas por florestas por outras modalidades de cobertura, sobretudo por áreas urbanizadas e silvicultura, o que leva a alterações na relação entre infiltração e escoamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Urbanização; Uso da terra; Inundações.

### FLOODING AND LAND USES IN THE DRAINAGE BASIN OF SESMARIA RIVER, RESENDE/RJ

**ABSTRACT:** The present article presents some results of the research carried out in the Master's Degree in Geography, Federal University of Juiz de Fora (UFJF), whose objective was to survey, study and evaluate the factors responsible for the occurrence and/or intensification of floods of the Sesmária River, in the urban area of Resende/RJ. Many causes have been raised and evaluated, but here are presented the studies on the transformations of land uses and coverages occurring in the last 30 years in the basin, as well as their relation with the flood episodes. The results point to a significant and progressive substitution of areas occupied by forests by other types of cover, mainly by urbanized areas and silviculture, which leads to changes in the relationship between infiltration and runoff.

**KEYWORDS:** Urbanization; Land use; Floods.

## 1 | INTRODUÇÃO

Parte da motivação dessa pesquisa deve-se a um fato paradoxal. Nas últimas décadas houve sensível e reconhecida melhoria

do aparato para estudo das inundações, com o desenvolvimento de tecnologias sofisticadas, capazes de prever esse tipo de acontecimento com alto grau de confiabilidade. A isso se soma o fato de Resende ter passado, nesse mesmo lapso de tempo, por um importante processo de desenvolvimento econômico, o que tornou possível que ela pudesse dispor daqueles citados avanços tecnológicos. Ou seja, passou-se a contar com mais recursos e mais acesso a esses recursos. Além disso deve-se observar que importantes trabalhos sobre essa temática foram desenvolvidos, vários deles sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Sesmaria (BHRS), devendo ser citadas as obras de Mello Filho e Rocha (1994), Sato (2012), Jacob (2013), Crescente Fértil (2013) e Campos (2017). Contudo, ao avanço das tecnologias, à ampliação do seu acesso e à construção de uma base de dados primários, o que se observa é um aumento do número de ocorrência de inundações e, sobretudo, do número de pessoas afetadas por elas. Assim, investigar as causas que envolvem esse fenômeno natural, que continua causando prejuízos à população local, ainda se configura como um objetivo legítimo de pesquisa.

De modo geral, as causas de ocorrência ou intensificação das inundações do Rio Sesmaria podem ser divididas em dois grupos: 1) as Causas Intrínsecas, originadas ou potencializadas por características próprias da bacia; e 2) as Causas Extrínsecas, ou seja, eventos ou circunstâncias que ocorrem fora da bacia, mas que trazem interferência no comportamento hidrológico do Rio Sesmaria, sendo também responsáveis por suas inundações. O comportamento do Rio Paraíba do Sul, onde deságua o Sesmaria, se constitui na principal dessas causas extrínsecas, especialmente pelo fato de ele ser regularizado, logo a montante de Resende, pela Represa do Funil, que interfere diretamente nas vazões de jusante e, portanto, no deságue do Rio Sesmaria. A Figura 1 apresenta resumidamente a metodologia descrita.

Nesse artigo é destacado o estudo sobre as transformações ocorridas nos usos e cobertura das terras da bacia, com o objetivo de entender suas relações com as inundações do Rio Sesmaria.

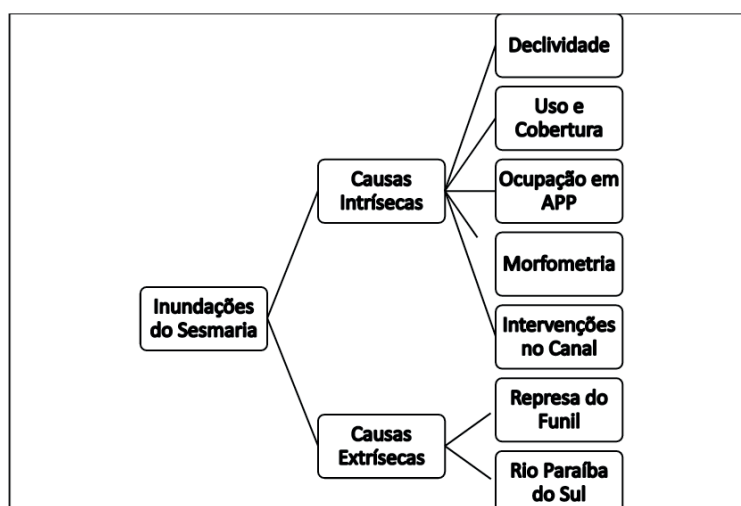


Figura 1 – Estudo das causas das inundações do Rio Sesmaria, Resende/RJ

## 2 | INUNDAÇÕES NA ÁREA DE ESTUDO

A BHRS ocupa parte dos municípios de São José do Barreiro (SP) e Resende (RJ), abrangendo uma área de 149 km<sup>2</sup> (Figuras 2, 3, 4 e 5).

Na bacia foram desenvolvidos, historicamente, diversos tipos de uso, dentre os quais destacam-se o café e a pecuária leiteira. Originalmente a região era ocupada por Mata Atlântica, mas com a chegada do café no século XVIII ela foi aos poucos sendo retirada para aumentar a área plantada, o que devastou boa parte da cobertura original da região. As terras, desgastadas e improdutivas foram transformadas em extensas pastagens para a produção leiteira, o que gerou, segundo Dantas (1995), alterações nos regimes climático e hidrológico. A partir dos anos 1940, a região atualmente conhecida como Vale do Paraíba, passa por intensas transformações trazidas pela industrialização, atividade que foi acompanhada pela expansão urbana. A virada do século XXI marca uma nova mudança no uso das terras rurais, marcada pela entrada das plantações de eucaliptos destinadas à produção de celulose e papel (ABDALAD, 2011). A BHRS passou por sequência similar de usos da terra e respectiva substituição de cobertura vegetal, desde a cafeicultura até os dias atuais, onde se observa expressiva expansão da silvicultura do eucalipto.

A BHRS pode ser dividida em 3 unidades: a sub-bacia do Rio Formoso, a sub-bacia do Rio Feio e a Sub-bacia do Rio Sesmaria, que corresponde ao seu baixo curso, com destacada ocupação urbana (Figuras 2, 3, 4 e 5).

As inundações têm sido um evento frequente no Rio Sesmaria, especialmente no seu baixo curso, tendo se tornado um problema a partir do momento em que foi intensificada a ocupação humana na área, que corresponde ao trecho urbano de Resende. Os registros sobre as inundações locais são antigos, como relata Bopp (1976:226), que menciona um transbordamento em 1928, quando o Sesmaria teria demolido “a ponte provisória da estrada Resende-Riachuelo, inaugurada há apenas 4 meses”. Também faz referência a 1935, quando o Sesmaria alcançou “o piso da Ponte Pio Borges na Rua do Rosário”.

Recentemente tem se observado que os episódios de inundação têm ocorrido em curtos intervalos de tempo, sendo registrados eventos em 2009, 2010, 2015 e 2016. Em 2009, uma forte chuva fez transbordar o Sesmaria, que atingiu, segundo a Defesa Civil (2009), oito casas localizadas às margens, deixando 20 pessoas desabrigadas. Em 2010 foram duas inundações, uma em março e outra em dezembro. De acordo com a Defesa Civil na inundação de dezembro, o nível do rio chegou a três metros, causando grandes estragos, afetando os bairros Jardim Brasília, Jardim Ipiranga, Alvorada, Jardim Jalisco e Centro, com 180 casas invadidas pelas águas e 500 desabrigados. Houve alagamento de residências e comércios localizados às margens do rio; duas pontes foram interditadas e danificadas.

Uma das causas das inundações ocorridas em 2000 tem como influência a cheia do rio Paraíba do Sul, originada por chuvas intensas nas bacias de vários afluentes,



como os rios Bananal, Barra Mansa, Pirapetinga. Em dezembro de 2015, o nível do Sesmaria, de acordo com a Defesa Civil, chegou a dois metros acima do normal e no início de 2016, o nível chegou a três metros.

Nesse artigo são apresentados estudos relativos às transformações que se processaram nos modelos de uso e cobertura da terra na BHRS, observados ao longo dos últimos 30 anos. A finalidade foi pesquisar ligações entre essas modificações e a ocorrência e/ou intensificação das inundações no baixo curso do Rio Sesmaria.

### 3 | METODOLOGIA

As modificações de uso e cobertura da terra processadas na BHRS foram retratadas em quatro mapas referentes aos anos de 1988, 1997, 2008 e 2018 (Figuras 2, 3, 4 e 5). A elaboração dos mapas de 1988, 1997 e 2008 foi feita a partir de classificações supervisionadas da composição das bandas R(5) G(4) B(3) do Landsat 5, e para 2018, foram utilizadas as bandas R(6) G(5) B(4) do Landsat 8. As imagens correspondem a órbita 218/76, que compreende a área de estudo, sendo adquiridas no site <https://earthexplorer.usgs.gov/>, do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Como não foi necessária a utilização da cena completa (que possui 170x170km), recortou-se o quadrante compreendido pelas coordenadas planas 543000/556000E e 7488000/7517000N, georreferenciado em SIRGAS 2000/23S.

Nesse estudo foram definidas as seguintes classes de uso e cobertura: Áreas Edificadas; Agricultura; Solo exposto; Pastagem; Silvicultura; Floresta Estacional Semidecidual.

Para a classificação das imagens foram criadas as imagens de bandas compostas. Para isso foi necessário utilizar a ferramenta “Bandas Compostas” do ArcMAP 10.2.2, nas opções: ArcToolbox > Ferramentas de Gerenciamento de Dados>Raster > Processamento do Raster > Bandas Compostas. Para a criação das classes espectrais de assinatura para a geração do raster de classificação de uso e cobertura, foi necessário criar um shapefile de “Assinaturas” para cada ano de cada imagem utilizada (1988, 1997, 2008 e 2018). No shape de Assinaturas foi criado o campo “Classe”, na tabela de atributos, para serem identificadas as classes espectrais de uso da terra.

Ao serem criadas as assinaturas foram desenhados polígonos para recobrir áreas com tons de cor semelhantes. Para cada polígono de cor semelhante foi inserido o nome de classe na tabela de atributos. Após criar os polígonos e estruturar a tabela de atributos, foram geradas as assinaturas dos espectros de cor referente a cada tipo de uso e cobertura presente na imagem. Para esta etapa foi utilizada a ferramenta do ArcToolbox > Ferramentas de Análise Espacial > Multivariada > Criar Assinaturas, para transformar o vetor em estatística para a classificação. Depois da geração da Assinatura, foi executada a ferramenta no ArcToolbox > Ferramentas de Análise

Espacial > Multivariada > Classificação de Máxima Verossimilhança. Entrou-se com a imagem a ser classificada juntamente com o arquivo de assinatura criado referente a cada ano, ou seja, assinatura do ano “X” com a imagens de banda composta do ano “X”. Depois de gerado o arquivo Raster, as imagens apresentaram muitos “ruídos” (pixels soltos), e para melhorar a qualidade da visualização e da classificação foi utilizado um filtro para suavizar os excessos. Tal filtro se encontra no ArcToolbox > Ferramentas de Análise Espacial > Generalização > Filtro Majoritário. A última etapa foi transformar a imagem de Raster para Shape, sendo utilizada a ferramenta no ArcToolbox > Ferramentas de Conversão > Para Raster > Raster para Polígono.

A seguir são apresentados os mapas de uso e cobertura da terra da BHRS, para os anos de 1988, 1997, 2008 e 2018.

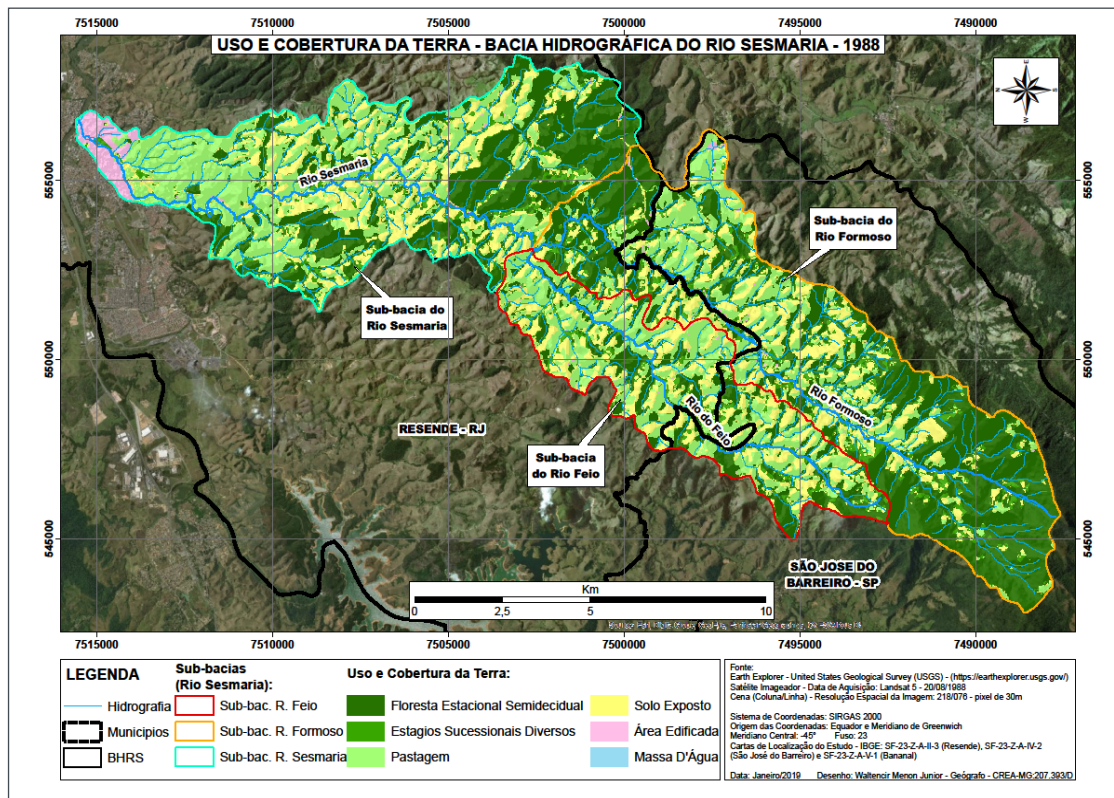


Figura 2 - Uso e cobertura da terra na BHRS, em 1988

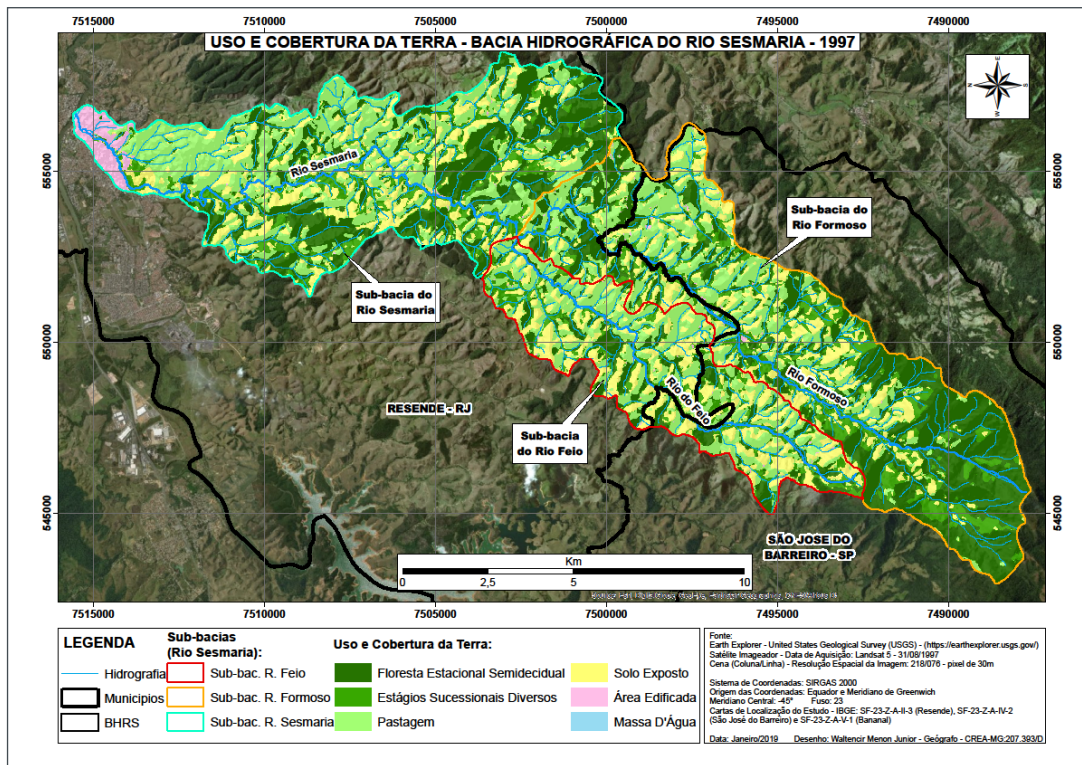


Figura 3 - Uso e cobertura da terra na BHRH, em 1997

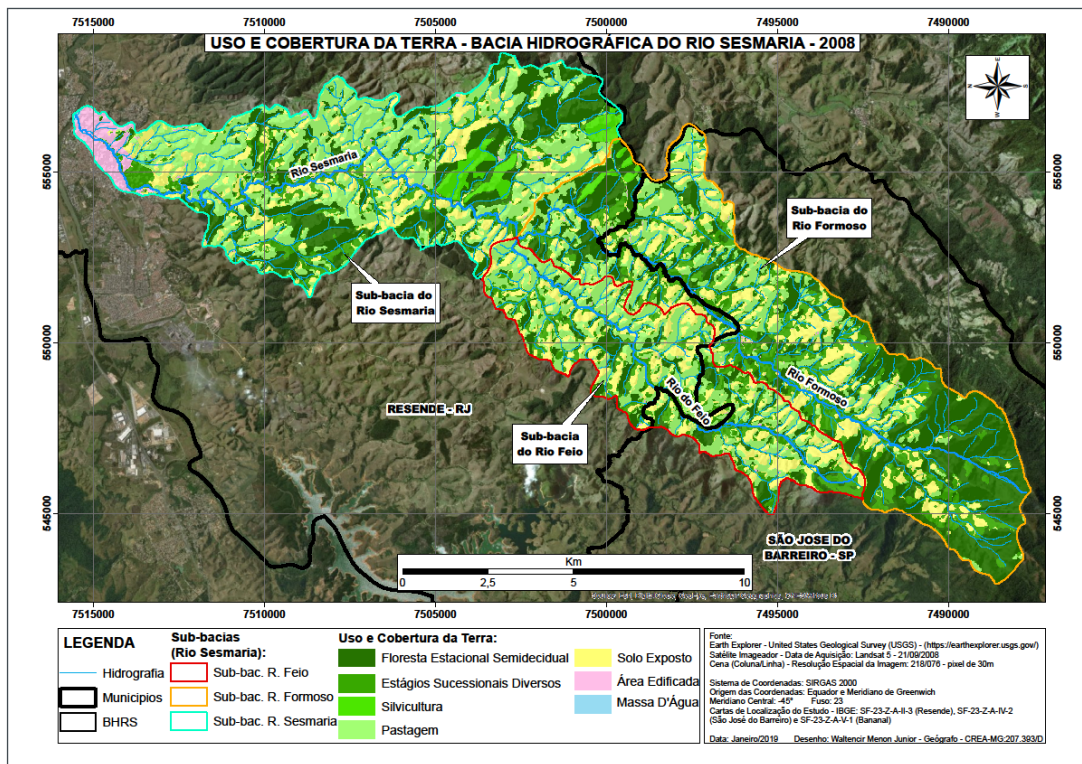


Figura 4 - Uso e cobertura da terra na BHRH, em 2008

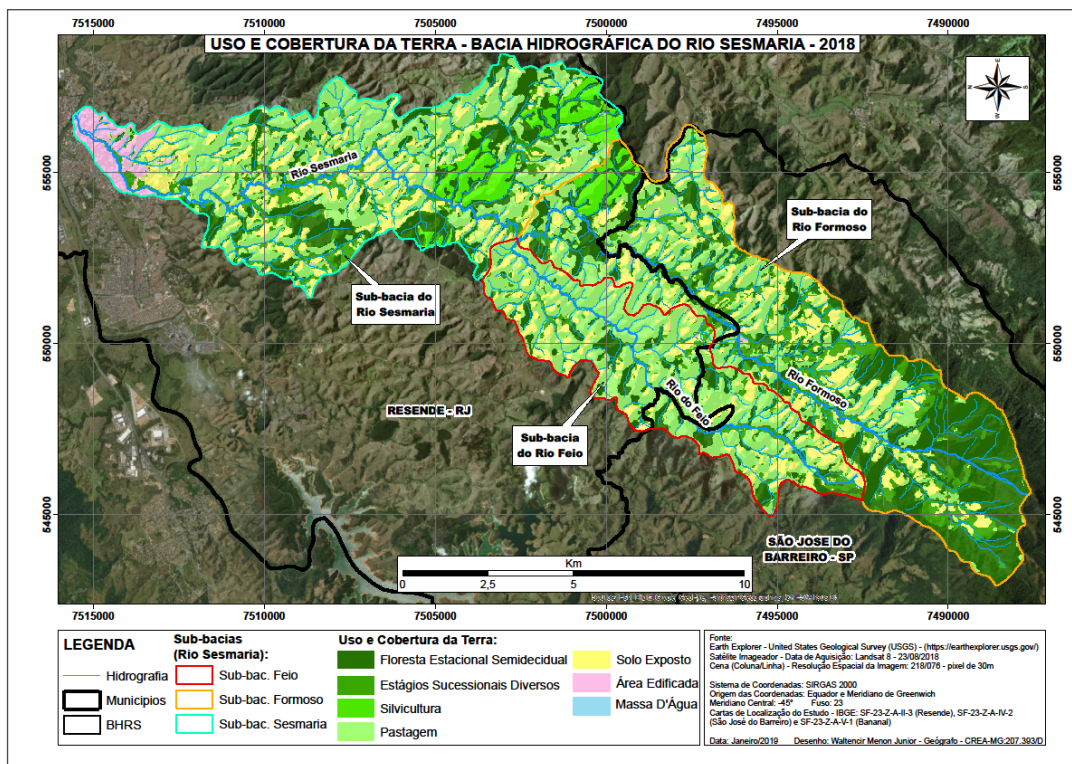


Figura 5 - Uso e cobertura da terra na BHRs, em 2018

## 4 | RESULTADOS

Os resultados do levantamento das classes de uso e cobertura da terra na BHRs são apresentados nas tabelas a seguir, destacando-se também a apresentação das informações segundo cada município da bacia.

Classes	(Km <sup>2</sup> )	(%)
Água	0,04	0,02
Estágios Sucessivos Diversos	11,27	7,53
Floresta Estacional Semidecidual	60,95	40,72
Pastagem	42,36	28,31
Silvicultura	0,00	0,00
Solo Exposto	32,62	21,80
Urbano	2,36	1,57
<b>Total</b>	<b>149,60</b>	<b>100,00</b>

Tabela 1 - Classes de uso e cobertura da terra na BHRs, para o ano de 1988

Ano de 1988	Municípios	
	Resende (%)	S. J. do Barreiro (%)
Classes		
Água	0,04	0
Estágios Sucessivos Diversos	7,2	8,03
Floresta Estacional Semidecidual	34,74	49,4
Pastagem	32,66	21,95
Silvicultura	0	0

Solo Exposto	22,92	20,24
Urbano	2,43	0,4
Total	100,00	100,00

Tabela 2 - Quantitativos das classes de uso e cobertura da terra na BHRS, para o ano de 1988, segundo os municípios

Os dados permitem fazer algumas considerações sobre o uso e cobertura na BHRS em 1988. A classe Floresta ocupava 40,72% do total da BHRS, embora estivesse, em sua maior parte, concentrada na sub-bacia do rio Formoso. Também se observa que a área de floresta é mais representativa no município de São José do Barreiro/SP, onde ocupava 49,4%, enquanto na parte da bacia no município de Resende, as áreas de florestas ocupavam 34,74%.

A vegetação primária da BHRS vem sendo substituída ao longo dos anos, primeiro pelo café e depois pelas pastagens, para a pecuária extensiva, e já em 1988 representavam 28,31% da área total da BHRS, sendo mais presente no município de Resende, onde, portanto, a substituição de florestas por pastagens foi mais intensa. Apesar do solo degradado e abandonado, a pastagem passou a formar a base da atividade agropecuária e a ser vista como 'solução' para as terras abandonadas.

A classe Estágios Sucessivos Diversos encontra-se pouco expressiva em 1988, representando 7,53%. Diante da economia que a BHRS se encontrava na época analisada, pode-se entender que se tratava de áreas em recuperação, consideradas improdutivas para o café ou qualquer outra cultura.

A Classe Solo Exposto ocupava 21,8% da BHRS, mostrando o elevado estado de degradação, em razão da atuação de processos erosivos. Considera-se aqui "solo exposto" as áreas com ausência de cobertura vegetal, que sofrem com a erosão laminar, com o pisoteio do gado e com a baixa produtividade.

A classe Urbana ocupava 2,36%, estando quase exclusivamente concentrada em Resende, no baixo curso do Rio Sesmaria, exatamente onde ocorrem os transbordamentos desse rio.

Nos anos 1970-1980 enquanto Resende se destacava como polo industrial, São José do Barreiro mantinha sua economia baseada na agricultura de subsistência e na pecuária leiteira.

Classes	(Km <sup>2</sup> )	(%)
Água	0,04	0,02
Estágios Sucessionais Diversos	24,06	16,08
Floresta Estacional Semidecidual	49,53	33,1
Pastagem	44,63	29,83
Silvicultura	0	0
Solo Exposto	28,9	19,31
Urbano	2,44	1,6
Total	149,6	100,00

Tabela 3 - Classes de uso e cobertura da terra na BHRS, para o ano de 1997

Classes	Municípios	
	Resende	S. J. do Barreiro
Água	0,04	0
Estágios Sucessivos Diversos	14,77	18,01
Floresta Estacional Semidecidual	28,54	39,77
Pastagem	34,6	22,8
Silvicultura	0	0
Solo Exposto	19,49	19,04
Urbano	2,54	0,4
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Tabela 4 - Quantitativos das classes de uso e cobertura da terra na BHRS, para o ano de 1997, segundo os municípios

Pelas tabelas anteriores é possível notar que houve diminuição da classe Floresta em relação a 1988, de 40,72% para 33,10%, com paralelo aumento da área de pastagem, associada à pecuária extensiva que, na época, ainda se encontrava em forte crescimento. Observa-se que no levantamento de 1997 ainda não havia sido detectada a classe Silvicultura, embora estivesse presente no Vale Paraíba Paulista, desde 1965 (FREITAS JUNIOR et. al., 2012).

Em 1997, Resende contava 98.534 habitantes e São José do Barreiro 4.159. O crescimento mais expressivo de Resende pode ser explicado pelas novas empresas que se instalaram no Vale do Paraíba, que nos anos 1990 passou a ter forte concentração do setor automobilístico, com a instalação da Volkswagen em 1995. Assim, Resende foi se consolidando como polo industrial, o que aumentou as demandas no espaço urbano (MAGALHÃES, 2017).

Classes	(Km <sup>2</sup> )	(%)
Água	0,04	0,02
Estágios Sucessivos Diversos	28,55	19,08
Floresta Estacional Semidecidual	44,32	29,62
Pastagem	44,41	29,68
Silvicultura	3,01	2,01
Solo Exposto	26,34	17,6
Urbano	2,93	1,95
<b>Total</b>	<b>149,6</b>	<b>100,00</b>

Tabela 5 - Classes de uso e cobertura da terra na BHRS, para o ano de 2008

Classes	Municípios	
	Resende (%)	S. J. do Barreiro (%)
Água	0,04	0
Estágios Sucessivos Diversos	15,43	24,42
Floresta Estacional Semidecidual	24,74	36,77
Pastagem	36,64	19,57
Silvicultura	3,4	0

Solo Exposto	16,73	18,81
Urbano	2,99	0,4
Total	100,00	100,00

Tabela 6 - Quantitativos das classes de uso e cobertura da terra na BHRS, para o ano de 2008, segundo os municípios

Podem-se observar as seguintes tendências no período 1997/2008: redução da área de floresta e das áreas de solo exposto, aumento das classes Estágios Sucessivos Diversos e Área Urbana, e os primeiros registros da silvicultura na bacia. Pelo mapeamento de 2008 é possível verificar a redução das florestas e o paralelo aumento da silvicultura (3,01 km<sup>2</sup>), exclusivamente na parte da bacia pertencente ao município de Resende. Nota-se também importante redução da classe Solo Exposto, o que sugere a regeneração da vegetação ou a ocupação pelo eucalipto.

A classe urbana vem mantendo o crescimento quase exclusivamente em Resende, que em 2008, segundo o IBGE, tinha 127.763 habitantes, enquanto São José do Barreiro apresentava 4.461 habitantes. As montadoras que se instalaram em Resende e nos municípios do entorno acabaram por elevar a taxa de emprego na região, implicando em aumento do setor de serviços, construção civil e turismo, ou seja, atividades de caráter urbano.

Classes	(Km <sup>2</sup> )	(%)
Água	0,04	0,02
Estágios Sucessivos Diversos	21,13	14,12
Floresta Estacional Semidecidual	38,36	25,64
Pastagem	57,93	38,72
Silvicultura	6,01	4,01
Solo Exposto	22,91	15,31
Urbano	3,22	2,15
Total	149,6	100,00

Tabela 7 - Classes de uso e cobertura da terra na BHRS, para o ano de 2018

Classes	Municípios	
	Resende (%)	S. J. do Barreiro (%)
Água	0,04	0
Estágios Sucessivos Diversos	11,42	18,06
Floresta Estacional Semidecidual	18,72	35,63
Pastagem	44,6	30,11
Silvicultura	6,77	0
Solo Exposto	15	15,77
Urbano	3,42	0,4
Total	100,00	100,00

Tabela 8 - Quantitativos das classes de uso e cobertura da terra na BHRS, para o ano de 2018, segundo os municípios

Podem ser observadas as seguintes tendências no período 2008/2018: redução das áreas de florestas; aumento da silvicultura, que dobrou a área plantada; redução das áreas de solo exposto e de Estágios sucessivos diversos; aumento da área urbanizada e de pastagens.

Na BHRS, a Mata Atlântica tem diminuído e cedido lugar ao eucalipto, que tem aumentado consideravelmente a área plantada, dominando especialmente porções do município de Resende. Ao incremento da silvicultura também corresponde uma diminuição da classe Estágios Sucessivos Diversos, áreas de regeneração da vegetação. Apesar do forte crescimento da silvicultura, as pastagens apresentaram significativo aumento, demonstrando que não são elas que estão sendo substituídas pelo plantio do eucalipto, mas sobretudo as áreas de florestas. Em relação a 2008, a presença do eucalipto na região dobrou, passando de 2,01% para 4,01% em 2018.

A classe urbana foi impulsionada pela implantação da planta industrial de máquinas pesadas da Hyundai, em Itatiaia e da nova planta automobilística da Nissan, em Resende, que intensificaram a dinâmica econômica e demográfica.

A Tabela 9 apresenta uma compilação dos dados levantados na bacia, sendo possível observar a variação das classes de uso e cobertura da terra, entre 1988 e 2018, o que ajuda a explicar a intensificação dos efeitos das inundações no baixo curso do Rio Sesmaria: a) redução das áreas de vegetação, com conseqüente redução de infiltração e aumento do escoamento superficial, o que promove assoreamento e redução da competência do rio; b) aumento das áreas urbanizadas na bacia, cuja implantação implica na impermeabilização de superfícies e alterações na relação infiltração/escoamento; c) Além disso, boa parte do crescimento urbano se dá ao longo do canal do rio, nas margens, nas áreas de preservação permanente (APP) e na planície de inundação, o que torna mais impactante os efeitos das inundações.

Classes	1988	1997	2008	2018
Água	0,04	0,04	0,04	0,04
Estágios Sucessivos Diversos	11,27	24,06	28,55	21,13
Floresta Estacional Semidecidual	60,95	49,53	44,32	38,36
Pastagem	42,36	44,63	44,41	57,93
Silvicultura	0,00	0	3,01	6,01
Solo Exposto	32,62	28,9	26,34	22,91
Urbano	2,36	2,44	2,93	3,22
Total	149,6	149,6	149,6	149,6

Tabela 9 - Classes de uso e ocupação da terra na BHRS, entre 1988 e 2018

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo das transformações dos usos e coberturas da terra na BHRS se mostrou muito importante para auxiliar na compreensão dos episódios de inundação



no baixo curso do Rio Sesmária. A constante substituição das florestas por outras formas de cobertura, em geral menos eficientes, tem contribuído para as alterações na relação entre infiltração e escoamento superficial, levando a aumentos de vazão no curso d'água. Também ligada aos processos de uso da terra, e que representam a produção do espaço urbano em Resende, observa-se a ampliação da ocupação humana na planície de inundação, especialmente nas margens do rio, que deveriam estar protegidas.

O crescimento quantitativo da ocupação urbana vem ocorrendo com a substituição de áreas de florestas, mas também é importante do ponto de vista qualitativo, pois o crescente fluxo urbano tem ocorrido especificamente em Resende, ao longo do curso do Rio Sesmária, em suas áreas marginais de APP. Obviamente que essa situação tem colocado maior número de pessoas em contato direto com os eventuais transbordamentos do rio, ou seja, tem-se aumentado a exposição dos moradores às inundações.

Dessa situação deriva um importante questionamento. Estariam as inundações do Rio Sesmária ficando mais intensas ou, em virtude da localização da população, seus efeitos têm se feito sentir por um número maior de pessoas?

O fato é que, embora se reconheça que as inundações sejam eventos naturais e antigos, torna-se difícil aceitar que seus efeitos ainda causem tantos prejuízos. Também é difícil entender a sequência viciosa que se estabelece na maioria das cidades brasileiras: a demanda de novas áreas para ocupação humana tem sido suprida por locais que não deveriam ter ocupação. Assim, mesmo com um corpo de conhecimento técnico bastante desenvolvido e com muitas legislações disciplinadoras das áreas de proteção, muitos homens e mulheres têm se colocado em situação de crescente vulnerabilidade aos efeitos das inundações nas áreas urbanas.

## REFERÊNCIAS

ABDALAD, M. A. **Respostas Hidrológicas do Rio Sesmária, Médio Vale Do Rio Paraíba Do Sul: Subsídios às transformações induzidas pelo plantio de Eucalipto**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011 (Dissertação de Mestrado em Geografia).

BOPP, I. **Resende: Cem Anos de Cidade**. Resende: Gráfica Sangirard, 1976.

CAMPOS, R. P. **Proposta Metodológica e Análise de Viabilidade Econômica de Programa de Pagamento por Serviços Ambientais em Bacias Hidrográficas para Controle de Inundações**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2017 (Tese de Doutorado em Engenharia Civil).

CRESCENTE FÉRTIL. **Recuperação Ambiental da Sub-bacia do Rio Sesmária**. Diagnóstico Físico e Socioambiental e Implantação de Unidades Demonstrativas. Projeto Rio Sesmária. Relatório Final. Resende/RJ: Crescente Fértil, 2013.

DANTAS, M. E. **Controles naturais e antropogênicos da estocagem diferencial de sedimentos fluviais**: Bacia do Rio Bananal (SP/RJ), médio vale do Rio Paraíba do Sul. Rio de Janeiro: UFRJ, 1995 (Dissertação de Mestrado em Geografia).

FREITAS JUNIOR, G.; MARSON, A. A.; SOLERA, D. A. G. Os Eucaliptos no Vale do Paraíba Paulista: Aspectos Geográficos e Históricos. In: **Revista Geonorte**. Ed. Especial, Vol.1, nº4, 2012, p.221-237.

JACOB, A. C. P. **Requalificação fluvial como instrumento de minimização do risco de inundações**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2013 (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil).

MAGALHÃES, L. M. S. A reestruturação urbana em Resende-RJ e a autosegregação socioespacial. In: **Espaço Aberto**, Vol. 7, nº 2, 2017, p. 79-97.

MELLO-FILHO, J. A.; ROCHA, J. S. M. da. Planejamento do uso da terra da sub-bacia do Rio Sesmaria, em Resende, RJ. In: **Revista Geografia Ensino e Pesquisa**. Santa Maria/RS, nº 6-7, set./1994, p. 93-108.

SATO, A. M. **Influência do Manejo de plantios de Eucalipto na Hidrologia e erosão**: Bacia do Rio Sesmaria, Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. Rio de Janeiro: UFRJ, 2012 (Tese de Doutorado em Geografia).

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

**Luana Kívia Lima de Paiva**

Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão

Delmiro Gouveia – Alagoas

**Lucas Araújo Rodrigues da Silva**

Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão

Delmiro Gouveia – Alagoas

**Thiago Alberto da Silva Pereira**

Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão

Delmiro Gouveia – Alagoas

**RESUMO:** As características morfométricas são parâmetros que determinam o comportamento de uma bacia hidrográfica relacionados à dinâmica ambiental local e regional. São de suma importância na prevenção de desastres naturais, especialmente em tempos de crise, visto que, períodos de seca ou enchente afetam diretamente a economia. Dito isso, este trabalho tem por objetivo a caracterização morfométrica da sub-bacia do Riacho do Sertão, na região hidrográfica do rio Traipu, localizada no município alagoano de Major Isidoro, inserido no clima semiárido. Com o auxílio da plataforma ArcGIS foram determinadas as características geométricas, de relevo e da rede de drenagem e notou-se que se trata de uma bacia alongada, com baixa susceptibilidade a enchentes, cujo

terreno pode ser caracterizado como plano e que apresenta baixa densidade de drenagem. Os resultados obtidos são fundamentais para o subsídio de planejamento sobre ações preventivas e gerenciamento dos recursos hídricos na região de Major Isidoro, evitando a necessidade de ações emergenciais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geoprocessamento. SIG. Hidrologia.

### HYDROMORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE WATERSHED OF THE RIACHO DO SERTÃO RIVER IN THE BASIN OF TRAIPU RIVER

**ABSTRACT:** The morphometric characteristics are parameters that determine the behavior of a watershed related to local environmental and regional dynamics. They are very important in the prevention of natural disasters, especially in times of crisis, given that periods of drought or flood directly affect the economy. Therefore, this work aims to perform a morphometric characterization of the basin of Riacho do Sertão, located in the basin of Traipu river, in the Major Isidoro town, inserted in the semi-arid climate. The geometric, topographical and drainage characteristics were determined using the ArcGIS platform and the results have showed that the watershed has a elongated shape with low susceptibility to floods, and its terrain can be characterized as flat and having low drainage density. The results are crucial to planning allowance on preventive actions and

management of water resources in the region of Major Isidoro, avoiding the necessity of emergency actions.

**KEYWORDS:** Geoprocessing. GIS. Hydrology.

## 1 | INTRODUÇÃO

Segundo Pinto *et. al* (1976), bacia hidrográfica de uma seção de um curso de água é a área geográfica coletora de água de chuva que, escoando pela superfície do solo, atinge a seção considerada. Dessa forma, também é possível definir bacia hidrográfica como uma área de formação natural drenada por um ou mais cursos d'água em que toda a vazão é descarregada por uma saída, conhecida como exutório.

Nota-se que com o passar dos anos, a atenção voltada para a forma como a natureza se comporta frente às atividades antrópicas ou eventos naturais, vem se intensificando generosamente, tornando imprescindível o entendimento das características morfométricas e climáticas. Desta forma, os estudos e a compreensão acerca das características e do comportamento de uma bacia contribuem para uma melhor utilização dos recursos hídricos disponíveis e, conseqüentemente, para sua preservação. Tais estudos são realizados através do sensoriamento remoto, onde há integração de informações de relevo em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG).

De acordo com Xaud e Epiphanyo (2015), o Sensoriamento Remoto e as ferramentas que utilizam análise de dados apresentam potencial elevado na quantificação e qualificação do uso do solo e cobertura vegetal. Segundo Carelli (2011), os resultados dessas caracterizações permitem um conhecimento amplo do ambiente em questão, além de embasar ações que tenham rebatimento social, tendo impacto direto na melhoria da qualidade de vida da população residente na área estudada.

Nesse contexto, o presente estudo tem por objetivo, através do processamento informatizado de dados georreferenciados, a obtenção das características morfométricas da sub-bacia do Riacho do Sertão, pertencente à bacia do rio Traipu, localizada no município alagoano de Major Isidoro.

Os resultados obtidos possuem ampla importância em questões como planejamento urbano e gerenciamento de recursos hídricos, visto que, como mencionado anteriormente, a região hidrográfica analisada neste trabalho está situada na mesorregião do sertão alagoano, estado que de 2013 a 2016, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE), foi o 6º a registrar maior proporção de municípios atingidos pela seca (77,5%). Somado a isso, apenas 22,5% desses municípios possuem plano de prevenção à seca, o que reforça ainda mais a importância de um estudo na área de monitoramento de recursos hídricos, evitando prejuízos em setores como agricultura e pecuária.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Com o auxílio da plataforma ArcGIS 10.2.2, foi delimitada a sub-bacia analisada, obtendo a correspondente rede de drenagem e informações necessárias para o cálculo dos parâmetros morfométricos.

Inicialmente, foi identificada a bacia hidrográfica na qual a cidade de Major Isidoro está situada, pertencente ao rio Traipu. A seguir, utilizando imagens de satélite com resolução de 90 m, disponíveis no site da Embrapa Monitoramento por Satélite, baseadas em dados do projeto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), foi possível obter a variação altimétrica ao longo de toda a bacia estudada.

A partir desses dados, obteve-se a rede de drenagem para a bacia do rio Traipu e delimitou-se a sub-bacia a ser analisada, de forma que esta englobasse a cidade de Major Isidoro, conforme Figura 1. O rio principal da sub-bacia, conforme dados do IBGE (2018), corresponde ao Riacho do Sertão. Por fim, foram obtidas as propriedades morfométricas da sub-bacia, a partir das quais foi possível realizar a caracterização desejada.

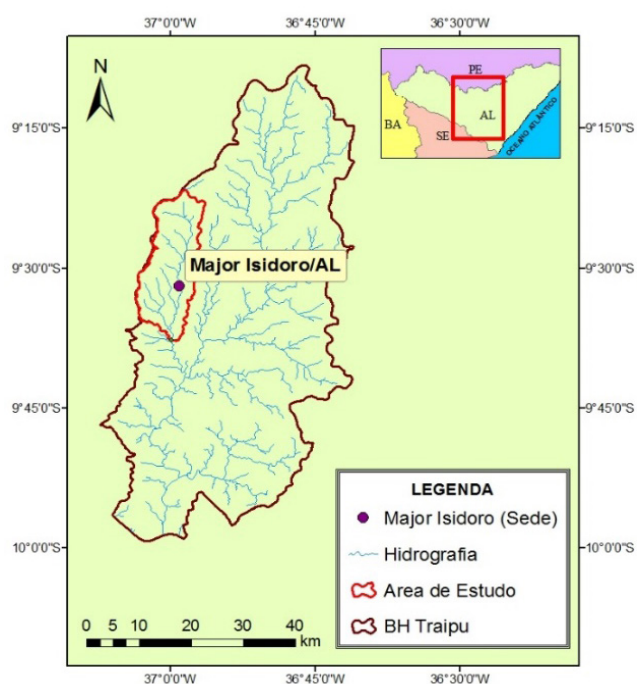


Figura 1 - Definição da área de estudo e da rede de drenagem.

Fonte: Elaborada pelos autores.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes ao cálculo dos parâmetros geométricos da sub-bacia do Riacho do Sertão são apresentados na Tabela 1.

Área da bacia (A)	Perímetro (P)	Comprimento da Bacia (L)	Coefficiente de compacidade (I)	Índice de circularidade	Fator de Forma (Kf)
235,68 Km <sup>2</sup>	82,94 Km	29,76 Km	1,513	0,43	0,266

Tabela 1 - Características geométricas da sub-bacia.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Conforme observa-se na Tabela 1, a sub-bacia apresenta irregularidade em sua forma devido ao baixo índice de circularidade (0,43) e ao índice de compacidade maior que um. Desta forma, é possível concluir que se trata de uma sub-bacia alongada e com baixa susceptibilidade de enchentes. Além disso, o baixo valor para o fator de forma (0,266) confirma a observação feita.

A seguir, apresentam-se as características de relevo e da rede de drenagem obtidas.

<b>Comprimento do rio principal (<math>L_p</math>)</b>	32,57 Km
<b>Comprimento reto do rio principal (<math>e_v</math>)</b>	27,39 Km
<b>Comprimento total dos rios (<math>L_T</math>)</b>	86,97 Km
<b>Densidade de drenagem (<math>D_d</math>)</b>	0,37
<b>Índice de sinuosidade (<math>I_s</math>)</b>	15,92%
<b>Altitude mínima (<math>H_{min}</math>)</b>	164 m
<b>Altitude média (<math>H_{med}</math>)</b>	233,13 m
<b>Altitude máxima (<math>H_{max}</math>)</b>	569 m
<b>Amplitude altimétrica (<math>\Delta_H</math>)</b>	405 m
<b>Declividade mínima (<math>S_{min}</math>)</b>	0 %
<b>Declividade média (<math>S_{med}</math>)</b>	3,81%
<b>Declividade máxima (<math>S_{max}</math>)</b>	47,45%

Tabela 2 - Características do relevo e da rede de drenagem.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Como a densidade de drenagem obtida (0,37 km<sup>-1</sup>) é inferior a 0,5 km<sup>-1</sup>, tem-se que a mesma pode ser classificada como baixa. De acordo com Tonello (2005), baixas densidades de drenagem estão associadas a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pequena concentração de precipitação, o que condiz com as condições da região sertaneja, na qual situa-se Major Isidoro.

Observando os valores obtidos para a declividade na Figura 2, tem-se que, para as declividades calculadas, o relevo da região pode ser classificado como suave ondulado, uma vez que a declividade média está acima de 3%.

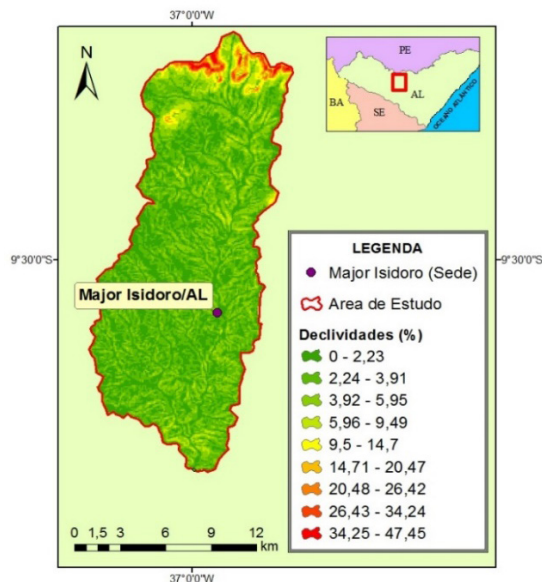


Figura 2 - Declividades da sub-bacia analisada.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Quanto ao índice de sinuosidade, de acordo com a Tabela 2, o rio principal da sub-bacia (Riacho do Sertão) é da classe I, se tratando de um rio muito reto, uma vez que o valor do índice de sinuosidade calculado (15,92%) é inferior a 20%.

As ordens dos canais de drenagem podem ser visualizadas na Figura 3. O sistema de drenagem, segundo a hierarquia de Strahler, possui grau de ramificação de terceira ordem. Conforme Tonello (2005), ordens inferiores ou iguais a quatro são comuns em pequenas bacias hidrográficas.

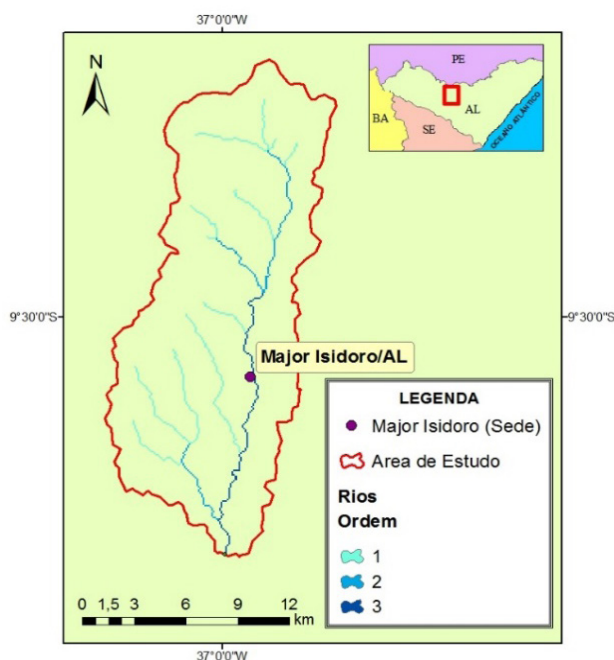


Figura 3 - Ordem dos cursos d'água da sub-bacia.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Por fim, na Figura 4 é apresentada a hipsometria para a sub-bacia do Riacho do Sertão. Observa-se que na maior parte da área são predominantes altitudes médias e mínimas, estando as altitudes máximas localizadas na extremidade ao norte.

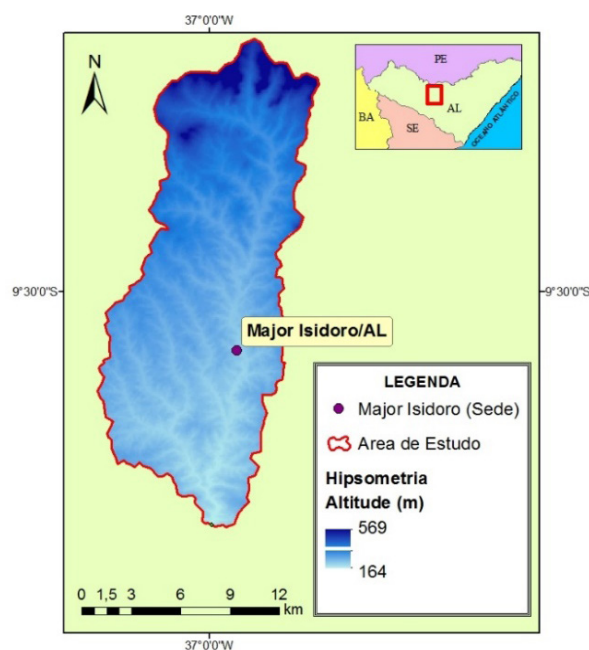


Figura 4 – Hipsometria.

Fonte: Elaborada pelos autores.

## 4 | CONCLUSÕES

1. A sub-bacia do Riacho do Sertão possui baixa susceptibilidade de ocorrência de enchentes, forma alongada e um relevo que pode ser caracterizado como suave ondulado;

2. A drenagem da bacia é baixa, estando possivelmente associada ao tipo de solo e à baixa intensidade das chuvas. Além disso, o sistema de drenagem, conforme apresentado, possui baixo grau de ramificação (terceira ordem) e o rio principal da sub-bacia pode ser caracterizado como muito reto, devido ao baixo índice de sinuosidade;

3. Nota-se que com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento foi possível realizar a caracterização hidromorfométrica da sub-bacia do Riacho do Sertão, situada na cidade de Major Isidoro, obtendo informações que poderão ser utilizadas como base para o planejamento e adequado gerenciamento dos recursos hídricos na região, garantindo maior eficiência nas possíveis ações realizadas.

## REFERÊNCIAS

Brasil em Relevo. Disponível em: < <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/conteudo/resumo.htm>>. Acesso em: 30 de Agosto de 2018.



CARELLI, L.; LOPES, P. P. **Caracterização fisiográfica da bacia Olhos D'água em Feira de Santana/BA: Geoprocessamento aplicado à análise ambiental.** Boletim Goiano de Geografia. Goiânia, v. 31, n. 2, pp. 43-54, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **IBGE Cidades.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acessado em: 30 de Agosto de 2018.

PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia Básica.** 1.ed. São Paulo - SP, Editora Edgard Blücher, 1976. 304 p.

TONELLO, K.C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanães, MG.** Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

XAUD, M. R.; EPIPHANIO, J.C. N. **Análise da dinâmica das conversões de uso e cobertura da terra na região sudeste de Roraima – Amazônia.** Revista Agro@mbiente On-line, v. 9, n. 4, p. 465-475, 2015.

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

**Ana Beatriz Nunes Oliveira**

Faculdade Paraíso do Ceará  
Juazeiro do Norte – Ceará

**Diego Arrais Rolim Andrade de Alencar**

Faculdade Paraíso do Ceará  
Juazeiro do Norte – Ceará

**Edson Paulino de Alcântara**

Faculdade Paraíso do Ceará  
Juazeiro do Norte – Ceará

**Thamires Figueira da Penha Lima  
Gonçalves**

Faculdade Paraíso do Ceará  
Juazeiro do Norte – Ceará

**Sávio de Brito Fontenele**

Faculdade Paraíso do Ceará  
Juazeiro do Norte – Ceará

**RESUMO:** O objetivo desse trabalho foi estudar os parâmetros morfométricos de 14 sub-bacias, localizadas na Região Metropolitana do Cariri, no estado brasileiro do Ceará. As informações geradas para o estudo foram obtidas pelo Modelo Digital de Elevação (MDE) TOPODATA, e processadas pela ferramenta ArcHydro, do software ArcGis®. De maneira geral, constatou-se que as bacias dessa região possuem uma forma alongada, comprovada pelo fator de forma e índice de compactidade, corroborando também com o índice de circularidade das bacias. O grupo de bacias classificado com

um relevo suavemente-ondulado terá menores velocidades de escoamento e possivelmente uma maior infiltração, dependendo do tipo de solo, e menor propensão a enchentes, quando comparadas ao segundo grupo (relevo ondulado). Em termos da rede de drenagem, as bacias possuem um sistema pouco desenvolvido com uma rede de canais pouco ramificada, resultando em uma melhor infiltração de água no solo, abastecendo os lençóis freáticos da região. Fato comprovado pela densidade de drenagem e razão de bifurcação. Os resultados apontam que as políticas públicas e ferramentas de gestão de recurso hídricos podem ser utilizadas de maneira uniforme para área, visto que as microbacias hidrográficas tendem a um padrão hidrológico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema de Informação Geográfica. Bacia Sedimentar do Araripe. Bacia do Salgado.

### MORPHOMETRIC ANALYSIS OF HYDROGRAPHIC BACIES OF THE METROPOLITAN REGION OF CARIRI – CEARÁ

**ABSTRACT:** The aim of this paper was to analyze the morphometric parameters of 14 watersheds located in the Metropolitan Region of Cariri, Ceará. The information generated for the study was obtained through the Digital Elevation Model (MDE) TOPODATA and processed by ArcHydro tool, ArcGis® software. In general, it

was verified that the watersheds of this region have an elongated shape, determined by the forming factor and the compactness index. Slope gradients relief in wavy and smooth-wavy. The group of basins classified with a soft-wavy relief will have lower flow velocities and possibly a higher infiltration, depending on the type of soil, and less propensity to flood, when compared to the second group (wavy relief). In terms of the drainage network, the basins have an underdeveloped system with a network of little branched channels, resulting in a better infiltration of water into the soil, supplying the water tables of the region. Evidence proven by drainage density and bifurcation ratio. The results indicate that public policies and water resources management tools can be used in a uniform way for the area, since the watersheds tend to have a hydrological pattern.

## 1 | INTRODUÇÃO

Hidrologicamente, uma bacia hidrográfica é entendida como uma área topograficamente definida, drenada por um sistema de cursos d'água conectados, onde toda a vazão gerada internamente é descarregada em uma saída única, chamada de exutório (TUCCI, 2009).

Delimitar a bacia é o primeiro procedimento a ser executado em análises hidrológicas devido a relevância da definição dessa unidade geográfica na compreensão da dinâmica das águas que permeiam à bacia oriundas de precipitação. Para isso, tem sido comum a utilização de informações de cartas altimétricas, o que compromete a confiabilidade e a reprodução dos resultados devido à carga de subjetividade inerente aos métodos manuais (CARDOSO et al., 2006). Com o advento e a consolidação dos Sistemas de Informações Geográficas - SIGs e, conseqüentemente, o surgimento de formas digitais consistentes de representação do relevo, como os Modelos Digitais de Elevação – MDEs, métodos automatizados têm sido desenvolvidos (GARBRECHT e MARTZ, 1999). Estes deram maior confiabilidade ao procedimento de delimitação de bacias hidrográficas.

O comportamento hidrológico natural da bacia hidrográfica é função de suas características morfométricas (forma, relevo, rede de drenagem, entre outros). Além das considerações da morfometria, deve-se levar em consideração também a relação e a influência do tipo de solo e o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica (CALIL, 2012). A combinação dessas características permite a diferenciação entre bacias, podendo revelar indicadores locais específicos, de forma a qualificar as alterações ambientais (ANTONELLI e THOMAZ, 2007).

A mensuração e a análise morfométrica da superfície terrestre são usadas nas estimativas das características de sua paisagem (SUCUPIRA *et al.*, 2006). Essa caracterização serve como indicador para a previsão de enchentes, inundações e processos erosivos que podem ocorrer na bacia (VILLELA e MATTOS, 1975; ARAGÃO *et al.*, 2010). Quando esses eventos ocorrem, a sociedade é a maior prejudicada.

Portanto, o conhecimento dessas características pode subsidiar a mitigação dessa situação problema (ANTONELLI *et al.*, 2016).

A Região Metropolitana do Cariri – RMC, localizada na região Sul do Ceará, possui uma porção inserida na bacia sedimentar do Araripe, que relaciona o elevado potencial hídrico subterrâneo e o relevo diferenciado, devido a chapada do Araripe, além da ocupação acelerada e desordenada de suas principais cidades (Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha). Essa região deve ser analisada no contexto hidrológico, no intuito de promover a sustentabilidade dos recursos hídricos subterrâneos, extremamente importantes no contexto regional.

Diante do exposto, este estudo tem o objetivo de obter e analisar os parâmetros morfométricos de 14 microbacias, compreendidas entre a RMC e a bacia sedimentar do Araripe, para a verificação da relação entre suas características físicas e à propensão da ocorrência eventos extremos.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

A RMC localiza-se no Estado do Ceará – Brasil (Figura 1c). Surgiu a partir da conurbação entre os municípios de Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha, mas também é composta pelos municípios de Caririáçu, Farias Brito, Jardim, Missão Velha, Nova Olinda e Santana do Cariri. Essa região compreende uma área de 5.460 km<sup>2</sup> e tem uma população estimada em 600 mil habitantes (BRASIL, 2010). Como objeto de estudo tem-se a porção da subbacia hidrográfica do Salgado, onde se intersecciona com a RMC e a bacia sedimentar do Araripe (Figura 1b).

A bacia do rio Salgado drena uma área de 13.450,94 km<sup>2</sup>, equivalente a 9% do território cearense. Possui uma extensão de 308 km com suas nascentes na chapada do Araripe. Seus terrenos são formados 85% de rochas cristalinas e 15% de rochas sedimentares, estando os melhores aquíferos localizados na bacia sedimentar do Araripe (RIBEIRO, 2009).

A área definida para esse estudo diz respeito a interseção entre RMC, bacia sedimentar do Araripe e bacia do Salgado, definindo a região de maior ocupação humana e maior potencial hidrogeológicos (Figura1).

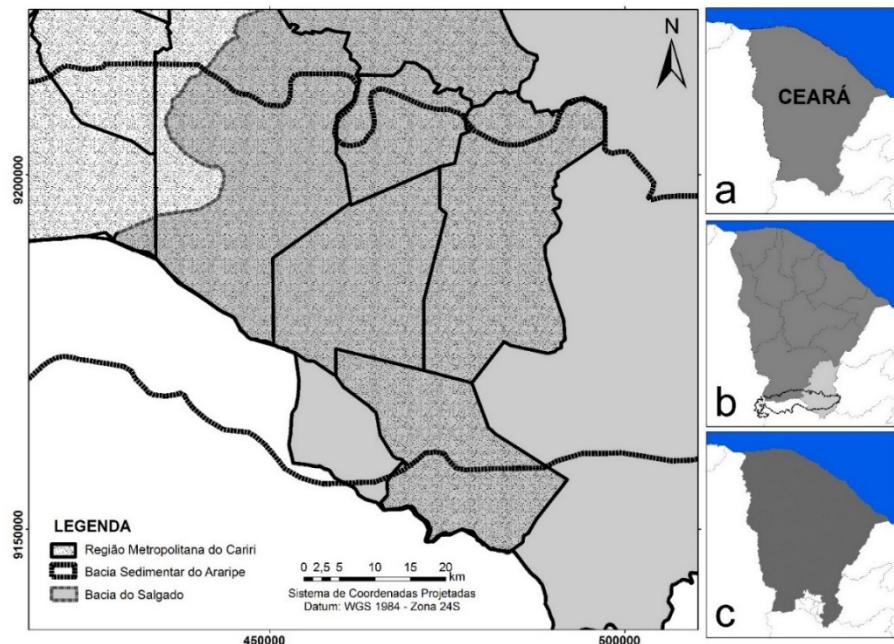


Figura 1. Localização da área de estudo.

## 2.2 Delimitação de bacias hidrográficas e análise morfométrica usando Sistema de Informação Geográfica

A delimitação automática das bacias hidrográficas foi realizada através da determinação das direções de fluxo e geração de rede de drenagem. Utilizando o banco de dados altimétrico TOPODATA (<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>), com resolução espacial de 30m, associados a processamentos realizados com a ferramenta ArcHydro (<https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/water/arc-hydro-tools-version-2-0-are-now-available/>) do ArcGis®. De acordo com Esri (2010), a utilização de modelos digitais de elevação hidrograficamente condicionados – MDEHC, por intermédio do uso do SIG, é fundamental para obtenção das características morfométricas em estudo citadas abaixo.

### 2.2.1 Características Geométricas

- **Área de Drenagem (A):** é a área plana (projetada sobre o plano horizontal) delimitada pelos seus divisores topográficos, sendo um dado fundamental para a definição de outras características físicas da bacia. É expressa em km<sup>2</sup> e normalmente é determinada em mapas topográficos (VILLELA e MATOS 1975), mas podem ser determinadas de forma automática em um SIG, como realizado neste estudo.
- **Perímetro (P):** comprimento da linha ao longo dos divisores topográficos da bacia (TONELLO, 2005).
- **Coeficiente de Compacidade (Kc):** relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia (Equação 1). Esse

coeficiente é um número adimensional, que varia com a forma da bacia independente do seu tamanho, assim quanto mais irregular ela for, maior será o coeficiente de compactidade, ou seja, quanto mais próxima da unidade, mais circular será a bacia e será mais sujeita a enchentes (VILLELA e MATTOS, 1975).

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

Conforme Silva e Mello (2008), pode-se classificar bacias hidrográficas em função do valor de Kc da seguinte forma:

- $1,00 \leq Kc < 1,25$ : bacia com alta propensão a grandes enchentes;
- $1,25 \leq Kc < 1,50$ : bacia com tendência mediana a grandes enchentes;
- $Kc \geq 1,50$ : bacia não sujeita a grandes enchentes.
- **Fator de forma (F)**: Relaciona a forma da bacia com a de um retângulo (Equação 2), correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (maior distância entre a desembocadura e a cabaceira mais distante).

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

Onde L é o comprimento axial, em km.

Segundo Silva e Mello (2008), “F” pode assumir os seguintes valores:

- $1,00 - 0,75$ : bacia sujeita a enchentes;
- $0,75 - 0,50$ : bacia com tendência mediana;
- $< 0,50$ : bacia não sujeita a enchentes.
- **Índice de circularidade (IC)**: indica a forma da bacia e foi proposto por Miller em 1953 (citado por CHRISTOFOLETTI, 1974), onde quanto mais perto de 1,0 mais próxima da forma circular e mais propensa a enchentes será a bacia hidrográfica.

Conforme Schumm (1956), bacias que apresentam índices de circularidade superiores à 0,51 indicam que a bacia tende a forma circular, favorecendo os processos de inundação (cheias rápidas) já os valores inferiores à 0,51 indicam que a bacia tende a forma mais alongada, o que favorece o processo de escoamento, diminuindo a probabilidade de ocorrência de enchentes.

$$F = 12,57 \frac{A}{P^2} \quad (3)$$

### 2.2.2 Características de Relevô

- **Declividade da bacia**: Fator que influencia a velocidade de escoamento da

água sobre o solo e interfere na capacidade de armazenamento de água neste. Quanto mais declivosas as bacias, maior capacidade de escoamento superficial. Quanto maior a declividade de uma bacia, mais suscetível esta será à ocorrência de erosões (PRUSKI, 2006).

A declividade de uma bacia hidrográfica pode ser encontrada de forma automatizada, utilizando dados SRTM processados em softwares como o ArcGis. Essa forma de determinação da declividade permite evidenciar melhor a distribuição das inclinações de uma superfície do terreno ao longo de toda a bacia. Pode ser classificada de acordo com o Quadro 1.

Declividade (%)	Relevo
0 – 3	Plano
3 – 8	Suave-ondulado
8 – 20	Ondulado
20 – 45	Forte-ondulado
45 – 75	Montanhoso
>75	Forte-montanhoso

**Quadro 1** – Classificação da declividade segundo a Embrapa (1979)

- **Amplitude Altimétrica (Hm):** variação entre a altitude máxima e a altitude mínima da bacia. Define, em parte, a velocidade de escoamento. Quanto maiores forem os valores, mais rápido é o escoamento, reduzindo o acúmulo de água na bacia. Geralmente, quando existe elevada amplitude altimétrica, o declive é mais acentuado, a infiltração tende a diminuir e a velocidade de escoamento a aumentar. Por outro lado, esse fluxo em alta velocidade pode incrementar o efeito das enchentes a jusante da bacia, em setores mais baixos e planos (CHRISTOFOLETTI, 1981).
- **Relação do Relevo:** Esse verifica que quanto mais elevado o seu valor maior é sua amplitude altimétrica ao longo do canal principal da bacia, nesse caso quanto menor o valor maior a suscetibilidade de enchentes.

$$Rr = \frac{Hm}{L} \quad (4)$$

### 2.2.3 Características de drenagem

- **Ordem dos cursos d'água:** reflete o grau de ramificação ou bifurcação da rede de drenagem da bacia, indicando a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, sendo fator indicativo de sua propensão à ocorrência de cheias.
- **Comprimento do rio principal (L):** parâmetro que mede a extensão do rio principal de sua nascente até o exutório da bacia em km.

- **Densidade de drenagem (Dd):** proposta por Horton (1932). Aponta o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, indicando sua eficiência.

$$Dd = \frac{L_{total}}{A} \quad (5)$$

Onde,  $L_{total}$  é o somatório dos comprimentos de todos os canais de rede, em km.

De acordo com Villela e Mattos (1975), uma bacia será pobremente drenada se o índice densidade de drenagem for menor que 0,5 km/km<sup>2</sup>; caso esse índice esteja entre 0,5 e 3,0 km/km<sup>2</sup>, a bacia será medianamente drenada; e se o valor do índice for maior que 3,0 km/km<sup>2</sup>, a bacia é classificada como ricamente drenada.

- **Índice de Sinuosidade:** É a relação entre o comprimento do canal e o seu comprimento vetorial, ambos em km. Quanto maior o índice, menor a velocidade do escoamento e, conseqüentemente, menor a suscetibilidade a enchentes da bacia (maior retenção de água no interior da bacia). Utiliza-se a seguinte relação para encontrar esse parâmetro:

$$S_{in} = \frac{L_{rp}}{L_{tal}} \quad (6)$$

- **Razão de bifurcação (Rb):** Calculada pela relação entre o número de canais de determinada ordem e de ordem superior. Quanto maior o valor da razão de bifurcação, maior será a tendência para picos de cheia na bacia, pois várias ramificações irão direcionar a água para um ponto comum. (HORTON, 1945) considerou a taxa de bifurcação como um índice de alívio e dissecações.

Além dos fatores físicos, existe a influência de outros fatores ambientais como uso e ocupação do solo, tipo de solo, área de zona urbana (impermeabilizada), que podem mudar o comportamento esperado da dinâmica da água dentro de uma bacia.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta as microbacias estudadas com suas características de localização, altimetria e drenagem.



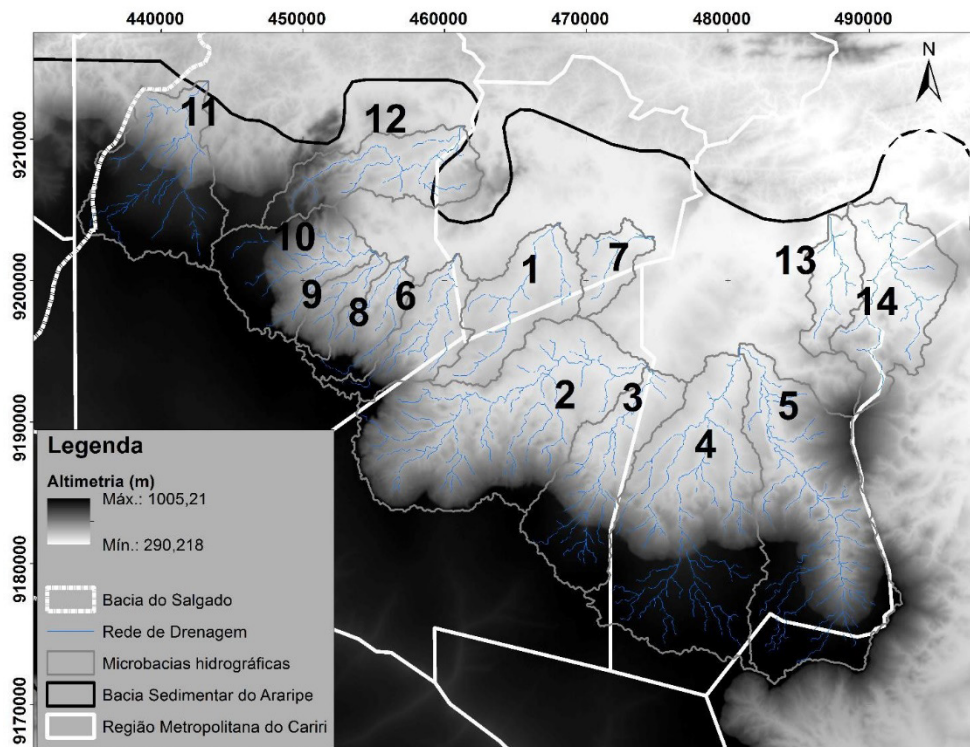


Figura 2. Bacias delimitadas no interior da área de estudo.

As características geométricas (Tabela 1) são importantes para definir sua potencialidade hídrica. Analisando o coeficiente de compacidade, pode-se dizer que as bacias, em média, não possuem tendência a grandes enchentes, corroborando com o fator de forma, onde os valores são inferiores a 0,5 e o índice de circularidade, com valores inferiores a 0,51, o que corroboram que as bacias deste grupo possuem um formato alongado, comprovando que não são sujeitas à grandes cheias. As bacias 2, 7, 10 e 11 possuem comportamento diferente do restante das bacias, com coeficiente de compacidade entre 1,25 e 1,5, mostrando que há uma tendência média à grandes enchentes. Apesar da área ser um fator de elevação na captação de águas pela bacia, ela não necessariamente representa uma maior tendência a enchentes.

Segundo Villela e Mattos (1975), as bacias alongadas possuem menor concentração do deflúvio. Considerando esse aspecto, as microbacias analisadas possuem menor risco a inundações. A média de fator de forma (0,32), coeficiente de compacidade (1,58) e índice de circularidade (0,40) indicam que as bacias, no geral não são propensas a grandes enchentes. O desvio padrão pouco disperso ratifica o resultado.

Bacia	Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	Perímetro (km)	Coeficiente de Compacidade	Fator de forma	Índice de circularidade
1	56,8	43,45	1,61	0,28	0,38
2	166,91	67,05	1,45	0,35	0,47
3	75,53	48,14	1,55	0,28	0,41
4	175,47	73,15	1,55	0,37	0,41
5	164,44	70,58	1,54	0,30	0,41

6	41,64	41,76	1,81	0,27	0,30
7	20,98	24,42	1,49	0,35	0,44
8	29,88	33,25	1,70	0,26	0,34
9	18,45	24,65	1,61	0,25	0,38
10	62,02	39,08	1,39	0,45	0,51
11	86,83	49,62	1,49	0,45	0,44
12	59,49	45,69	1,66	0,23	0,36
13	27,58	30,04	1,60	0,29	0,38
14	72,14	49,01	1,62	0,31	0,38

Tabela 1. Características Geométricas das bacias estudadas

Ao analisar as características de relevo (Tabela 2) observa-se que as bacias estudadas se dividem em dois grupos distintos de declividade. O primeiro grupo (bacias 1, 3, 4, 6, 7, 11, 13 e 14) classifica-se como de relevo "Suave-Ondulado". O segundo grupo (bacias 2, 5, 8, 9, 10 e 12), de valores mais elevados, é definido como de relevo "Ondulado". (EMPRAPA, 2009).

O grupo de bacias classificado com relevo suave-ondulado terá menores velocidades de escoamento e uma maior infiltração, dependendo do tipo de solo, e menor propensão a enchentes, quando comparadas ao segundo grupo (relevo ondulado). Maiores declividades tendem a elevar a velocidade de escoamento, propiciando enchentes e menor infiltração. Lima Neto, *et al.* (2008).

Bacia	Declividade da bacia	Altitude Máxima (m)	Altitude mínima (m)	Amplitude Altimétrica (m)	Relação relevo
1	4,64	540,74	362,61	178,12	12,50
2	10,54	962,86	368,70	594,16	27,35
3	7,13	967,02	370,64	596,38	36,02
4	6,64	993,72	361,20	632,51	28,90
5	10,01	1005,21	360,81	644,41	27,31
6	7,80	957,31	384,58	572,73	46,12
7	3,98	463,16	349,91	113,25	14,60
8	11,08	964,25	398,39	565,86	52,53
9	11,40	964,32	407,85	556,47	64,81
10	10,90	965,05	408,04	557,00	47,69
11	6,08	956,41	441,64	514,77	37,08
12	10,65	899,63	384,03	515,60	32,18
13	6,53	558,48	317,43	241,06	24,58
14	7,29	903,88	308,09	595,79	39,21

Tabela 2. Características de Relevo das bacias estudadas

Como característica de drenagem (Tabela 3), a hierarquia fluvial das microbacias, segundo o método de Strahler (1952), foi definida em sua maioria como de ordem 3. Essa hierarquização é realizada com a intenção de facilitar e tornar mais objetivo o estudo morfométrico sobre as bacias hidrográficas. (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A densidade de drenagem é um fator importante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia, o que auxilia no manejo e na gestão de bacias hidrográficas. Cardoso *et al.* (2006). Os resultados indicam que as bacias em estudo apresentam uma densidade de drenagem baixa, ou seja, com sistema de drenagem pouco desenvolvido. Silva (2011); Umetsu (2012). O valor médio da densidade de drenagem ( $0,77 \text{ km/km}^2$ ) junto ao baixo desvio padrão ( $0,08$ ), indicando um baixo grau de dispersão deste parâmetro. A ausência de uma densidade de drenagem que contribua para uma rápida saída da água precipitada contribui para a infiltração da água no solo e a menor propensão a picos de vazão, aumentando a recarga dos lençóis freáticos e diminuindo o risco de extravasamento do canal.

Bacia	Ordem dos Cursos d'água	Comprimento do rio principal (km)	Densidade de drenagem (Dd)	Sinuosidade do Curso de Água	Razão de bifurcação	L (talvegue)
1	3	15,72	0,60	1,20	1,80	13,10
2	3	28,00	0,76	1,36	1,64	20,55
3	3	19,27	0,81	1,31	1,59	14,73
4	3	27,50	0,80	1,30	1,71	21,13
5	3	30,23	0,86	1,34	1,72	22,64
6	2	16,69	0,86	1,37	1,63	12,21
7	2	7,52	0,64	1,20	1,67	6,27
8	3	13,58	0,96	1,42	2,75	9,59
9	2	8,88	0,80	1,24	1,25	7,16
10	4	13,20	0,72	1,29	2,76	10,20
11	3	16,95	0,81	1,32	2,57	12,88
12	3	18,99	0,74	1,40	1,59	13,53
13	3	10,61	0,72	1,21	1,71	8,80
14	3	17,34	0,65	1,29	1,63	13,49

Tabela 3. Características de drenagem das bacias estudada

De acordo com a Tabela 3, o índice de sinuosidade indica que as bacias estudadas possuem rios mais retilíneos, pois índices de sinuosidade próximo a 1 indicam que os canais tendem a ser retilíneos. Segundo Antoneli e Thomaz (2007), esse tipo de canal favorece um maior transporte de sedimentos nas bacias. Essa capacidade de transportar sedimentos está diretamente relacionada à velocidade de escoamento que os rios retilíneos podem apresentar. Essa é a única característica que promove a elevação dos picos de cheia nas bacias em estudo.

#### 4 | CONCLUSÃO

Com base na análise morfométrica realizada, conclui-se que as bacias estudadas possuem, de forma geral, um formato alongado, sendo pouco propensas a enchentes. Os parâmetros referentes ao relevo e a drenagem das bacias corroboram com essa

definição. Contudo, para se ter uma melhor conclusão quanto a estes efeitos deve-se considerar tipo, uso e ocupação do solo na área.

Apesar da reduzida propensão a enchentes, rios retilíneos indicam bacias pouco ramificadas, concluindo-se que terão um escoamento superficial considerável. Além disso, a linearidade dos rios provoca a elevação da energia responsável pelo carregamento de materiais sólidos, oriundos de processos erosivos a montante.

Os resultados apontam que as políticas públicas e ferramentas de gestão de recurso hídricos podem ser utilizadas de maneira uniforme para área, visto que as microbacias hidrográficas tendem a um padrão hidrológico.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, N. L. R. et al. Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do Rio Manso – MT. **Geociências**. São Paulo, v. 27, n. 2, p. 237-248, 2008.

ANTONELI, V. et al. Suscetibilidade a enchentes a partir da análise de variáveis morfométricas, na bacia hidrográfica Rio Bonito em Irati-PR-Brasil. **Revista Equador**. Piauí, 2016.

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista - Guamiranga-PR. **Caminhos de Geografia**. ISSN 1678-6343, 2007.

BRASIL IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 23 de março de 2018.

CALIL, P. M. et al. Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, n.4, p.433 – 442, 2012.

CARDOSO, C. A. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Debossan. Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

CEARÁ. **Assembleia Legislativa. Caderno regional da sub-bacia do salgado/Conselho de altos estudos estratégicos**. INESP. Ceará, 2009.

COSTA, K. V. M. et al. **Análise morfométrica e ambiental da microbacia hidrográfica do São José – Crato/CE**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013.

ELESBON, A. et. al. Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfométrica da bacia hidrológica do Braço Norte do Rio São Mateus – Brasil. **Revista Escolar de Minas**. v. 64, n.3, p. 281-288, julho-setembro, 2011.

GARBRECHT, J.M.L.W. **Digital elevation model issues in water resources modeling**. ESRI, USERS CONFERENCE, 19, 1999, San Diego, 1999.

OLIVEIRA, F. R. et al. **Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Alegre, ES, Brasil**. Agropecuária científica do semiárido. Espírito Santo, 2017.

RACHEL R. S. et al. **Análise Morfométrica de Bacia Hidrográfica – Subsídio à Gestão Territorial Estudo de caso no Alto e Médio Mamanguape**. Embrapa Gestão Territorial Campinas. SP, ISSN 2317-8779, 2012.

RIBEIRO, A.J. A. et al. **Mapeamento geotécnico da região do cariri através de ensaios geotécnicos e do uso de ferramentas de Sistemas de informações geográficas e redes neurais artificiais para a aplicação em dimensionamento empírico e mecanístico-empírico de pavimentos.** IFCE: Ministério da Educação, 2016.

RIBEIRO, S. C. Caracterização geoambiental da sub-bacia do rio salgado na mesorregião sul cearense- parte 1- clima e Arcabouço Geológico. **Geoconexões.** v. 1. Ceará, ISSN 2359-6007, 2009.

SANTOS, A.M.et al. **Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão.** SP, Brasil, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012.

SCHMITT, A ; MOREIRA, C. R. **Manejo e gestão de bacia hidrográfica utilizando o software gratuito Quantum-GIS.** p. 125 – 137. ISSN 2175-2214, 2015.

TEIXEIRA, L. N. G. et al. Análise morfométrica e ambiental da microbacia hidrográfica do rio Granjeiro, Crato/CE. **Revista Escola Minas.** Vol. 61. Núm. 3. ISSN: 0370-4467, 2008.

TEODORO, V. L. I. et al. **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local.** 2007.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004. 943 p.

VILLELA, S. M.; MATTOS, Arthur. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: Mcgraw-hill, 1975.

WAIKAR, M.L.; NILAWAR, A. P. **Morphometric Analysis of a Drainage Basin Using Geographical Information System: A Case study.** International Journal of Multidisciplinary and Current Research. Research Article. ISSN: 2321-3124, 2014.

## 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**

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

### **Erik Sartori Jeunon Gontijo**

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Instituto de Ciência e Tecnologia  
Sorocaba – São Paulo

### **Igor Santos Silva**

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

### **Carlos Alexandre Borges Garcia**

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

### **José do Patrocínio Hora Alves**

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

**RESUMO:** Neste trabalho foram utilizadas a espectroscopia de fluorescência e as medidas do carbono orgânico dissolvido (COD) e absorvância no UV – Vis e a análise multivariada por meio de Kohonen para identificar as fontes da matéria orgânica dissolvida (MOD) nas águas das bacias hidrográficas dos rios Sergipe e São Francisco. Foram realizadas quatro campanhas de amostragem no período

de maio de 2009 a janeiro de 2010, e em cada campanha foram coletadas amostras de água em 10 sítios de amostragem distribuídos nos diferentes rios das bacias. As concentrações do COD variaram de 0,93 a 56,00 mg L<sup>-1</sup> e de 0,35 a 34,70 mg L<sup>-1</sup> para as amostras da bacia do rio São Francisco e rio Sergipe, respectivamente. Os espectros de fluorescência sincronizada mostraram a presença de quatro picos (I, II, III e IV), com intensidades variáveis em função da localização e do período de amostragem. Nos períodos secos verificou-se a presença predominante dos picos I e II, associados à matéria orgânica autóctone, produzida pela atividade algal e pelo aporte de fontes antropogênicas, respectivamente. Por outro lado, na presença das chuvas foi observado uma maior predominância da MOD de origem terrestre, lixiviada pelo maior escoamento superficial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água; Análise Multivariada, Carbono Orgânico Dissolvido.

### MOLECULAR FLUORESCENCE AND KOHONEN NEURAL NETWORK APPLIED FOR IDENTIFICATION OF DISSOLVED ORGANIC MATTER SOURCES ON SERGIPE RIVER AND SÃO FRANCISCO RIVER CATCHMENTS

**ABSTRACT:** The water collected from ten sampling sites in Sergipe River and São Francisco River catchments was analysed using

fluorescence spectroscopy, dissolved organic carbon (DOC), UV-Vis absorbance and Kohonen neural network for identification of dissolved organic matter (DOM) sources. The water samples were taken in the period from May 2009 to January 2010. The DOC concentrations showed the following variations: from 0.35 to 34.7 mg L<sup>-1</sup> in Sergipe River catchment; and 0.93 to 56.00 mg L<sup>-1</sup> in São Francisco River catchment. The synchronous fluorescence spectra presented four peaks (I, II, III and IV) with different intensities depending on the localisation and period of sampling. The highest fluorescence intensity occurred in peaks II and III, showing that the origin of DOM is predominantly terrestrial, probably from leaching of soils because of superficial runoff in raining periods. The peaks I and II were predominant in the dry periods because of autochthonous organic matter produced by algal activity and anthropogenic sources, respectively.

**KEYWORDS:** Water, Multivariate Analysis, Dissolved Organic Carbon

## 1 | INTRODUÇÃO

A origem, composição, concentração, fontes e a dinâmica da matéria orgânica dissolvida (MOD) têm atraído a atenção de diversos pesquisadores nas últimas décadas devido à sua ampla distribuição nos diversos compartimentos ambientais (lagos, rios, solos e oceanos) e por desempenhar um papel crítico no ciclo bioquímico do carbono global, na manutenção da cadeia alimentar aquática, na interação entre a hidrosfera, a biosfera e a atmosfera, além de influenciar o comportamento e destino de poluentes orgânicos e inorgânicos, alterando dessa forma, sua solubilidade, toxicidade, mobilidade, biodisponibilidade e destino final (HE *et al.*, 2016; MONTEIRO *et al.*, 2016; Xu *et al.* 2017; ARGUELHO *et al.* 2017).

A MOD é uma mistura complexa e heterogênea de compostos orgânicos com diferentes tamanhos moleculares, tipo proteínas, carboidratos e substâncias húmicas (fração predominante) que apresentam em sua estrutura aproximadamente 50% de carbono e proporções variáveis de heteroátomos como, oxigênio, nitrogênio, enxofre e fósforo (PERDUE e RITCHE, 2003; LI *et al.*, 2017). A composição e estrutura molecular dessa mistura reproduzem as características dos ecossistemas e variam significativamente em função de sua origem no meio ambiente (MONTEIRO *et al.*, 2016; ARGUELHO *et al.*, 2017; PAINTER *et al.*, 2018).

Nos ecossistemas aquáticos a MOD pode ter origem autóctone quando é produzida no próprio sistema aquático a partir da degradação de constituintes celulares dos organismos aquáticos nativos, ou alóctone, quando a MOD provém de aportes externos, podendo ter origem terrestre, formadas a partir da degradação de plantas e/ou animais e transportadas para os rios, lagos e oceanos por meio do escoamento superficial e dos processos de lixiviação e/ou erosão dos solos (HE *et al.*, 2016; PAINTER *et al.*, 2018) e origem antropogênica devido à diversificação das atividades humanas próximas aos recursos hídricos.

Sendo assim, mudanças mesmo que sutis no local de origem (clima regional, uso e ocupação da terra, hidrologia e vegetação) na sazonalidade e no tipo do solo, podem afetar a quantidade e a qualidade (composição elementar, propriedades ópticas e carga elétrica) da MOD (ROCHA e ROSA, 2003; LI *et al.* 2017; PAINTER *et al.*, 2018). Estudos recentes têm relatado variações no transporte de carbono e na produtividade aquática e evidenciado um aumento crescente e significativo da contribuição das fontes de origem terrestres de MOD para o ciclo global de carbono através dos ecossistemas aquáticos, devido às mudanças climáticas causadas por atividades antropogênicas (LI *et al.*, 2017; PAINTER *et al.*, 2018).

A MOD pode ser caracterizada através de suas propriedades ópticas e de seus componentes fluorescentes (“fluoróforos”) utilizando a espectroscopia de fluorescência (EF), técnica frequentemente utilizada para a discriminação de fontes da MOD e para acompanhar e compreender as suas transformações nos sistemas aquáticos (COSTA *et al.*, 2011; ARGUELHO *et al.*, 2017; LI *et al.*, 2017; XU *et al.*, 2017; PAINTER *et al.*, 2018). A EF é atrativa por apresentar as seguintes características: não destrutiva, detecção rápida, uso de pequenos volumes de amostras sem prévios tratamentos, maior sensibilidade em detrimento a UV-VIS, permite o agrupamento das frações da MOD em função de suas propriedades químicas e é economicamente acessível em comparação com outras técnicas (COBLE, 1996; VERA *et al.*, 2017; ARGUELHO *et al.*, 2017).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo investigar as possíveis fontes de matéria orgânica dissolvida presente nos rios das bacias hidrográficas do rio Sergipe (BHSE) e São Francisco (BHSF) através da quantificação do carbono orgânico dissolvido (COD) e medidas de fluorescência. A análise multivariada por meio da rede neural de Kohonen (Kohonen neural network), com o propósito de investigar as possíveis relações e semelhanças entre as amostras e variáveis estudadas. A rede neural (também conhecida como mapas auto organizáveis, selforganising maps - SOM) é uma técnica de inteligência artificial que pode ser usada para agrupar amostras com comportamento semelhante e extrair informações complexas de dados e multidimensionais. A técnica tem como principal vantagem a fácil visualização dos dados, que são projetados em espaço de menor dimensão [Gontijo *et al.* (2014)].

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo, amostragem e análises químicas

As amostras de água foram coletadas em 10 pontos distribuídos ao longo das bacias hidrográficas dos rios Sergipe e São Francisco, localizadas no estado de Sergipe conforme descrito na Tabela 1 e mostrado na Figura 1. Foram realizadas um total de quatro campanhas de amostragem, assim discriminadas: (1) maio de 2009 (período chuvoso) – S1; (2) setembro de 2009 (final das chuvas) – C1; (3) dezembro



de 2009 (início do período seco) – S2 e (4) janeiro de 2010 (período seco) – C2. As BHSE e BHSF foram escolhidas porque são de fundamental importância econômica e social uma vez que, são fontes de água potável para a população, indústria e abastece projetos de irrigação.

As amostras coletadas foram levadas para laboratório para a determinação do pH, COD, medidas de UV-VIS e obtenção dos espectros de fluorescência. Com exceção da medida de pH, as demais análises foram realizadas nas amostras previamente filtradas em membrana de 0,45  $\mu\text{m}$ .

A determinação da concentração do COD foi realizada em um analisador de carbono total Shimadzu TOC-5000 A. As medidas da absorbância foram feitas no espectrofotômetro modelo 700 plus da marca FEMTO em dois comprimentos de onda 254 e 436 nm, usando cubetas de quartzo de 10 cm e água deionizada como branco. As análises de fluorescência foram realizadas no espectrofluorímetro da marca Perkin Elmer modelo LS45 equipado com uma lâmpada de xenônio 150-W usando cubetas de quartzo (ARGUELHO *et al.*, 2017). Os espectros bidimensionais de fluorescência sincronizada (matriz emissão/excitação) foram obtidos a um intervalo constante entre excitação e emissão de 30 nm com uma abertura de 10 nm e em uma varredura de 250 a 500 nm, sendo subtraídos do branco (água Milli-Q) (JAFFÉ *et al.*, 2004).

Bacia	Sigla Ponto	Município - SE	Rio
São Francisco (BHSF)	SF1 – P1	Poço Redondo	Jacaré
	SF2 – P2	Canindé	São Francisco
	SF3 – P3	Glória	Cachorro
	SF4 – P4	Neópolis	São Francisco
	SF5 – P5	Japoatã	Riacho Pilões
Sergipe (BHSE)	SE1 – P6	Feira Nova	Sergipe
	SE2 – P7	Socorro	Cotinguiba
	SE3 – P8	São Cristovão	Poxim
	SE4 – P9	Dores	Sergipe
	SE5 – P10	Moita Bonita	Jacarecica

Tabela 1 – Identificação dos locais de amostragem

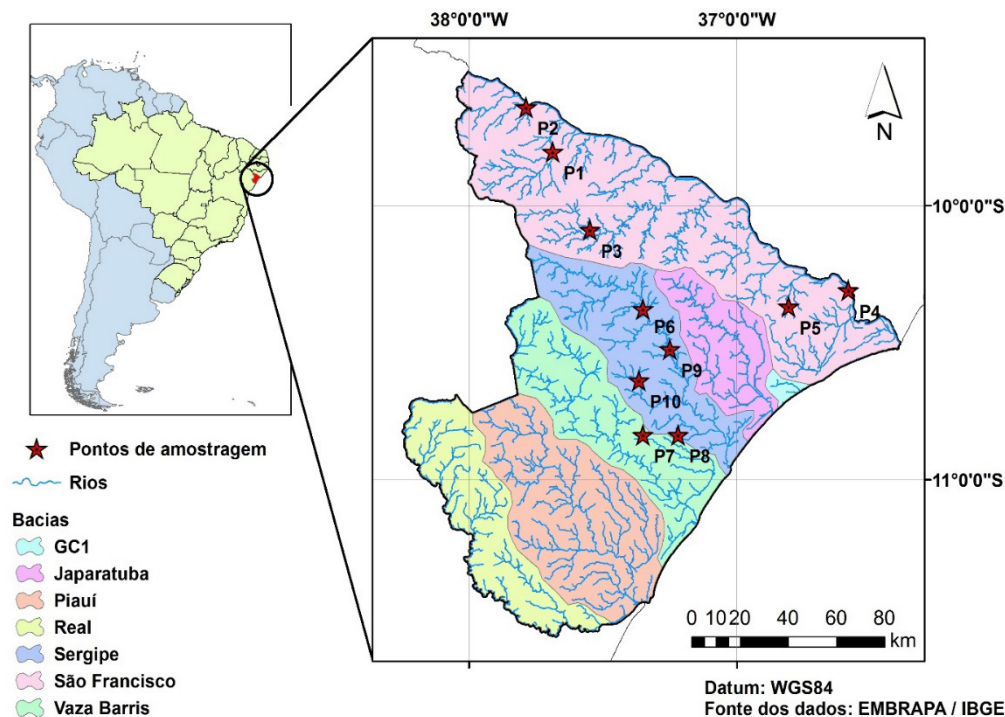


Figura 1 – Mapa de localização dos pontos de amostragem.

## 2.2 Análise multivariada dos dados usando rede neural de Kohonen

A rede neural foi construída usando o software MatLab R2017b e o SOM (self-organising maps) toolbox 2.1 após autoescalamento dos dados brutos, afim de normalizar a variância das amostras. Arquiteturas contendo 5x5 a 10x10 neurônios com estrutura hexagonal, formando mapas planares foram testadas e a configuração (8x8) que apresentou a melhor distribuição das amostras foi a escolhida para a discussão dos dados. A interpretação dos mapas das redes neurais é feita em função da similaridade das amostras em função das variáveis estudadas. As amostras são consideradas similares quando estiveram em um mesmo neurônio ou em neurônios próximos (GONTIJO *et al.*, 2016).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH variaram de 7,40 a 8,68 nos rios presentes na BHSF e de 6,44 a 8,58 para os rios da BHSE e não houve variação significativa em função da sazonalidade durante os períodos estudados. As águas mais alcalinas foram observadas nos pontos SE1, SE4, SF1 e SF3.

A Figura 2 mostra a distribuição do COD das amostras durante o período estudado. As maiores concentrações (15,0 – 56,0 mg L<sup>-1</sup>) foram encontradas nos rios Jacaré-SF1 e Cachorro-SF3 e nos rios Sergipe-SE1 e SE4 e Jacarecica-SE5 pertencentes a BHSF e BHSE respectivamente, e com exceção das amostras SE1 e SF4 que apresentou valor mais elevado de COD no período seco, refletindo a menor

diluição, nessa época, ocorreram no período com a presença de chuvas. Por outro lado, as menores concentrações (0,3 – 10,0 mg L<sup>-1</sup>) ocorreram nas amostras SF2, SF5, SE2 e SE3. Vale a pena ressaltar, que foi observado um fenômeno atípico nas amostras SF2 (rio São Francisco) e SE2 (rio Cotinguiba) que apresentaram valores elevados de COD somente no período chuvoso (ver Figura 1), sugerindo que houve uma contribuição de fontes difusas descarregadas diretamente no rio. Os resultados de COD permitem inferir que o processo de lixiviação e o escoamento fluvial ocasionado pelas chuvas favorece o aumento da concentração do COD nesses rios e que a sazonalidade é um fator importante para avaliação deste parâmetro.

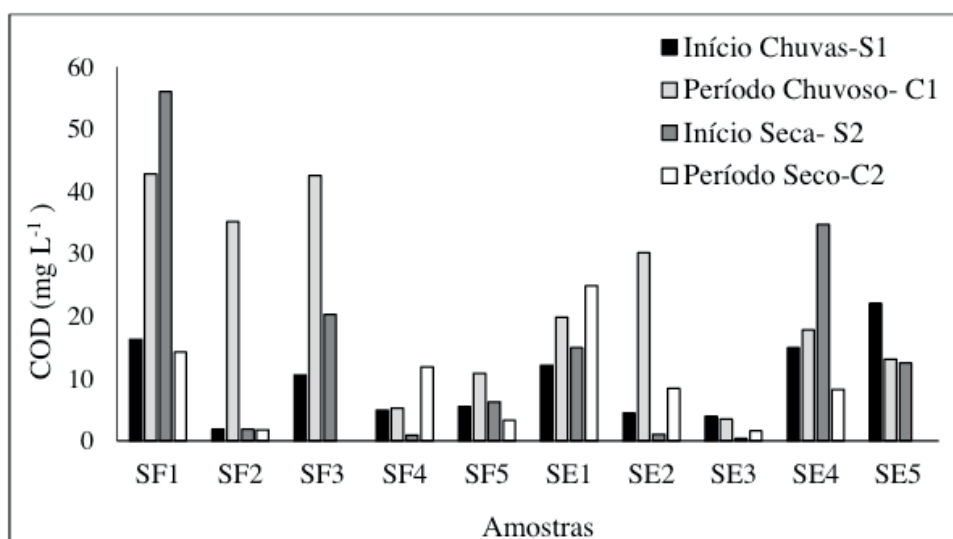


Figura 2 – Resultados do carbono orgânico dissolvido para os rios das bacias hidrográficas do rio Sergipe e São Francisco nos períodos: início das chuvas, chuvoso, início da seca e período seco.

Os dados de COD são importantes, porém fornecem informações limitadas à quantidade da matéria orgânica dissolvida. A discriminação das fontes da MOD nos rios estudados foi realizada por meio dos resultados da absorvância em 254 (A2) e 436 (A4) nm, da razão A2/A4 encontrados por meio da espectroscopia UV/VIS e das intensidades de fluorescência (IF) obtidas a partir dos espectros sincronizados de fluorescência.

As absorvâncias em 254 e 436 e sua razão têm sido utilizadas como um indicador da origem da MOD nos sistemas aquosos (MONTEIRO *et al.*, 2016). Por exemplo, a absorvância em 254 nm é típica de grupos aromáticos de origem terrestre derivados principalmente a partir da decomposição de plantas, tipo as substâncias húmicas aquáticas (SHA) (JAFFÉ, 2004; MONTEIRO *et al.*, 2016). Já absorvância em 436 nm está associada à produção interna gerada a partir da produção primária microbiana (JAFFÉ *et al.*, 2004). A relação A2/A4 aumenta com o acréscimo das SHA em solução (MONTEIRO *et al.*, 2016) e valores elevados indicam a presença de orgânicos menos condensados ou humificados originários de fontes antropogênicas (HUDSON *et al.*, 2009).

A Figura 3 ilustra os espectros sincronizados de fluorescência obtidos para os rios das bacias dos rios São Francisco (A) e (B) e Sergipe (C) e (D). De maneira geral, foi observado a presença de compostos “fluoróforos” relacionados à diferentes fontes de MOD, com intensidade de fluorescência (IF) medida nas seguintes regiões do espectro: pico I (~280nm- indicativo da presença de compostos tipo proteínas e a sua fonte nos ambientes aquáticos está relacionada com a atividade microbiana primária, ou seja é de origem autóctone.), pico II (300-365nm- atribuído a presença de compostos derivados do triptofano oriundo principalmente de atividades antropogênicas e por isso, apresenta característica estrutural diferente das fontes naturais da MOD), picos III (385nm) e IV (458nm) indicam a presença dos ácidos fúlvico e húmico (constituintes das SHA), respectivamente, representando a contribuição das fontes terrestres (alóctones) de MOD derivados da decomposição de plantas no meio aquático e/ou terrestre (COBLE, 1996; COSTA *et al.*, 2011; ARGUELHO *et al.*, 2017).

As IF variaram em função da origem da MOD, do local de amostragem da amostra e da sazonalidade. No período com chuvas (Figuras 3- A e C), por exemplo, foi observada a presença dos quatro picos, sendo o pico II e III predominantes, com maior IF para as amostras SF1, SE1 e SE4 e SF3 e SE5, respectivamente, com exceção apenas das amostras SF2, SF4 e SE3 que apresentaram predominantemente o pico I. Já nos períodos secos, a predominância foi dos picos I e II para todas amostras estudadas (ver Figura 3- B e D).

A investigação da similaridade das amostras e suas relações em função das variáveis estudadas (pH, COD, A2/A4 e as IF) foi realizada através dos resultados da análise multivariada e está descrita na Tabela 2. Os 8 grupos distintos contendo um subgrupo com amostras similares foram circulado e numerados (amostras em mesmo neurônio ou neurônios vizinhos são consideradas similares e formam um grupo). A interpretação é feita comparando os neurônios (unidades hexagonais) em posições similares nos mapas das amostras e variáveis (Figura 4).

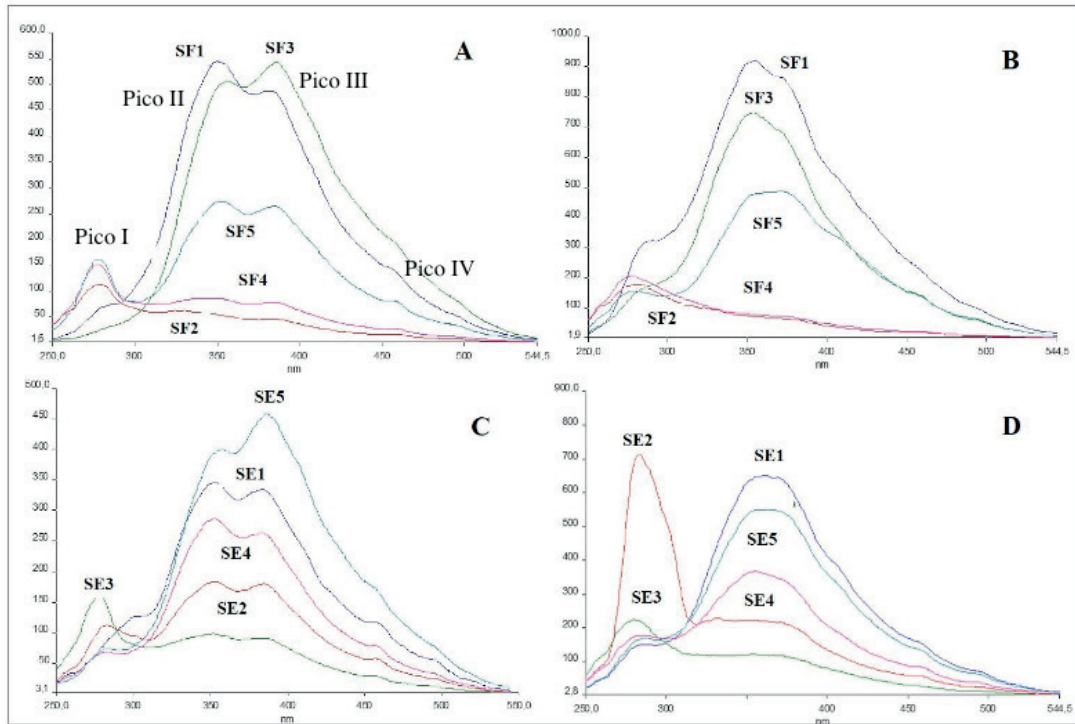


Figura 3 – Espectros de fluorescência sincronizado para as amostras de água dos rios das bacias hidrográficas dos rios São Francisco (A e B) e Sergipe (C e D) nos períodos: chuvoso (A e C) e período seco (B e D).

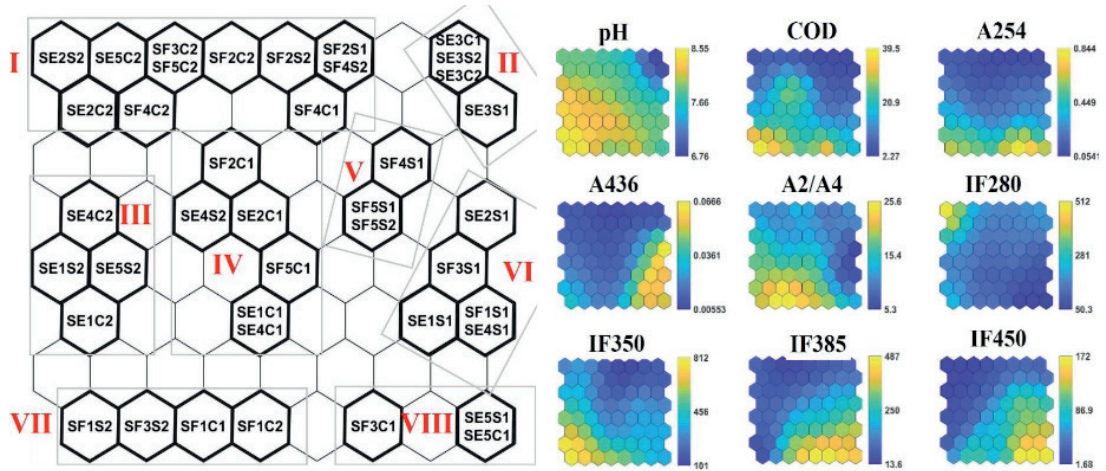


Figura 4 – Rede neural de Kohonen: mapas das amostras à esquerda e mapa das variáveis (MV) à direita.

Legenda: As siglas SF e SE de 1 a 5 referem-se ao ponto de coleta e S1, C1, S2 e C2 ao início das chuvas, período chuvoso, início seca e período seco, respectivamente. As cores entre laranja e amarelo representam maior a intensidade para uma dada variável; cores verdes são intensidades intermediárias e as azuis indicam menores intensidades.

Grupo	Sigla	Rio	Características das variáveis
I	SE2, SE5, SF2, SF3, SF4, SF5 nos períodos secos (S2 e C2) e SF2S1, SF4C1 (períodos chuvosos)	CotinguibaPilões, Cachorro São Francisco	pH mais altos, menores valores de COD, A2, A4, A2/A4, IF350, IF385 e 458 e maiores valores de IF280, em relação as demais amostras, indicando que apesar da presença de MOD de origem alóctone a fonte predominantemente dessas amostras é autóctone.
II	SE3 (todos os períodos amostrados)	Poxim	Similar ao grupo I, porém com valores ainda mais baixos de COD e das IF (350, 385 e 458), revelando que a MOD nesse rio é proveniente expressamente pela decomposição microbial nativa.
III	SE1, SE4, SE5 nos períodos secos (S2 e C2)	Sergipe, Jacarecica	Também similar ao grupo I, diferenciando-se por apresentar elevados valores de IF350 e A2/A4 indicando a presença de fontes antropogênicas, originárias de fontes pontuais.
IV	SF2, SF5, SE1, SE2 e SE4 nos período chuvoso (C1)	São Francisco, Pilões, Sergipe	Similar ao grupo I, porém, apresentam maiores valores de COD em detrimento aos demais períodos estudados.
V e VI	V- SF4S1, SF5S1 e SF5S2 VI- SE2, SF3, SE1, SF1, SE4 (período chuvoso)	São Francisco, Pilões, Sergipe	Diferem dos demais grupos principalmente por apresentar maiores valores da IF 385 e 458 e diferem entre si porque no grupo V apenas a presença da IF em 458 é significativa. Estes resultados evidenciam a presença das SHA originárias da degradação de plantas, lixiviadas para esses rios, principalmente na amostra SF3S1
VII	SF1S2, SF3S2, SF1C1, SF1C2	Jacaré Cachorro	pH mais altos, maiores valores de COD, A2/A4 e IF350. Os resultados sugerem que estes rios são os mais impactados por fontes antropogênicas de MOD (possivelmente esgotos domésticos) pontuais nesse período estudado.
VIII	SF3C1, SE5S1 e SE5C1 (período chuvoso)	Cachorro Jacarecica	Apesar de estarem em neurônios separados a amostra SF3C1 difere das SE5S1e C1 apenas por apresentar maior valor de COD. O período chuvoso ocasionou uma diluição da MOD de origem antropogênica (IF350) e um aumento da contribuição das fontes terrestres, tipo SHA observado pelos maiores valores das IF385e 458.

Tabela 2 – Interpretação da similaridade e características de cada grupo de amostras a partir da rede neural de Kohonen

#### 4 | CONCLUSÃO

A estratégia em utilizar medidas de COD, absorvância no UV-Vis e espectros sincronizados de fluorescência juntamente com a análise multivariada por meio da rede neural de Kohonen, facilitou a interpretação e a identificação das fontes de

matéria orgânica dissolvida presentes nos rios das bacias hidrográficas do rio Sergipe e São Francisco. Ficou evidente a variação qualitativa e quantitativa na MOD entre os períodos secos e chuvosos, com forte contribuição de matéria orgânica húmica natural de origem terrestre, lixiviada pelo maior escoamento superficial no período chuvoso e matéria orgânica de origem antropogênica no período seco, além da produzida pela atividade microbiana em alguns rios e em ambos períodos.

## 5 | AGRADECIMENTOS

CAPES, CNPQ

## REFERÊNCIAS

- ARGUELHO, M.L.P.M.; ALVES, J.P.H.; MONTEIRO, A.S.C.; GARCIA, C.A.B. **Characterization of dissolved organic matter in an urbanized estuary located in Northeastern Brazil**. *Environmental Monitoring and Assessment* 189, pp. 272 –284, 2017.
- COSTA, A.S.; PASSOS, E.A.; GARCIA, C.A.B.; ALVES, J.P.H. **Characterization of dissolved organic matter in the Piauí River Estuary, Northeast Brazil**. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 22(11), pp.2139 – 2147, 2011.
- COBLE, P.G. **Characterisation of marine and terrestrial DOM in seawater using excitation-emission spectroscopy**. *Marine Chemistry* 51, pp. 325 – 346, 1996.
- GONTIJO, E.S.J.; WATANABE, C.H.; MONTEIRO, A.S.C.; TONELLO, P.S.; DA SILVA, G.A.; FRIESE, K.; ROESER, H.M.P.; ROSA, A.H. **Distribution and bioavailability of arsenic in natural waters of a mining area studied by ultrafiltration and diffusive gradients in thin films**. *Chemosphere* 164, pp. 290 – 298, 2016.
- HE, W.; CHEN, M.; SCHLAUTMAN, M.A.; HUR, J. **Dynamic exchanges between DOM and POM pools in coastal and inland aquatic ecosystems: A review**. *Science of The Total Environment* (551–552), pp. 415– 428, 2016.
- HUDSON, N.; BAKER, A.; REYNOLDS, D. **Fluorescence analysis of dissolved organic matter in natural, waste and polluted waters – a review**. *River Research and Applications*, 23 (6), pp. 631 – 649, 2007.
- JAFFÉ, R.; BOYER, J.N.; LU, X.; MAIE, N.; YANG, C.; SCULLY, N.M. **Source characterization of dissolved organic matter in a subtropical mangrove- dominated estuary by fluorescence analysis**. *Marine Chemistry* 84(3–4), pp. 195 – 210, 2004.
- LI, Y.; HARIR, M.; Uhl, J.; Kanawatl, B.; LUCIO, M.L.; Smirnov, K.S.S.; HERTKON, N. **How representative are dissolved organic matter (DOM) extracts? A comprehensive study of sorbent selectivity for DOM isolation**. *Water Research* 116, pp. 316 – 323, 2017.
- MONTEIRO, A.S.C.; PINHEIRO, J.P.; PARAT, C.; ROSA, A.H. **Towards field trace metal speciation using electroanalytical techniques and tangential ultrafiltration**. *Talanta* 152, pp. 112 – 118, 2016.
- PAINTER, S.C.; LAPWORTH, J.L.; WOODWARD, M. S.; EVANS, C.D.; SANDERS, R.J. **Terrestrial dissolved organic matter distribution in the North Sea**. *Science of The Total Environment* 630, pp. 630– 647, 2018.

ROCHA, J.C.; ROSA, A.H. **Substâncias húmicas aquáticas: interação com espécies metálicas**. São Paulo: Editora Unesp-SP, 120 p.,2003.

VERA, M.; CRUZ, S.; BOLEDA, M.R.; MESA, J.; ALONSO, J.M.; CASAS, S.; GILBERT, O.; CORTINA, J.L. **Fluorescence spectroscopy and parallel factor analysis as a dissolved organic monitoring tool to assess treatment performance in drinking water trains**. Science of The Total Environment (584–585), pp. 1212– 1220, 2017.

XU, H.; GUO, L. **Molecular size-dependent abundance and composition of dissolved organic matter in river, lake and sea Waters**. Water Research, 117, pp. 115– 126, 2017.



## MÉTODO GEOELÉTRICO - POTENCIAL INSTRUMENTO PARA AUXÍLIO DA GESTÃO DO SOLO E DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS: ESTUDOS DE CASO, ALAGOINHAS, BAHIA

### **Rogério de Jesus Porciúncula**

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Núcleo de Estudos de Impactos da Mineração (NEIM)  
Santo Amaro, Bahia

### **Olivar Antônio Lima de Lima**

Universidade Federal da Bahia (UFBA)  
Departamento de Geologia e Geofísica Aplicada  
Salvador, Bahia

**RESUMO:** Dois estudos de caso realizados no município de Alagoinhas/BA de aplicação do método eletrorresistivo são apresentados como potenciais exemplos para fomento da adoção dessa metodologia não invasiva como instrumento de gestão do solo e das águas subterrâneas, a saber: (i) um estudo regional (Estudo de caso 01), constituído por 62 sondagens elétricas verticais (SEVs) distribuídas ao longo das principais vias do município, possibilitou inferir que o sistema aquífero da região é composto por duas unidades: uma superior livre e outra inferior semiconfinada. Favoreceu também à identificação de anomalias atribuídas a possíveis contaminações oriundas de atividades urbanas, industriais, agropastoris, dentre outras; e (ii) um estudo de detalhe (Estudo de caso 02) constituído por 56 SEVs levantadas no entorno de um autoposto e de uma salgadeira contíguos a um poço tubular,

permitiu caracterizar o meio hidrogeológico e identificar duas plumas de contaminação: uma rasa relacionada às atividades da salgadeira; e outra que se estende a profundidades superiores a 110 m, inclinada para SE, com dimensões máximas de 850x600 m, relacionada às atividades do autoposto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hidrogeofísica, gestão de solo e águas subterrâneas.

### GEOELECTRIC METHOD – POTENTIAL INSTRUMENT FOR AID TO MANAGEMENT OF SOIL AND UNDERGROUND WATER RESOURCES: CASE STUDIES, ALAGOINHAS, BAHIA

**ABSTRACT:** Two case studies in Alagoinhas/BA county applying eletrorresistivity method are show as good examples to assist groundwater and soil management: (i) the regional study (Case study 01), where 62 verticals electrical sounding (VES) performed along the margin roads, allowed to build the structure aquifer model and interpreted it as a system composed by two units: a unconfined aquifer superior and another lower semiconfined. Also allowed identify some anomalies attributed to possible contamination from urban, industrial and farm activities; and (ii) the detail study (Case study 02), composed by 56 VES's, carried around at a gas station and a leather salting unit, near a production well, identified two contamination plumes: an attributed to the leather salting unit

and another to the gas and services station. The first is shallow and the last extend to SE to more 110 m depth, with size about 850x600 m.

**KEYWORDS:** Hidrogeophysic, soil and groundwater manegement.

## 1 | INTRODUÇÃO

A questão dos recursos hídricos subterrâneos é, sem dúvida, um tema de notável interesse público, passivo a conflitos e de grande discussão entre as comunidades científica, social, política, não governamental, dentre outras. Sabe-se que as águas subterrâneas representam cerca de 96% (MMA, 2007) da totalidade de água doce encontrada em estado líquido na Terra. Essa potencialidade, adicionada à limitada disponibilidade dos recursos hídricos superficiais, resulta numa maior procura por este recurso. O aumento da demanda por águas subterrânea pode acarretar o uso descontrolado, contribuindo para a superexploração ou contaminação do aquífero, dentre outros impactos adversos.

Adicionalmente, o crescimento populacional, o desenvolvimento industrial e agropastoril são atividades e processos intrínsecos a quaisquer centros urbanos e são os principais aspectos potenciais poluidores do solo e das unidades aquíferas. Nesse sentido, cientistas e pesquisadores de diversas áreas de estudo vêm adotando metodologias que caracterizem quantitativa e qualitativamente o ambiente hidrogeológico, de modo a adquirir informações sobre as condições geoambientais do meio, auxiliando nas tomadas de decisão para melhor gestão das águas subterrâneas e uso e ocupação do solo.

O método geoeletrico aparece como uma excelente ferramenta para descrição e avaliação do ambiente geológico e hidrogeológico, com base nas variações das propriedades elétricas dos fluidos e das rochas. As vantagens são a não invasão ao terreno, a versatilidade e relativa rapidez de execução e o grande volume de dados adquiridos em curto espaço de tempo quando comparado aos métodos convencionais de investigação.

O principal objetivo desse trabalho é contribuir para o fomento da adoção de metodologias de investigação não invasivas, sobretudo, da adoção do método geoeletrico como ferramenta de apoio para a gestão do solo e dos recursos hídricos subterrâneos, a partir da apresentação de dois estudos de caso realizados no município de Alagoinhas, Bahia.

## 2 | ÁREA DE ESTUDO

O município de Alagoinhas situa-se no Nordeste da Bahia, entre as coordenadas geográficas 12°08'01" latitude sul, 38°25'25" longitude oeste a altitude média de 130

m. Possui cerca de 140.000 habitantes, que vivem numa área de 1179 km<sup>2</sup>. Distancia-se da capital Salvador em torno de 107 km.

A região dispõe de alta potencialidade de ocorrência de águas minerais, apresenta sistema de drenagem superficial desenvolvido, com rios perenes e algumas lagoas remanescentes. A precipitação pluviométrica média anual é de 1234,1 mm e a evapotranspiração real é de 1.096,2 mm, o que geram um excedente hídrico de 137,9 mm/ano (SEI, 1999). Os tipos climáticos incluem o úmido e subúmido, com temperatura média anual de 24°C. A vegetação é do tipo ombrófila densa, bastante descaracterizada pelos desmatamentos para colocação de atividades agropastoril, principalmente grandes plantações de eucalipto.

No âmbito geoambiental e hidrogeológico, o município de Alagoinhas se caracteriza por conter uma grande e importante reserva hídrica subterrânea, o aquífero São Sebastião, que, na maior parte da região, está sobreposto pela Formação Marizal, que por sua vez cumpre um papel relevante no sentido de proteger o manancial. Todavia, a Formação Marizal é composto por formações arenosas, permeáveis, suscetíveis a percolação/infiltração de fluido. Adicionalmente, atividades como cultura de eucalipto, curtimento, distribuição de combustíveis, fabricação de bebidas, dentre outras comuns a centros urbanos, são os potenciais aspectos ambientais que favorecem à degradação do solo e da água subterrânea local.

O trabalho integra dois estudos realizados na região: (i) um de caráter regional – Estudo de caso 01, em que os ensaios geoeletricos foram executados no perímetro urbano do município de Alagoinhas e entorno; e (ii) outro de detalhe – Estudo de caso 02, em que os ensaios foram tomados no entorno de um autoposto e de uma salgadeira contíguos a um poço tubular produtor, mantido pelo SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), que abastece a população local e entorno para os mais variados fins.

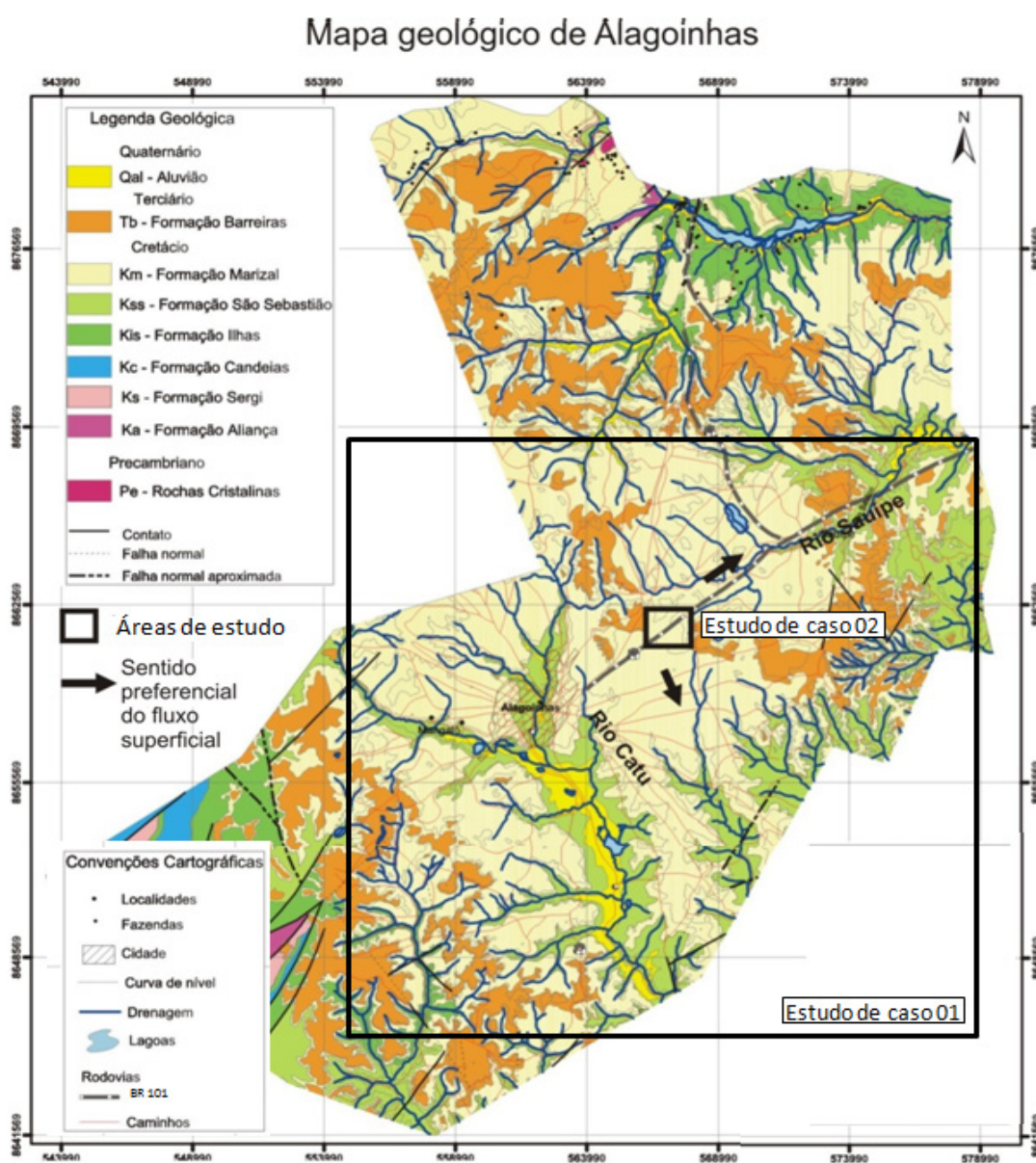
### 3 | GEOLOGIA DA ÁREA

A região de Alagoinhas se localiza na bacia sedimentar do Recôncavo Norte. Sua cobertura é composta, além de depósitos quaternários, por sedimentos constituintes das formações Barreiras, Marizal e São Sebastião. Esta última contém um dos aquíferos mais importantes do estado da Bahia. Ocorre também, em pequenas proporções, afloramentos das formações Candeias e Sergi, principalmente no sudoeste da região (Figura 01).

Os sedimentos Quaternários constituem sistemas de deposição recentes de origem fluvial e eólica. A Formação Barreiras (Plioceno) constitui um sistema combinado de deposição fluvial e de leques aluviais. Compõe-se de areias finas a grossas, argilas cinza avermelhadas, roxas e amareladas, ocorrendo sob a forma de extensos tabuleiros ligeiramente inclinados em direção à costa. A Formação Marizal (Cretáceo Inferior) constitui um sistema de deposição do tipo fluvial e de leques

aluviais originados da erosão do embasamento cristalino. Recobrem, em discordância erosiva, os arenitos da Formação São Sebastião. Compõe-se de arenitos grosseiros com estratificação cruzada de médio a grande porte, amarelados a avermelhados, intercalados com conglomerados com grãos de quartzo e fragmentos de rocha mal selecionados. A Formação São Sebastião (Cretáceo Inferior) com espessura que pode chegar a 3.000 m é constituída por arenitos quartzosos mal selecionados, amarelo-avermelhados, friáveis, feldspáticos, intercalados com argilas sílticas variegadas (Ghignone, 1979).

A Figura 01 apresenta o mapa geológico da região de Alagoinhas, Bahia. Nela, podem-se observar as ocorrências geológicas superficiais e a localização das áreas dos estudos regional (Estudo de caso 01 – retângulo maior) e de detalhe (Estudo de caso 02 – retângulo menor). Observa-se também que o fluxo superficial mais a norte é regido pelo curso do rio Sauípe (sentido regional NE), e a sul, pelo rio Catu (sentido regional SE).



**Figura 01** – Representação esquemática do mapa geológico de Alagoinhas/BA. Em destaque, as respectivas áreas de estudo (regional e de detalhe).

## 4 | MÉTODO GEOELÉTRICO

O método geoeletrico (eletrorresistividade) é um método geofísico que permite investigar o meio em subsuperfície com base no contraste da propriedade elétrica de resistividade presente nos materiais geológicos e/ou geotécnicos diversos (KOEFOED, 1979). Basicamente, o procedimento deste método consiste em introduzir, por meio de uma fonte artificial e de eletrodos, uma corrente elétrica no terreno, e medir a diferença de potencial elétrico proporcionada (TELFORD et al., 1990). Após um tratamento e processamento de dados em *softwares* específicos, é possível determinar a resistividade e o comportamento geoeletrico da subsuperfície. Seus resultados são expressos em forma de curvas, mapas, perfis e/ou seções, que, interpretativamente, oferecem informações de interesses geológico, geotécnico, geoambiental e hidrogeológico. O mesmo é muito requisitado em estudos hidrogeofísicos, na caracterização e avaliação geoambiental e hidrogeológica do meio aquífero. Dentre as informações possíveis de serem levantadas com uso desse método, destacam-se: a profundidade do nível estático e do substrato, o sentido de fluxo hídrico subterrâneo, contatos litológicos e estruturas geológicas (falhas/fraturas), ocorrência de plumas de contaminação. As vantagens de utilização são a não invasão ao terreno, a versatilidade e relativa rapidez de execução, o grande volume de dados adquiridos em relativo curto espaço de tempo e a redução de custos e de tempo de serviço quando comparado aos métodos convencionais.

## 5 | AQUISIÇÃO DOS DADOS

O equipamento utilizado para a aquisição geoeletrica foi o eletrorresistivímetro modelo Syscal R2 da Iris Instruments (França), pertencente ao CPGG/UFBA. O mesmo é composto por duas unidades, uma transmissora (de corrente elétrica) e outra receptora (de potencial elétrico). Uma bateria de 12 V atuou como fonte de alimentação junto a um conversor DC-DC de 250 W, que fornece saída máxima de até 800 V. Cabos, carretéis e eletrodos de aço também compuseram o conjunto de aparatos utilizados em campo.

A aquisição dos dados geoeletricos do estudo regional (Estudo de caso 01) deu-se nos meses de fevereiro, abril, agosto e outubro do ano de 2007; e do estudo de detalhe (Estudo de caso 02), nos meses de outubro de 2009 e fevereiro de 2010. Para cada campanha realizada, foram demandados 10 dias de campo, aproximadamente.

O estudo regional (Estudo de caso 01) foi constituído por 62 sondagens elétricas verticais (SEVs) distribuídas ao longo das principais rodovias e vias de acesso do município. O estudo de detalhe (Estudo de caso 02) foi constituído por 56 sondagens elétricas verticais (SEVs) distribuídas linearmente em 05 transectos paralelos no entorno de um posto de combustíveis e de uma salgadeira contíguos a um poço tubular. Os dados foram obtidos por meio da aplicação da técnica de sondagem

elétrica vertical, utilizando o arranjo *Schlumberger* com espaçamento máximo entre os eletrodos de corrente (AB) de 2000 m (Estudo de caso 01) e 600 m (Estudo de caso 02), conforme a configuração de multi-sondagens elétricas verticais. Os centros das SEVs foram tomados em coordenadas UTM's por meio do uso de um GPS. O posicionamento dos eletrodos no terreno era realizado por dois auxiliares de campo conforme comunicação estabelecida via rádios. Uma solução de água e sal era empregada na região em que os eletrodos eram introduzidos no terreno, a fim de reduzir a resistência de contato, permitindo ser injetado um maior fluxo de corrente no meio examinado. Os dados de resistividade aparente foram adquiridos a partir de uma média de 10 medidas, empregando corrente contínua de forma quadrada com chaveamento e tempo de duração de 2 s. Os dados foram gravados na memória do equipamento, anotados em tabela e plotados num gráfico bilogarítmico de resistividade em função do espaçamento  $AB/2$ , possibilitando estabelecer um controle (*in situ*) da qualidade dos dados e do grau de suavidade da curva de campo.

## 6 | PROCESSAMENTO DOS DADOS

Os mapas e seções de isocontornos de resistividade aparente foram construídos usando o SURFER 8.0. Nas inversões unidimensionais, foram utilizados os programas RES1D e RESIST 1.0, de forma sucessiva, utilizando como modelo inicial no RESIST 1.0 as estimativas feitas sobre o número, espessura e resistividade das camadas obtidos pelo programa RES1D através de uma inversão automática. Nessa opção o RES1D gera um modelo invertido com um número de camadas igual ao número de pontos da SEV. Combinando camadas de resistividades próximas entre si, o intérprete constrói um modelo inicial para a inversão no software RESIST 1.0, com melhor convergência de inversão. As inversões bidimensionais foram efetuadas com o pacote RES2DINV, sendo que os resultados foram salvos no formato XYZ e posteriormente interpolados por kringagem utilizando o SURFER 8.0.

## 7 | RESULTADOS

### 7.1 Estudo de caso 01

A Figura 02 exibe um exemplo de um perfil de sondagem elétrica vertical (SEV) da área de estudo invertido unidimensionalmente. Em detalhe, os pontos medidos/observados em campo, a curva de regressão com erro de 1.6% e as interpretações atribuídas às camadas, com os respectivos valores de resistividade elétrica e profundidade. A partir dela, pode-se inferir que o lençol freático encontra-se a aproximadamente 14 m de profundidade na área, e que uma possível camada de argila ou folhelho a aproximadamente 100 m de profundidade separa as unidades aquíferas superior livre e inferior semiconfinada da Formação São Sebastião.

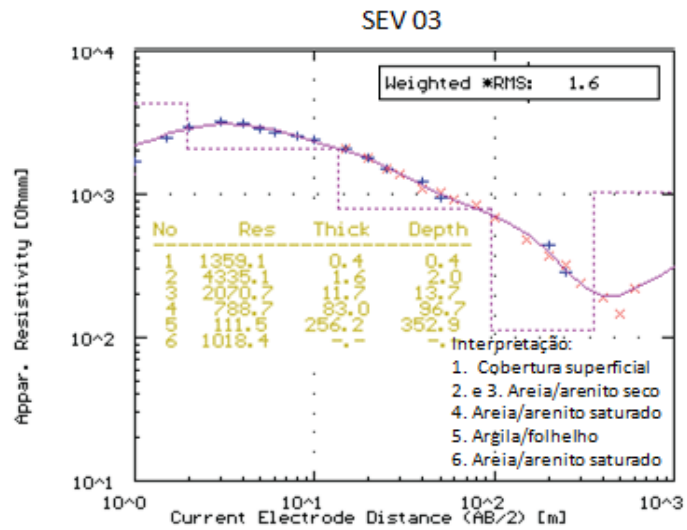


Figura 02 – Exemplo de SEV invertida unidimensionalmente.

O mapa de contornos da Figura 03 construído a partir da interpolação dos valores de resistividade aparente das SEVs em AB/2 igual a 15 m, apresenta, qualitativamente, a distribuição da resistividade elétrica do solo e da água subterrânea do município de Alagoinha e entorno a 7,0 m de profundidade, aproximadamente.

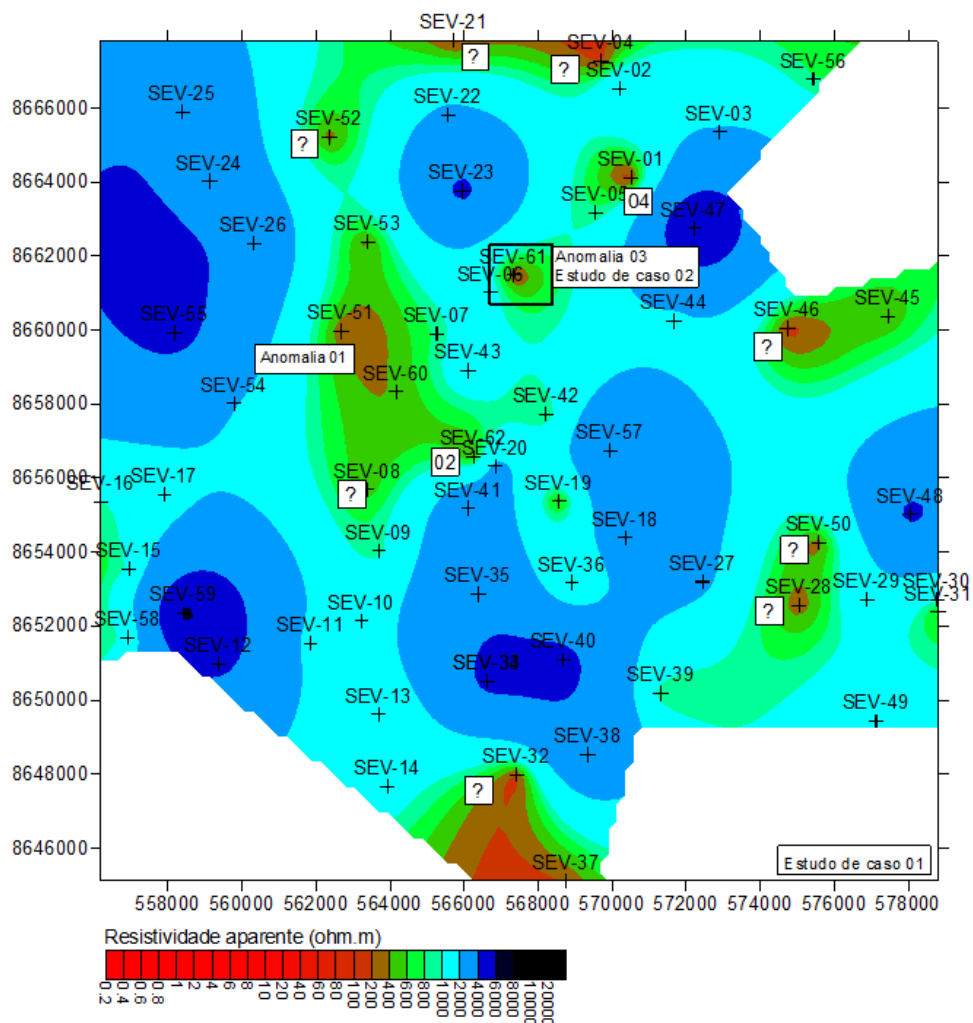


Figura 03 – Mapa de isoresistividade aparente do município de Alagoinhas e entorno.

De modo geral, o estudo geoeletrico regional (Estudo de caso 01) permitiu construir um modelo estrutural do sistema aquifero Marizal-São Sebastião do município de Alagoinhas, Bahia, o qual foi inferido ser constituído por duas unidades aquiferas: uma superior livre e outra inferior semiconfinada, separadas por uma camada de argila ou folhelho. Também permitiu cartografar a distribuição das várias anomalias condutivas do solo e água subterrânea da região, assinaladas na cor vermelho, as quais refletem possíveis influências de contaminantes oriundos de atividades diversas (Figura 03): (i) a anomalia 01, centrada nas imediações do centro urbano da cidade, está associada a efluentes contaminantes urbanos, em sua maioria, esgotos. Essa anomalia foi investigada num trabalho de investigação geofísica geoeletrica realizado por Ribeiro (2008); (ii) a anomalia 02, adjacente ao perímetro urbano, está associada às atividades do cemitério municipal. Trata-se de contaminação por pluma de necrochorume. Essa anomalia foi investigada com detalhe por Amarantes (2013), em um estudo também geoeletrico; (iii) a anomalia 03, locada na BR 101, a NE do perímetro urbano, sentido Entre Rios, está relacionada a atividades de um posto de combustíveis e serviços, posto Lubrijau. Esta pluma foi escolhida para ser tratada neste trabalho, como exemplo de investigação detalhada, Estudo de caso 02, apresentado adiante; (iv) a anomalia 04, também locada na BR 101, sentido Entre Rios, está associada à sobreposição de diversas fontes contaminantes: das atividades de um antigo lixão e do atual aterro municipal, da atividade de um curtume (da empresa BRESPEL) e de um autoposto. Essa anomalia foi investigada por Pereira (2004). Silva (2011) também realizou estudos geofísicos no entorno; (v) outras anomalias condutivas, denotadas por interrogações, as quais não lhe foram atribuídas fontes de contaminação, por não terem sido observados potenciais atividades/processos de relevância próximos a elas. Estas podem estar associadas a contaminantes de fontes desconhecidas, a atividades agropastoris, por exemplo. Também, a possíveis influências de argilas ou folhelhos. Estes locais devem ser investigados com maior detalhe para dirimir interpretações ambíguas ou precipitadas e garantir maior conhecimento da condição geoambiental da região. Portanto, estudos complementares devem ser idealizados e dirigidos nesse sentido.

## 7.2 Estudo de caso 02

O estudo geoeletrico de detalhe (Estudo de caso 02) investigou com detalhe a anomalia 03 (da Figura 03) apontada pelo estudo regional (Estudo de caso 01) a qual está associada a plumas de contaminação oriundas de um posto de combustíveis e serviços (posto Lubrijau) e de uma salgadeira, localizados ao longo da BR 101, sentido Entre Rios, a NE do perímetro urbano.

A Figura 04a apresenta a área de estudo, o croqui do levantamento de dados e os mapas de isorresistividade aparente. A anomalia 01 (Figura 04b) está associada a possíveis processos incipientes de contaminação oriundos das atividades da



salgadeira. Essa pluma é rasa e ocupa porções mais superficiais do solo. Na mesma figura, a anomalia 02 está associada a possível pluma de contaminação oriunda das atividades do autoposto. Nota-se que esta anomalia persiste nos mapas de maiores valores de AB/2, consequentemente, maiores profundidades (Figura 04b e c), atingindo o lençol freático e migrando no sentido do fluxo subterrâneo (SE) (Figura 04d).

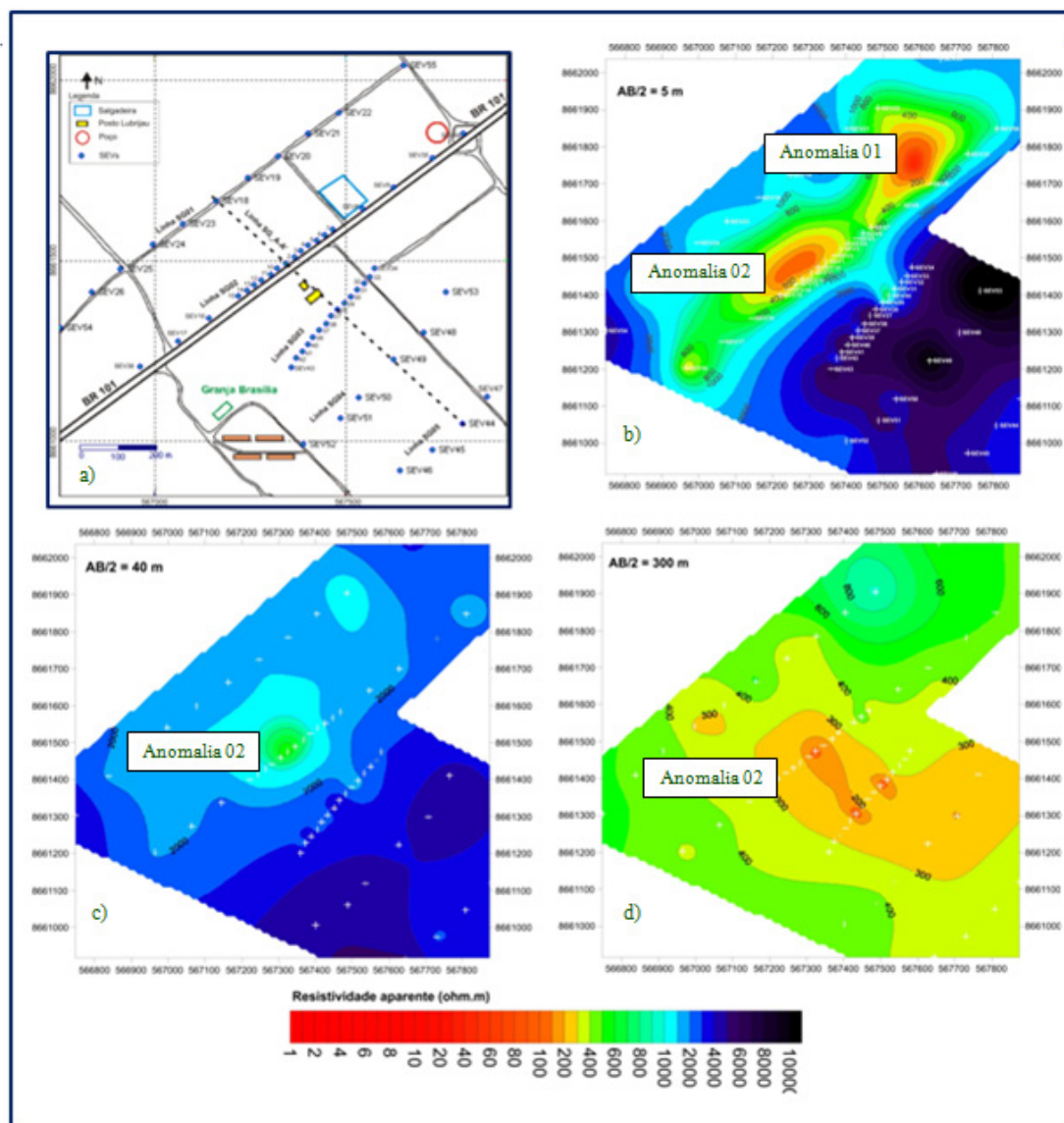


Figura 04 – a) área de estudo; b), c) e d) mapas de isorresistividade aparente.

Na Figura 05, são apresentadas algumas das seções geoeletricas invertidas bidimensionalmente a partir da integração de SEVs alinhadas (Figura 04a). Objetivamente, as interpretações atribuídas aos resultados estão marcadas sobre os perfis. O modelo geral interpretado sugere que o nível estático ocorre em torno de 40 m de profundidade. Também sugere a ocorrência de estruturas geológicas (falhas/fraturas) e/ou variações de heterogeneidade do material.

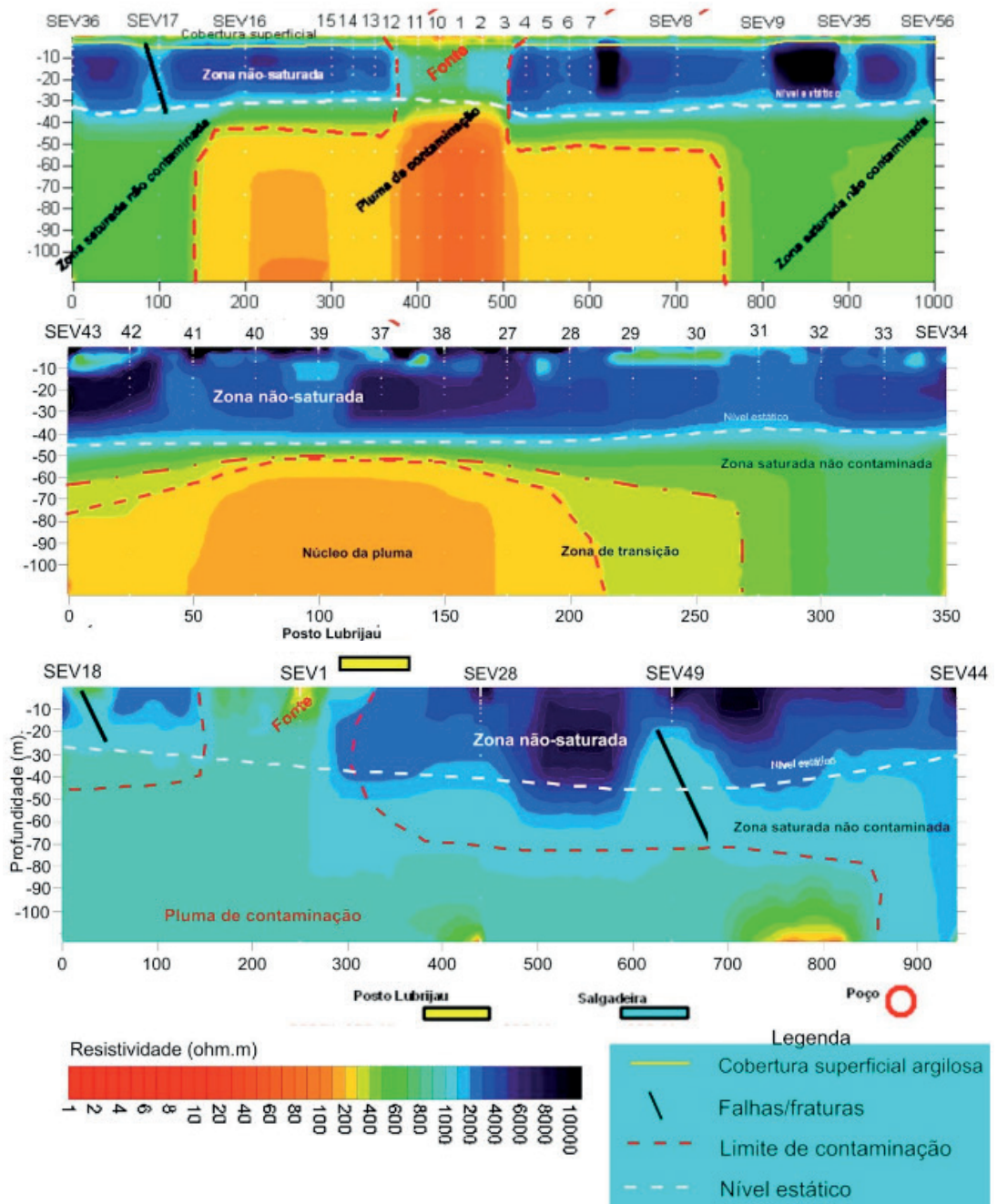


Figura 05 – Seções geoeletricas invertidas bidimensionalmente.

Os resultados demonstram que a pluma (anomalia marcada em vermelho a laranja) oriunda das atividades do posto migrou verticalmente, além do lençol freático. A mesma ocorre a profundidades superiores à profundidade de investigação que é de 110 m, flui em sentido SE, possui geometria elipsoidal, apresenta comprimento longitudinal de 850 m e transversal de 600 m, aproximadamente. A natureza condutiva e o comportamento da anomalia inferem que a origem do contaminante está associada a processos de lançamentos de esgotos do autoposto e não a processos de vazamentos ou derrames de combustíveis e/ou óleos. Essa pluma ainda não atingiu o poço de extração mantido pelo SAAE localizado a aproximadamente 550 m a NE do autoposto, devido ao fluxo principal ser em sentido SE. Todavia, o processo de difusão adicionado à extração de água pelo poço, pode favorecer à invasão de

componente da pluma contaminante ao mesmo e comprometer a qualidade da água por ele extraída e conseqüentemente a vida e a saúde das pessoas que se abastecem dela e que a utilizam para os mais variados usos e consumos.

Em suma, os resultados hidrogeofísicos contribuíram para construir o modelo hidrogeológico e geoambiental do município de Alagoinhas, a partir de estudos regionais de detalhe, que podem servir de subsídios para tomadas de decisões e ações de remediação ou monitoramento da qualidade do solo e água subterrânea local, dentre outras providências. Tais estudos surgem como potenciais exemplos para a caracterização e avaliação hidrogeológica, podendo ser adotados para auxílio da gestão ambiental do solo e das águas subterrâneas em outros municípios.

## **8 | CONCLUSÕES**

O uso do método geofísico geoeletrico mostrou-se importante para determinação do nível estático e do sentido do fluxo subterrâneo; construção do modelo geológico e hidrogeológico da região; e mapeamento de plumas de contaminação;

Os produtos gerados são tabelas, perfis, seções e mapas que, interpretativamente, caracterizam o terreno quantitativa e qualitativamente;

As vantagens de utilização do método são a não invasão ao terreno, a versatilidade e relativa rapidez de execução, o grande volume de dados adquiridos em relativo curto espaço de tempo, a redução de custos e de tempo de serviço e aos sucedidos resultados alcançados disponíveis na literatura;

Os estudos geoeletricos regional e de detalhe apresentados configuram-se como potenciais exemplos de investigação hidrogeofísica. Em suma, os resultados contribuíram para construir o modelo hidrogeológico e geoambiental do município de Alagoinhas o qual pode servir de subsídio para tomadas de decisões referentes à qualidade do solo e água subterrânea local. Tais estudos surgem como potenciais ferramentas de investigação, plausíveis de serem adotados como instrumento para auxílio da gestão ambiental desses recursos em outros municípios.

## **9 | AGRADECIMENTOS**

Agradecemos à Universidade Federal da Bahia, pelas instalações e recursos disponibilizados;

Ao Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente (NEHMA/UFBA) e ao Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia (CPGG/UFBA), pelo apoio infraestrutural, logístico e técnico-científico;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela disponibilidade de bolsas de estudo.

## REFERÊNCIAS

- AMARANTES, E. M. S. (2013) **Avaliação geofísica da contaminação subterrânea no entorno do cemitério municipal de Alagoinhas-BA**. Trabalho de Graduação, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- GHIGNONE, J. I., (1979) **Geologia dos Sedimentos Fanerozóicos do Estado da Bahia**, in: Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia, Textos Básicos, SME/COM, 1.
- KOEFOED, O. (1979) **Geosounding principles: Resistivity sounding measurements**, Elsevier, Amsterdam.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente (2007) **Águas Subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido**, Brasília.
- PEREIRA, P. A. (2004) **Alterações ambientais causadas por depósito de lixo urbano e curume no município de Alagoinhas, Bahia**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Bahia.
- PORCIÚNCULA, R. J. (2007) **Aplicação do método eletrorresistivo na avaliação ambiental da região de Alagoinhas, Bahia**. Trabalho de Graduação, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- PORCIÚNCULA, R. J. P. (2011) **Avaliação Geofísica da contaminação subterrânea em posto de combustíveis e serviços, Alagoinhas-BA**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil.
- PORCIÚNCULA, R. J. e LIMA, O. A. L. (2012) **Geoelectric Evaluation of Subsurface Contamination at a Gas and Service Station, Alagoinhas, BA, Brazil**. Revista Brasileira de Geofísica, 30(2), 201-212.
- RIBEIRO, G. L. (2008) **Avaliação geolétrica da contaminação urbano-industrial do aquífero Recôncavo no entorno de Alagoinhas, Bahia**. Trabalho de Graduação, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- SEI (1999) Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, **Análise de Atributos Climáticos do Estado da Bahia**.
- SILVA, R. T. S. (2011) **Contaminação do subsolo no entorno de um posto de abastecimento de combustíveis e serviços, município de Alagoinhas, Bahia, avaliada por IP-resistividade**. Trabalho de Graduação, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- TELFORD, W. M.; GELDART, L. P.; SHERIFF, R. E. E KEYS, D. A., (1990) **Applied Geophysics**, Cambridge Un. Press, Cambridge.

## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: ESTUDO DE CASO EM ABATEDOURO DE BOVINOS

**Isabel Cristina Lopes Dias**

Universidade Federal do Maranhão Departamento  
de Biologia  
São Luís - Maranhão

**Antonio Carlos Leal de Castro**

Universidade Federal do Maranhão Departamento  
de Oceanografia e Limnologia  
São Luís - Maranhão

**RESUMO:** Com o objetivo de avaliar o atendimento das legislações em vigor para águas subterrâneas, monitorou-se a qualidade da água de origem subterrânea utilizada no processo industrial de um abatedouro de bovinos, localizado na cidade de São Luís, Maranhão. Assim, amostras da água do poço foram coletadas, para avaliação da sua qualidade físico-química e microbiológica. A caracterização da água subterrânea coletada atendeu aos padrões exigidos pelas legislações vigentes, sendo, portanto, considerada satisfatória. Alternativas de melhorias foram sugeridas, sendo que estas podem ser adotadas pelos demais abatedouros locais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água subterrânea. Abatedouro. Usos múltiplos.

**UNDERGROUND WATER QUALITY: CASE STUDY IN BOVINE ANIMALS**

**ABSTRACT:** This study aimed to evaluate the compliance with the legislation in force for underground water. For this purpose, we monitored the underground water quality used in the industrial processing of a cattle slaughterhouse, located in the municipality of São Luís, Maranhão State, Northeast region of Brazil. Water well samples were collected and subjected to physical-chemical and microbiological analyses. The underground water evaluated in this study met the standards required by the legislation in force; therefore, it was considered satisfactory. Alternatives for improvement were suggested, which can be adopted by other local slaughterhouses.

**KEYWORDS:** Underground water. Slaughterhouse. Multiple uses.

### 1 | INTRODUÇÃO

Conforme prevê a Lei Federal nº 9.433 de 01 de março de 2005, a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas. Assim, todos os setores usuários da água têm igualdade de acesso aos recursos hídricos. A Política Nacional só traz uma exceção a esta regra, que vale para situações de escassez, em que os usos prioritários da água passam a ser o consumo humano e a dessedentação de animais.

Apesar de todos os esforços para armazenar e diminuir o seu consumo, a água está se tornando, cada vez mais, um bem escasso, e sua qualidade se deteriora cada vez mais rápido. A água subterrânea, por exemplo, além de ser um bem econômico, é considerada mundialmente uma fonte imprescindível de abastecimento para consumo humano, para as populações que não têm acesso à rede pública de abastecimento ou para aqueles que, embora com acesso, têm o fornecimento com frequência irregular (Helbel et al. 2008). A preocupação com a qualidade da água, decorrente da progressiva poluição hídrica, é um dos motivos que levam grande parte da população ao consumo de água proveniente de fontes subterrâneas.

Os aspectos físico-químicos e microbiológicos são considerados critérios de qualidade da água. Independente da fonte (superficial ou subterrânea), a água pode servir de veículo para vários agentes biológicos e químicos, sendo necessário observar os fatores que podem interferir negativamente na sua qualidade (Di Bernardo, 1993). Em relação à qualidade microbiológica, a água pode atuar como veículo de transmissão de agentes patogênicos e deterioradores, constituindo um risco à saúde (Amaral et al. 2003).

A presente pesquisa foi desenvolvida em um abatedouro de bovinos localizado no município de São Luís, Estado do Maranhão, com o objetivo de avaliar a qualidade físico-química e microbiológica da água de origem subterrânea utilizada no processo industrial de abate, bem como avaliar o atendimento das legislações em vigor, quanto à qualidade da água de consumo.

## **2 | MATERIAL E MÉTODOS**

O abatedouro onde foi realizada a pesquisa está localizado no Km 10 da BR-135 (2°39'32"S / 44°17'15"W), Distrito Industrial do município de São Luís – DISAL, Estado do Maranhão, Nordeste Brasileiro (Figura 1).

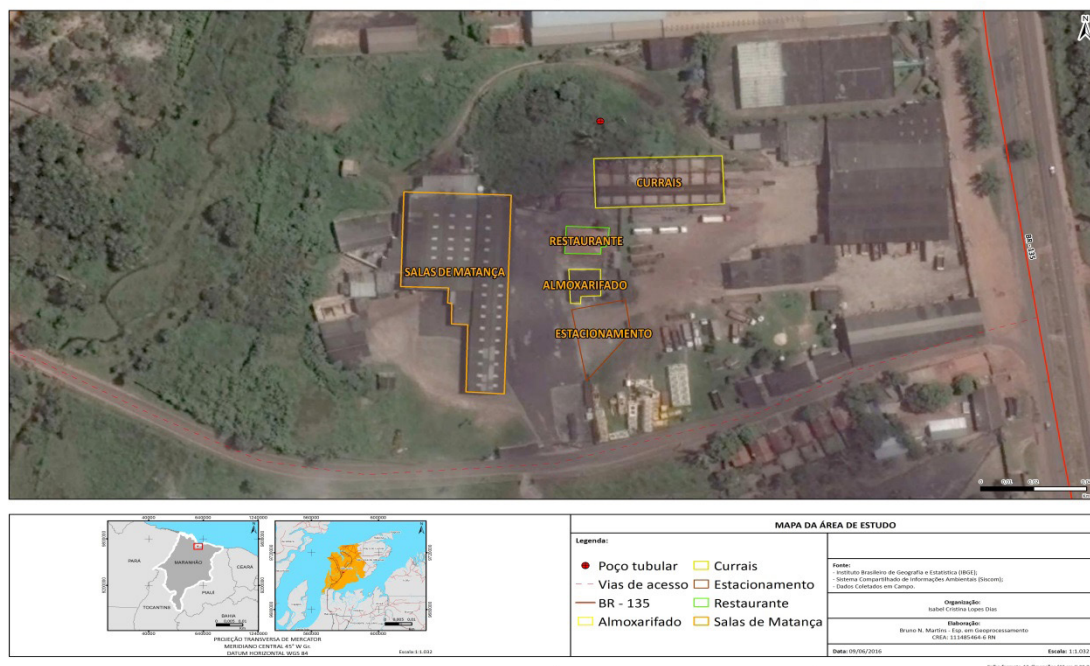


Figura 1- Localização do abatedouro.

O abatedouro em estudo possui uma produção mensal de, aproximadamente, 3.000 bovinos abatidos, com média de 120 cabeças/dia. A população trabalhadora consiste de 50 funcionários, todos com turno fixo e jornada diária com duração de 6 horas.

A fonte de abastecimento de água é um poço tubular profundo localizado dentro dos limites do empreendimento, com profundidade de 52 metros, de onde são utilizados em torno de 66 m<sup>3</sup>/dia. O aquífero em questão trata-se do Itapecuru (IBGE, 1997).

O monitoramento da água foi realizado durante o período de 7 meses, com coletas bimensais contemplando o período seco (setembro, novembro) e período chuvoso (janeiro e março).

Água utilizada no abatedouro foi coletada diretamente da fonte de abastecimento (poço tubular profundo), para a análise dos parâmetros temperatura, potencial hidrogeniônico, turbidez, alcalinidade total, nitrogênio amoniacal, cloretos, nitrito, nitrato, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*.

As coletas e análises foram realizadas por laboratório particular contratado. A coleta das amostras foi realizada em duplicata e as análises foram realizadas em triplicata. As amostras foram coletadas, preservadas, acondicionadas e analisadas de acordo com procedimentos internos do laboratório contratado, baseados no método 1060 do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005), conforme Tabela 1.

PARÂMETROS	UNIDADE	MÉTODO	LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO
Temperatura	°C	SM-2550 B	--
pH	-	SM-4500 H <sub>+</sub> B	1-13
Turbidez	uT	SM-2130	0,1
Alcalinidade total	mg/L	SM-2320 B	--
Cloretos	mg/L	SM-4110 B	1,0
Nitrogênio total	mg/L	SM-4500 N C	0,1
N amoniacal	mg/L	SM-4500-NH <sub>3</sub> B,D	--
Nitrito	mg/L	SM-4110 B	0,05
Nitrato	mg/L	SM-4110 B	0,02
Fósforo total	mg/L	SM-4500 P/B, E	0,001
DQO	mg/L	SM-5220 D	17
DBO <sub>5</sub>	mg/L	SM-5210 B	1,0
SST	mg/L	SM-2540 D	9,2
Mat. sedimentáveis	mL/L/h	SM-2540 F	0,1
Óleos e graxas	mg/L	SM-5520 B	4
Coliformes totais	NMP/100 mL	SM-9222 B	1
C. termotolerantes	NMP/100 mL	SM-9222 D	1
<i>E. coli</i>	NMP/100 mL	SM-9222 D	1

Tabela 1– Metodologias analíticas e respectivos limites de quantificação dos diferentes parâmetros determinados neste trabalho.

Os resultados das análises foram comparados aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde – MS, bem como aos valores máximos permitidos – VMP para consumo humano, definidos pela Resolução Conama nº 396, de 3 de abril de 2008. Os dados foram avaliados a partir de técnicas básicas de análise exploratória e apresentados na forma de gráficos.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os resultados dos parâmetros analisados, com destaque para aqueles que apresentaram discordância dos padrões estabelecidos pela Portaria MS nº 2.914/2011 e pela Resolução Conama nº 396/2008.

PARÂMETROS	UNIDADE	PORTARIA MS nº 2.914/2011	RESOLUÇÃO CONAMA nº 396/2008	MÊS			
				SET	NOV	JAN	MAR
Temperatura ° C	°C	-	-	25.2	26.0	25.7	22.4
Nitrogênio amoniacal	mg/L	1.5	-	0.2	0.2	0.0	0.0
Cloretos	mg/L	250	250	15.7	9.8	35.2	28.3
pH	-	6,0 - 9,5	-	6.7	<b>4.9</b>	6.5	<b>5.2</b>
Turbidez	uT	Até 5	-	1.0	1.3	2.7	2.4
Nitrato	mg/L N	10	10	2.5	2.8	4.4	4.8



Nitrito	mg/L N	1	1	0.0	0.05	0.0	0.0
Alcalinidade total	mg/L	-	-	6.0	5.0	10.0	5.0
DBO	mg/L	-	-	1.2	1.3	1.1	1.1
Coliformes totais	N. C. MF/100 mL	ausência	-	0.0	<b>2.0</b>	<b>1.0</b>	0
Coliformes termotolerantes	N. C. MF/100 mL	ausência	ausência	0.0	<b>1.0</b>	0.0	0
E. coli	N. C. MF/100 mL	ausência	ausência	0.0	<b>1.0</b>	0.0	0

Tabela 2 – Resultados obtidos durante monitoramento da qualidade da água subterrânea do abatedouro.

As médias da temperatura da água apresentaram pequena variação entre os meses de monitoramento, exceto no mês de março, quando teve o menor valor. A amplitude correspondeu a 3,6°C, com variação de 22,4°C no mês de março a 26°C em novembro, apresentando padrão esperado para o local de estudo, pois, de acordo com Franca et al. (2006), conforme a profundidade do aquífero, a temperatura é pouco superior à da superfície. Krieger (2000) explica que as águas subterrâneas respondem à média anual das temperaturas atmosféricas do local e que podem aumentar de acordo com a profundidade (1°C a cada 33 m, em média).

As temperaturas encontradas também podem estar associadas aos horários em que foram realizadas as coletas. As amostras foram coletadas entre 9 e 11 horas da manhã, quando as temperaturas tendem a se elevar um pouco mais, devido à radiação solar. Devem-se acrescentar ainda informações sobre a localização do poço, situado próximo ao asfalto, e com possibilidades de absorver maior calor.

Observou-se para o pH uma variação de 4,9 a 6,7, indicando pH da água levemente ácido. Destaca-se que, considerando-se a Portaria do Ministério da Saúde, as coletas realizadas nos meses de novembro e março mostraram-se mais ácidas, com média de valores de pH próximos de 5, ou seja, abaixo dos limites recomendados pelo Ministério da Saúde para águas de consumo humano (Figura 2).

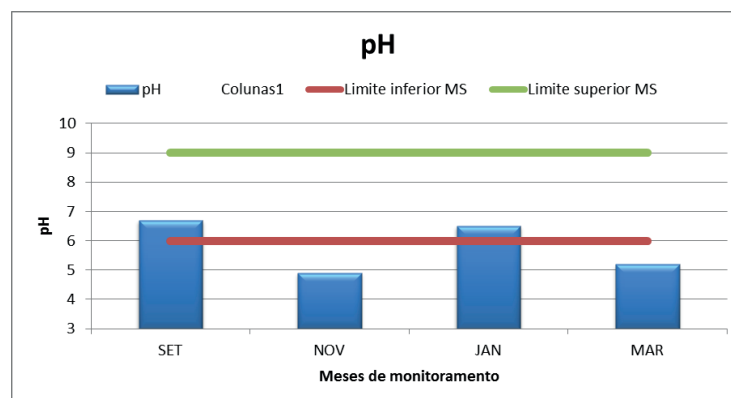


Figura 2- Valores de pH da água de consumo do abatedouro de bovinos.

Segundo Lima e Kobayashi (1988) a presença de CO<sub>2</sub> e ácidos húmicos livres em solução, além do perfil geológico da área, pode contribuir para acidez das águas subterrâneas. Para Esteves (1998), devido à grande quantidade de fatores que podem influenciar a mudança de pH, essa variável torna-se difícil de ser interpretada, mas, mesmo assim, pode ser considerada uma das variáveis mais importantes na determinação da qualidade das águas.

Antunes et al. (2004), investigando a qualidade da água destinada ao consumo humano proveniente de poços e nascentes, também encontraram valores de pH fora dos padrões recomendados pela legislação. Silva (2009), analisado o pH de água de poço destinada ao consumo humano, encontrou resultados em acordo com os parâmetros exigidos pelo Ministério da Saúde, porém, bem superiores aos encontrados na presente pesquisa, em torno de 7,6 e 8,5, respectivamente.

Nos meses amostrados, as médias do parâmetro turbidez variaram de 1 uT em setembro a 2,7 uT em janeiro. O valor mínimo foi de 0 e máximo de 3,1. Quando confrontados com a Portaria do MS, observa-se que os valores encontrados estão em conformidade com os padrões estabelecidos.

Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Silva (2009) que pesquisando a qualidade da água de poços artesianos destinados ao consumo humano detectou o parâmetro turbidez em conformidade com os limites permitidos pela legislação vigente.

As médias mensuradas para alcalinidade total variaram de 6 a 5 mg/L em setembro e novembro, respectivamente, atingindo 10 mg/L em janeiro e caindo novamente para 5 mg/L em março. O valor mínimo registrado foi de 3mg/L e o máximo de 12 mg/L, sendo os valores mais elevados aqueles obtidos no mês de janeiro em relação aos demais meses de monitoramento.

O MS não estabelece valores máximos ou mínimos para alcalinidade total, no entanto, considerando a média proposta por Krieger (2000) que é de 50 a 350 mg/L, vê-se que estão baixos os valores de alcalinidade total, corroborando com o padrão relativamente ácido encontrado nesta pesquisa. Segundo Franca et al. (2006) a alcalinidade das águas subterrâneas, geralmente, situa-se entre 100 e 300 mg/L e somente em casos excepcionais pode atingir 1000 mg/L.

Pesquisando águas de poços destinadas ao consumo humano, Marion et al. (2007) encontraram variação de alcalinidade total entre 134 e 209 mg/L, com média de 189,45 mg/L; Bezerra et al. (2012) encontraram variação de 30,68 a 97,58mg/L. Verifica-se, portanto, que os valores da literatura foram bem mais elevados que os aqui encontrados, estando, inclusive, em sua maioria, dentro dos padrões propostos por Krieger (2000). Contudo, ressalta-se que a alcalinidade não apresenta importância sanitária para água potável (KRIEGER, 2000).

Embora a DBO não seja um parâmetro definido na Portaria do Ministério da Saúde e Resolução do Conama, achou-se relevante incluí-lo no monitoramento, especialmente em função da proximidade do poço tubular do empreendimento aos

currais (Figura 1), e também por possuir pouca profundidade, estando assim, mais suscetível à contaminação oriunda da superfície do solo. A DBO contribui para um maior conhecimento da qualidade da água, ressaltando-se ainda que sua elevada concentração pode produzir sabores e odores desagradáveis.

A média dos valores de DBO encontrados variaram de 1,1 a 1,3 mg/L nos meses monitorados. O valor mínimo foi de 1mg/L e o máximo de 1,4 mg/L, demonstrando pouca variação.

Santos et al. (2011), analisando a qualidade das águas subterrâneas em Pernambuco, encontraram valores de DBO que variaram de 0 a 1,86 mg/L. De acordo com Feitosa & Filho (2000) valores de DBO superiores a 1 mg/L indicam contaminação da água subterrânea. Considerando-se este comparativo, todas as amostras da presente pesquisa giraram em torno desse valor, indicando qualidade satisfatória.

As médias para os cloretos variaram de 9,8 a 35,2mg/L. O valor mínimo foi de 7,2 mg/L e o máximo de 46 mg/L. A variação maior ocorreu no mês de janeiro, porém, todos os valores obtidos apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde e pela Resolução do Conama. Resultados dentro desta amplitude foram encontrados por Moura et al. (2009) e Bezerra et al. (2012) que em monitoramentos semelhantes encontraram conformidade aos limites preconizados.

Os valores médios de nitrato variaram de 2,5 mg/L em setembro a 4,8 mg/L em março. O menor valor foi de 1,7 mg/L e o maior de 5,7 mg/L, correspondendo a um leve aumento nas médias, porém, sem variações significativas. Alaburda & Nishihara (1998) consideram que concentrações superiores a 3 mg/L em amostras de água são indicativos de contaminação por atividades antropogênicas. Nesta pesquisa, apenas as duas últimas amostragens (janeiro e março) enquadram-se nesta situação. Com relação à Resolução do Conama e à Portaria do MS, todos os resultados estavam abaixo dos limites estabelecidos, que é de 10 mg/L em ambas as legislações (Figura 3).

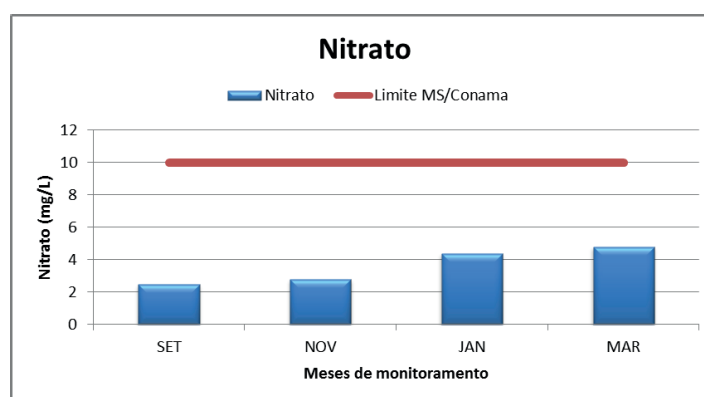


Figura 3- Valores de Nitrato da água de consumo do abatedouro de bovinos.

Os resultados para o nitrato, em conformidade com as legislações vigentes, foram discordantes dos resultados de Bezerra et al. (2012), que analisando as águas subterrâneas provenientes de 9 poços destinadas ao abastecimento da cidade de Juazeiro do Norte - CE encontraram um dos poços com concentração de nitrato acima do máximo permitido.

Com relação ao nitrito, os resultados do monitoramento realizado não ultrapassaram o valor de 0,05 mg/L, mostrando uniformidade entre os meses pesquisados e conformidade com o limite preconizado pela Portaria do MS e Resolução do Conama, que é de 1 mg/L.

Esses resultados diferiram de Alaburda & Nishihara (1998), que ao investigarem a ocorrência de compostos nitrogenados em aquíferos subterrâneos utilizados como fonte de abastecimento, verificaram que das 607 amostras analisadas, 3,6% (n=22), estavam acima dos limites permitidos pela legislação. Em contrapartida, Silva & Araújo (2003), analisando a potabilidade do manancial subterrâneo de áreas urbanas de Feira de Santana – BA, encontraram resultados semelhantes aos da presente pesquisa, ao constatarem que 100% das amostras atendeu ao recomendado pela legislação vigente para o parâmetro nitrito.

As análises referentes aos valores de nitrogênio amoniacal, ao longo dos meses de monitoramento, não ultrapassaram o valor médio de 0,23 mg/L, obtido no mês de setembro. O valor mínimo foi 0 e o máximo 0,31 mg/L, bem abaixo do limite estabelecido pelo MS, que é 1,5 mg/L.

Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Rigobelo et al. (2009) ao pesquisarem a água de propriedades rurais da região de Dracena–SP e detectarem a concentração de 0,006 mg/L; ao contrário de Cabral (2007), que detectou a presença de teores elevados de nitrogênio amoniacal, variando de 0,01 a 10,6 mg/L, ao analisarem a potabilidade das águas do aquífero Barreiras, em Belém-PA.

Quanto ao resultado das análises microbiológicas, nos meses de novembro e janeiro as amostras detectaram presença de coliformes totais, portanto, fora do padrão preconizado tanto pelo MS como pelo Conama. Coliformes termotolerantes e *E. coli*, estavam presentes no mês de novembro, apresentando-se fora do padrão recomendado pelas legislações. Os maiores valores registrados para coliformes totais, termotolerantes e *E. coli* foram 3, 1 e 2 NMP/100 mL, respectivamente; o menor valor registrado foi 0 para os três parâmetros.

Nóbrega e Calil (2011), investigando a qualidade da água nas indústrias de alimentos encontraram de um total de 2.883 laudos analisados, 11,05% de não conformidades para o parâmetro Coliformes Totais. Freitas et al. (2001), analisando a potabilidade da água e sua importância para a saúde pública no Rio de Janeiro, observaram 99,3% das amostras coletadas ao longo de determinado período, no mesmo poço, com valores de Coliformes Termotolerantes insatisfatórios.

Saraiva (2006), ao avaliar as condições higiênico-sanitárias da água utilizada em abatedouros de São Luís-MA, encontrou Coliformes Totais em mais de 90% das

amostras analisadas e Coliformes Termotolerantes em mais de 50%, porém, não foi detectada a presença de *E. coli* nas amostras. Silva & Araújo (2003) encontraram Coliformes Totais em cerca de 90% das amostras e Coliformes Termotolerantes em 65%. Por outro lado, Rigobelo et al. (2009) e Moura et al. (2009) obtiveram ausência para Coliformes Totais e Termotolerantes em todas as amostras analisadas provenientes de poços destinados ao abastecimento humano.

A *Escherichia coli* caracteriza-se por sua presença na microbiota intestinal de humanos e de animais, além de ser comum em ambientes contaminados por material fecal humano e animal e em produtos alimentícios derivados de animais (KÜHN et al., 2003), bem como está relacionada com contaminação fecal, no caso das águas. Bouvet et al. (2001), ao descreverem a presença de cepas de *Escherichia coli* produtoras de verotoxina (ECVT) em amostras de água de abastecimento, colhidas em abatedouros na França, ressaltaram a relevância das águas de abastecimento como fontes potenciais de contaminação em abatedouros.

Aspecto importante a ser ressaltado, que pode ter relação com a presença de coliformes termotolerantes na água, é a proximidade do poço tubular aos currais, em desacordo com as recomendações da ANA e FUNASA (BRASIL, 2002; 2004), que dizem que poços devem estar localizados a, no mínimo, 45 m desses locais.

#### 4 | CONCLUSÕES

No que diz respeito à Resolução Conama nº 396/2008, os parâmetros comparados foram cloreto, nitrato, nitrito, coliformes termotolerantes e *E. coli*. Cloreto, nitrato e nitrito apresentaram conformidade com esta resolução, porém, coliformes termotolerantes e *E. coli* foram discordantes no mês de novembro.

Com relação à Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, a variável pH em novembro e março; coliformes totais, coliformes termotolerantes e *E. coli* no mês de novembro e coliformes totais em janeiro, estavam em desacordo com os limites estabelecidos por esta legislação.

Apesar de ter sido verificada a presença de coliformes totais, termotolerantes e *E. coli* durante o monitoramento, a água utilizada no abatedouro pode ser considerada satisfatória, uma vez que os principais indicadores, coliformes termotolerantes e *E. coli*, foram diagnosticados em apenas uma das amostras.

Por outro lado, sugere-se que sejam adotadas algumas medidas preventivas, como: implementação do tratamento simplificado da água utilizada no processo produtivo do abatedouro, estabelecimento de cronograma de limpeza periódica dos reservatórios de armazenamento, bem como a construção de um sistema de drenagem nos currais, com canalização e tratamento adequado das águas pluviais e efluentes oriundos de sua lavagem, pois, considerando a proximidade do poço, essa medida pode evitar contaminações futuras da água utilizada no abate.

## REFERÊNCIAS

- ALABURDA, J. & NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Revista de Saúde Pública**, v. 32, n. 2, p. 160-165, 1998.
- AMARAL, L. A.; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O. D.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, 2003, v. 37, n. 4, p. 510-514.
- ANTUNES, A. C.; CASTRO, M. C. F. M.; GUARDA, V. L. M. Influência da qualidade da água destinada ao consumo humano no estado nutricional de crianças com idades entre 3 e 6 anos, no município de Ouro Preto-MG. **Alimentos e Nutrição**, v. 15, n. 3, p. 221-226, 2004.
- APHA.AWWA.WPCF. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 21 ed. Washington, 2005.
- BEZERRA, C. O.; SOUZA, I. L. T. A.; ALMEIDA, J. R. F. Monitoramento da qualidade físico-química das águas subterrâneas provenientes de poços localizados próximos ao riacho dos macacos em Juazeiro do Norte-Ceará. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7., 2012, Palmas. **Anais...** Palmas: IFTO, 2012.
- BOUVET, J.; BAVAI, C.; ROSSEL, R.; LE ROUX, A.; MONTET, M. P.; RAY-GUENIOT, S.; MAZUY, C.; ARQUILLIÈRE, C.; VERNZOZY-ROZAND, C. Prevalence of verotoxin-producing Escherichia coli and E. coli O157:H7 in pig carcasses from three French slaughterhouses. **International Journal of Food Microbiology**, v. 71, n. 2-3, p. 249-255, 2001.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 3. ed. Brasília: ASCOM/PRESI/FUNASA/MS, 2004, 408 p.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas - ANA. Superintendência de Informações Hidrológicas - SIH. Águas Subterrâneas. Brasília, DF, 2002, 85 p.
- CABRAL, N. M. T. Teores de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) nas águas do aquífero Barreiras nos bairros do Reduto, Nazaré e Umarizal - Belém/PA. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 1804-1808, 2007.
- DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 1993.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência / FINEP, 1988. 575 p.
- FEITOSA, F. A. C. & FILHO, M. J. **Hidrologia: Conceitos e Aplicações**. Fortaleza: CPRM-LABHIDUFPE, 2000. 391 p.
- FRANCA, R. M.; FRISCHKORN, H.; SANTOS, M. R. P.; MENDONÇA, L. A. R. & BESERRA, M. C. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte, Ceará. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, n. 11, p. 92-102, 2006.
- FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, n. 3, p. 651-660, 2001.
- HELBEL, A. NUNES, F.; M. L. A.; MARCHETTO, M. Água subterrânea: estudo de caso em Ji-Paraná, RO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 15., 2008, Natal. Anais... Natal: ABAS, 2008.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Zoneamento Geoambiental do Estado do Maranhão**. Rio de Janeiro, IBGE, 1997.
- KRIEGER, E. I. F. **Avaliação da Contaminação das Águas Subterrâneas na Área de Influência**

**da Usina de tratamento de Resíduos S/A – UTRESA, em Estância Velha (RS).** 2000. 174 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

KÜHN, I.; et al. Comparison of enterococcal populations in animals, humans, and the environmental – a European study. **International Journal of Food Microbiology**, v. 88, n. 2-3, p. 133-145, 2003.

LIMA, W. N.; KOBAYASHI, C. N. Sobre o quimismo predominante nas águas do sistema fluviestuário de Barcarena, PA. **Geochimica Brasiliensis**, v. 2, n. 1, p. 53 - 71. 1988.

MARION, F. A.; CAPOANE, V.; SILVA, J. L. S. Avaliação da qualidade da água subterrânea em poço no campus da UFSM, Santa Maria – RS. **Ciência e Natura**, v. 29, n. 1, p. 97-109, 2007.

MOURA, M. H. G.; BUENO, R. M.; MILANI, I. C.; COLLARES, G. L. Análise das águas dos poços artesanais do campus CAVG-UFPEL. In: MOSTRA DE TRABALHOS DE TECNOLOGIA AMBIENTAL, 2., 2009, Pelotas. **Livro de Resumos...** Pelotas: IFSul, 2009. 58 f.

NÓBREGA, E. L.; CALIL, R. M. Qualidade das águas nas indústrias de alimentos. **Higiene Alimentar**, v. 45, n. 194/195, p. 1225-26, 2011.

RIGOBELLO, E. C.; MINGATTO, F. H.; TAKAHASHI, L. S.; ÁVILA, F. A. Padrão físico-químico e microbiológico da água de propriedades rurais da região de Dracena. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 7, n. 2, p. 219-224, 2009.

SANTOS, A. F. D.; RODRIGUES, A. C. L.; MEDEIROS, C. M.; AMORIM, H. R. F. Análise qualitativa de águas superficiais e subterrâneas em parte da porção sedimentar da região do baixo curso do rio Paraíba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS, 29., 2011, Maceió. **Anais...** Maceió: UFAL, 2011.

SARAIVA, L. Q. **Avaliação da qualidade higiênico-sanitária da água utilizada em abatedouros de bovinos e suínos.** 2006. 57 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2006.

SILVA, A. L. **Qualidade da água do poço artesiano na região do Arroio Dourado em Foz do Iguaçu –PR.** 2009. 77 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - União Dinâmica das Faculdades Cataratas, Foz do Iguaçu, 2009.

SILVA, R. C. A.; ARAUJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003.

## A OCORRÊNCIA NATURAL DE NÍQUEL E CROMO (III) EM ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS COMPLEXOS ULTRABÁSICOS E ALCALINOS, O EXEMPLO DE JACUPIRANGA

**Augusto Nobre Gonçalves**

Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental

Universidade Presbiteriana Mackenzie, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais e Nanotecnologia  
São Paulo – SP

**RESUMO:** O trabalho analisou a ocorrência natural dos metais níquel e cromo trivalente em solo e água subterrânea a partir de contexto geológico favorável à disponibilização desses elementos químicos. Como resultado dos trabalhos foi possível observar que apesar de apresentar condições geológicas propícias, somente os processos pedológico-lateríticos e de lixiviação do solo não são capazes de disponibilizar concentrações de níquel e cromo (III) que apresentem risco à saúde humana em trabalhadores de ambientes comerciais e industriais. A presença de processos complementares de enriquecimento é necessária para que a tendência de ocorrência dos metais possa ser vista como risco.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cromo Trivalente, Níquel, Solo, Água Subterrânea, Lixiviação.

THE NATURAL OCCURRENCE OF NICKEL AND CHROME (III) IN GROUNDWATER IN ULTRABASIC AND ALKALINE COMPLEXES, THE EXAMPLE OF JACUPIRANGA

**ABSTRACT:** The work analyzed the natural occurrence of nickel and trivalent chromium in soil and groundwater from a geological context favorable for the availability of these chemical elements. As a result of the work, it was possible to observe that despite the presence of favorable geological conditions, the soil genesis, laterological processes and leaching alone are not enough for the occurrence of nickel and chromium (III) concentrations that pose any significant risk to human health regarding commercial and industrial workers. Complementary processes of enrichment are necessary for the tendency of those metals to occur to be considered a risk.

### 1 | INTRODUÇÃO

O Complexo Ultrabásico Alcalino de Jacupiranga, localizado no município de Cajati, estado de São Paulo, sudeste brasileiro, é conhecido desde o final do século XIX (Bauer, 1890) e corresponde a um dos mais característicos maciços rochosos ultrabásicos e alcalinos dentre os diversos existentes ao redor da Bacia Sedimentar do Paraná, no Brasil



(Almeida, 1983). Possui forma ovalada, com alongação NW-SE, ocupando uma área de 65 km<sup>2</sup> (Oliveira e Trescases, 1985) e se apresenta encaixado sobre rochas pré-cambrianas da Formação Turvo-Cajati e da Suíte Intrusiva de Itapeúna.

A estrutura do maciço, conforme pode ser observada na Figura 1, apresenta dois corpos intrusivos principais: o dunítico setentrional e o clinopiroxenítico meridional, que intrudiram sequências proterozoicas durante eventos associados à gênese do Arco de Ponta Grossa (Almeida, 1983).

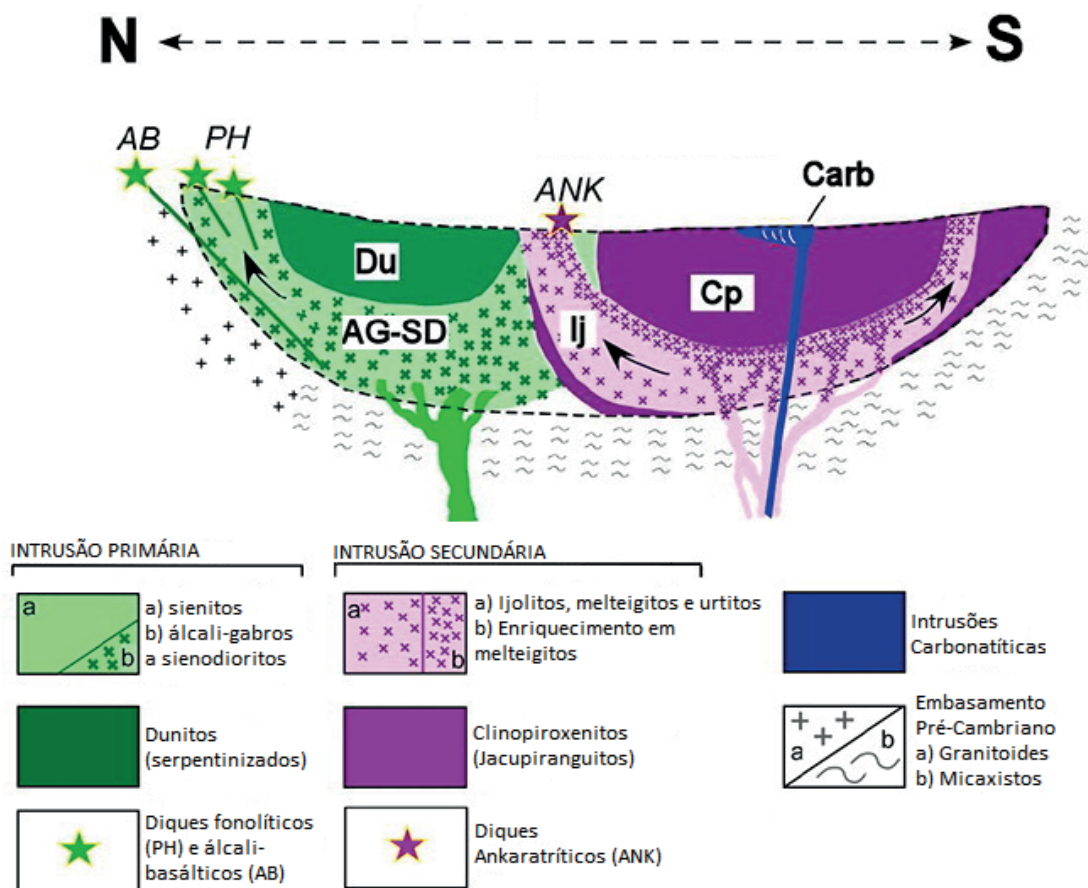


Figura 1 - Contexto geológico das intrusões ígneas. Du – dunitos; Cp – clinopiroxenitos; Carb – carbonatitos; AG-SD – álcali-gabros a sienodioritos; Ij – ijolitos; AB – diques álcali-basálticos; PH – diques fonolíticos; ANK – diques ankaratríticos (modificado de Beccaluva et al., 2017).

O corpo setentrional (Ulbrich e Gomes, 1981), dunítico, corresponde à intrusão de rochas mantélicas fundamentalmente compostas por dunitos, com olivina monzonitos, dioritos e fenitos sieníticos associados. O corpo meridional, piroxenítico, apresenta rochas de transição entre mantélicas e astenosféricas, sendo compostas por carbonatitos, fenitos sieníticos, ijolitos e, predominantemente, clinopiroxenitos, excepcionalidade geológica com ocorrências importantes visualizadas na Lapônia (Konnunaho et al., 2018) e na Península de Kola (Kogarko, 2018).

O Complexo de Jacupiranga possui uma associação incomum de rochas: alcalinas e ultrabásicas, naturalmente enriquecidas em minerais de composição metálica (Oliveira et al., 1988). Devido ao clima quente e úmido, que favorece a ação do intemperismo químico, há o desenvolvimento de camadas de solo laterítico com

teores de metais mais significativos do que as concentrações observadas em seus protólitos (Oliveira e Trescases, 1985).

Este trabalho concentrou-se em adquirir dados geoquímicos da ocorrência de metais nas matrizes ambientais solo (laterítico) e água subterrânea, com o intuito de caracterizar quimicamente a alteração supérgena das rochas piroxeníticas, a lixiviação dos metais e a sua disponibilização natural nas águas subterrâneas associadas a essas litologias. Por outro lado, os trabalhos anteriores a respeito da região de estudo são principalmente voltados à mineralogia e à petrologia, não abordando o risco ambiental que essa região pode implicar para a população local, objetivo deste estudo.

A ocupação antrópica dos terrenos contextualizados hidrogeologicamente no complexo é variada, apresentando caráter comercial, industrial e residencial. Como forma de analisar a possibilidade de a disposição natural de metais configurar risco à ocupação humana, com base no resultado das análises realizadas, foi possível a comparação com os limites ambientais estabelecidos pelos valores orientadores de intervenção estabelecidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2016), a fim de verificar a possível nocividade das matrizes ambientais solo e água subterrânea à população.

Os processos geológicos que promovem a liberação de metais em água subterrânea a partir de minerais intemperizados são complexos e variam conforme a ocorrência geológica e seu sistema hidrogeológico associado (Alloway, 1995; D'Amore et al., 2005).

Por esse motivo, este estudo se concentrou acerca dos metais níquel e cromo (III), dois dos metais de maior ocorrência no complexo, conforme exposto amplamente na literatura (Oliveira e Trescases, 1985; Oliveira et al., 1988; Ruberti et al., 2000; Beccaluva et al., 2017). O teor de metais no solo da região apresentou interesse de exploração mineral no passado (Golightly, 1981; Oliveira e Trescases, 1985), mas o conhecimento acerca da lixiviação e, conseqüentemente, a ocorrência dessa substância em água subterrânea ainda são restritos.

## **2 | PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS**

Foram selecionados 40 pontos para a realização de sondagens para a coleta de solo em regiões mapeadas como piroxenitos. Sempre que possível, quando o solo não se mostrou impenetrável, as amostragens foram realizadas em duas profundidades: aos 0,30 m e aos 0,60 m, utilizando-se como critério de seleção regiões afastadas de atividades potencialmente contaminantes e com boa distribuição espacial dentro do contexto geológico e hidrogeológico de interesse. O nível d'água na região fica em torno de 0,60 m, reforçando a importância dessa profundidade na análise dos materiais geológicos.

A técnica empregada na amostragem de solo foi o *direct push* (ASTM, 2014) com uso de um martetele manual, hastes e amostrador de solo tubular, contendo em seu interior um *liner* de polietileno cilíndrico para a coleta de solo.

Durante o levantamento de campo foram observados 13 poços de monitoramento instalados em solos contextualizados nas litologias de interesse e que permitiram a amostragem de água subterrânea pelo método *Low-Flow Purging and Sampling* (ASTM, 2018).

A amostragem de água subterrânea pela técnica da baixa vazão baseia-se na estabilidade hidráulica, visando minimizar as perturbações causadas nos fluxos e nível d'água em decorrência da retirada de água durante a amostragem. Para isso, a bomba de amostragem é posicionada no ponto médio da coluna d'água de cada poço, adotando-se uma vazão inicial arbitrária, mas suficientemente baixa para não causar rebaixamentos excessivos no nível d'água. A estabilidade hidráulica deve atender aos seguintes padrões:

- Potencial Hidrogeniônico (pH) oscilando entre  $\pm 0,2$ .
- Temperatura oscilando em  $\pm 0,5$  °C.
- Oxigênio Dissolvido (OD) oscilando em  $\pm 0,2$  mg/L.
- Condutividade elétrica oscilando em  $\pm 05$  %.
- Potencial de Redução (Eh) oscilando em  $\pm 05$  %.

Após a estabilização, adotou-se a vazão atingida como máxima, e a partir desse momento, foi coletada a amostra de água subterrânea nos poços de monitoramento identificados.

Um poço tubular profundo foi encontrado e teve uma amostra de água coletada diretamente da torneira na saída da tubulação do poço.

As análises químicas quantitativas para os parâmetros níquel e cromo (III) para as amostras de solo e água subterrânea foram realizadas por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-AES).

### 3 | CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DO SOLO

Os valores de níquel e cromo (III) obtidos a partir do solo podem ser observados, respectivamente, nas Tabelas 1 e 2. Os valores identificados como n.d. na tabela correspondem a valores não detectados do parâmetro analisado. As amostras com valores n.a. apontados na tabela são associadas a profundidades em que o solo se tornou impenetrável antes que fosse possível alcançar o horizonte de interesse (consequentemente, essas profundidades não foram amostradas).

<b>Amostra</b>	<b>Profundidade (m)</b>	<b>Concentração (mg/Kg)</b>	<b>Profundidade (m)</b>	<b>Concentração (mg/Kg)</b>
S-1	0,30	54,00	0,60	100,00
S-2	0,30	40,00	0,60	70,00
S-3	0,30	31,00	0,60	53,00
S-4	0,30	41,00	0,60	59,00
S-5	0,30	69,00	0,60	117,00
S-6	0,30	13,00	0,60	43,00
S-7	0,30	24,00	0,60	70,00
S-8	0,30	n.d.	0,60	n.d.
S-9	0,30	14,00	0,60	11,00
S-10	0,30	3,10	0,60	0,00
S-11	0,30	30,00	0,60	n.a.
S-12	0,30	142,00	0,60	95,00
S-13	0,30	58,00	0,60	65,00
S-14	0,30	39,00	0,60	82,00
S-15	0,30	16,00	0,60	24,00
S-16	0,30	31,00	0,60	6,60
S-17	0,30	3,90	0,60	3,50
S-18	0,30	0,00	0,60	5,00
S-19	0,30	23,00	0,60	23,00
S-20	0,30	0,00	0,60	0,00
S-21	0,30	11,00	0,60	11,00
S-22	0,30	15,00	0,60	7,90
S-23	0,30	8,30	0,60	0,00
S-24	0,30	0,00	0,60	103,00
S-25	0,30	0,00	0,60	25,00
S-26	0,30	89,00	0,60	0,00
S-27	0,30	4,10	0,60	5,70
S-28	0,30	68,00	0,60	102,00
S-29	0,30	5,50	0,60	n.a.
S-30	0,30	22,00	0,60	n.a.
S-31	0,30	36,00	0,60	33,00
S-32	0,30	9,50	0,60	4,80
S-33	0,30	4,50	0,60	3,10
S-34	0,30	0,00	0,60	0,00
S-35	0,30	52,00	0,60	46,00
S-36	0,30	47,00	0,60	n.a.
S-37	0,30	30,00	0,60	32,00
S-38	0,30	19,00	0,60	15,00
S-39	0,30	11,00	0,60	5,70
S-40	0,30	4,60	0,60	3,80
<b>Média</b>	0,30	27,40	0,60	35,00

Tabela 1. Concentração de níquel em solo.

Amostra	Profundidade (m)	Concentração (mg/Kg)	Profundidade (m)	Concentração (mg/Kg)
S-1	0,30	64,00	0,60	86,00
S-2	0,30	71,00	0,60	35,00
S-3	0,30	41,00	0,60	77,00
S-4	0,30	57,00	0,60	52,00
S-5	0,30	331,00	0,60	351,00
S-6	0,30	19,00	0,60	46,00
S-7	0,30	47,00	0,60	47,00
S-8	0,30	1,50	0,60	1,50
S-9	0,30	19,00	0,60	73,00
S-10	0,30	2,50	0,60	1,80
S-11	0,30	16,00	0,60	n.a.
S-12	0,30	284,00	0,60	302,00
S-13	0,30	185,00	0,60	220,00
S-14	0,30	53,00	0,60	57,00
S-15	0,30	21,00	0,60	54,00
S-16	0,30	181,00	0,60	13,00
S-17	0,30	5,80	0,60	15,00
S-18	0,30	1,70	0,60	4,20
S-19	0,30	14,00	0,60	15,00
S-20	0,30	1,90	0,60	1,30
S-21	0,30	122,00	0,60	22,00
S-22	0,30	17,00	0,60	5,20
S-23	0,30	22,00	0,60	4,90
S-24	0,30	1,80	0,60	94,00
S-25	0,30	1,40	0,60	30,00
S-26	0,30	126,00	0,60	1,00
S-27	0,30	3,30	0,60	5,10
S-28	0,30	71,00	0,60	197,00
S-29	0,30	44,00	0,60	n.a.
S-30	0,30	113,00	0,60	n.a.
S-31	0,30	33,00	0,60	10,00
S-32	0,30	8,00	0,60	9,90
S-33	0,30	8,60	0,60	7,90
S-34	0,30	2,80	0,60	2,30
S-35	0,30	124,00	0,60	21,00
S-36	0,30	25,00	0,60	n.a.
S-37	0,30	21,00	0,60	17,00
S-38	0,30	28,00	0,60	16,00
S-39	0,30	17,00	0,60	17,00
S-40	0,30	2,30	0,60	n.d.
Média	0,30	55,19	0,60	54,63

Tabela 2. Concentração de cromo (III) em solo.

#### 4 | CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

O poço tubular profundo possui aproximadamente 50 m de profundidade e sua

seção filtrante se encontra em rocha inalterada, associada ao aquífero cristalino fraturado.

A água subterrânea coletada junto ao poço tubular profundo não apresentou concentrações identificáveis de cromo III, mas foi identificado teor de 2,6 µg/L de níquel, cujo pH aferido foi 6,65.

As concentrações de níquel e cromo (III) encontradas nos 13 poços de monitoramento podem ser observadas na Tabela 3.

	PM 1	PM 2	PM 3	PM 4	PM 5	PM 6	PM 7	PM 8	PM 9	PM 10	PM 11	PM 12	PM 13	Média
CROMO (III)	0,00	27,00	21,00	0,00	0,00	72,00	60,00	334,00	43,90	0,00	0,00	58,00	9,70	48,12
NÍQUEL	2,20	10,00	8,50	43,00	5,70	38,00	13,50	138,00	5,70	2,10	5,60	43,90	4,40	24,66
pH	5,62	7,54	5,57	7,82	6,70	9,88	5,17	7,50	6,98	5,70	7,19	6,57	7,03	6,87

Tabela 3. Concentração de cromo e níquel em água subterrânea.

## 5 | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

O trabalho de Oliveira et al. (1988) mostra que as rochas piroxeníticas do Complexo Alcalino de Jacupiranga apresentam teor médio de níquel de aproximadamente 0,3% em massa da rocha, mas que em solos lateríticos é possível observar um aumento dessa concentração para 1,5%.

Foi possível observar a concentração média de níquel em 27,40mg/kg (0,0027%) aos 0,30m de profundidade e de 35,00mg/kg (0,0035%) aos 0,60m de profundidade para as amostras de solo analisadas. A concentração média em água subterrânea observada foi da ordem de 24,66µg/L (0,0024%).

Ruberti et al. (2000) demonstram que a ocorrência de cromo trivalente nas rochas do complexo possui teor médio de 0,3% em massa. No entanto, o enriquecimento supérgeno na concentração do metal faz com que a sua acumulação no solo laterítico seja da ordem de 3,0%.

As concentrações médias em massa de cromo identificadas em solo foram da ordem de 55,19mg/kg (0,0055%) aos 0,30m e 54,63 mg/kg (0,0054%) aos 0,60m, que refletiram em incorporação na água subterrânea do aquífero superficial com teor médio de 24,66µg/L (0,0024%).

Quando comparados aos valores orientadores da CETESB (2016) para o estado de São Paulo, para a matriz água subterrânea, tanto o parâmetro níquel, quanto o parâmetro cromo (III), situaram-se abaixo dos limites de intervenção de, respectivamente, 70 e 50 µg/L (0,0070 e 0,0050%) para um cenário de exposição de trabalhadores industriais às matrizes ambientais (pois a principal ocupação humana em contato com a água subterrânea do complexo alcalino permanece sendo industrial, com empresas de extrativismo e transformação mineral).

De forma análoga, para o solo, o valor orientador de intervenção para o mesmo cenário de trabalhadores industriais é de 400 mg/kg para cromo e de 3.800 mg/kg para níquel (respectivamente 0,040 e 0,380%).

Desta forma foi possível observar que, apesar da ocorrência natural desses metais neste contexto geológico e hidrogeológico, os metais níquel e cromo trivalente, mesmo após se enriquecerem durante o intemperismo das rochas, ao serem disponibilizados em água subterrânea não chegam a apresentar risco à saúde para o principal cenário de ocupação humana na região sem que exista qualquer fator de enriquecimento complementar dessas fontes.

## 6 | AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais e Nanotecnologia da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

## REFERÊNCIAS

- ALLOWAY, B. J. **Heavy Metals in Soils**. 2. ed. Londres: Blackie Academic and Professional, 1995.
- ALMEIDA, F. F. M. Relações tectônicas das rochas alcalinas mesozoicas da região meridional da Plataforma Sul-Americana. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 139-158, 1983.
- ASTM. **Standard Guide for Direct Push Soil Sampling for Environmental Site Characterizations - D6282 / D6282M-14**. ASTM International, West Conshohocken, 2014.
- ASTM. **Standard Practice for Low-Flow Purging and Sampling for Wells and Devices Used for Ground-Water Quality Investigations - D6771-18**. ASTM International, West Conshohocken, 2018.
- BAUER, H. C. As minas de Iporanga. **Revista Engenharia**, São Paulo, n. 232, p. 85-87. 1890.
- BECCALUVA, L.; BIANCHINI, G.; Natali, C.; SIENA, F. The alkaline-carbonatite complex of Jacupiranga (Brazil): Magma genesis and mode of emplacement. **Gondwana Research**, São Paulo, v. 44, p. 157-177, 2017.
- CETESB, **Decisão de Diretoria** nº 256/2016/E de 22 de **Novembro de 2016**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo, p. 1-6, 2016.
- GOLIGHTLY, J. P. Nickeliferous Laterite Deposits. **Economic Geology**, v. 75, p. 710-735, 1981.
- KONNUNAHO, J.; HANSKI, E.; KARINEN, T.; LAHAYE, Y.; MAKKONEN, H. The petrology and genesis of the Paleoproterozoic mafic intrusion-hosted Co-Cu-Ni deposit at Hietakero, NW Finnish Lapland. **Bulletin of the Geological Society of Finland**, v. 90, 2018.
- KOGARKO, L. Chemical Composition and Petrogenetic Implications of Apatite in the Khibiny Apatite-Nepheline Deposits (Kola Peninsula). **Minerals**, v. 8, n. 11, 2018.

OLIVEIRA, S. M. B.; MELFI, A. J.; CARVALHO, A.; FRIERICH, G.; MARKER, A.; KANIG, M. Lateritic Evolution of the Jacupiranga Alkaline Complex, SP. **Geochimica Brasiliensis**, v. 2, n. 2, p. 119-126, 1988.

OLIVEIRA, S. M. B.; TRESCASES, J. J. O depósito de níquel de Jacupiranga: mineralogia e geoquímica. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 249-254, 1985.

RUBERTI, E.; GOMES, C. B.; MELCHER, G. C.; ULBRICH, H. H. G. J.; ULBRICH, M. N. C. The Jacupiranga Carbonatite Complex (Part I), Eastern Brazil. **31º International Geological Congress Post-Congress Field Trip**, p. 1-44, 2000.

ULBRICH, H. H. G. J.; GOMES, C. B. Alkaline rocks from continental Brazil. **Earth Sciences Review**, v. 17, p. 135-154, 1981.



## OCORRÊNCIA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE MONTES CLAROS - MG: UM ESTUDO DE CASO UTILIZANDO A GEOTECNOLOGIA

**Marcela Almeida Alves**

Universidade Estadual de Montes Claros  
Montes Claros – MG

**Marcos Rodrigues Cordeiro**

Universidade Estadual de Montes Claros  
Montes Claros – MG

**RESUMO:** 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. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo verificar a ocorrência das águas subterrâneas no município de Montes Claros-MG, a fim de ampliar o conhecimento hidrogeológico da região. A metodologia baseou-se em uma pesquisa quali-quantitativa com caráter descritivo, através de um estudo de caso realizado no município com a utilização de ferramentas do Geoprocessamento. Os resultados apresentaram satisfatoriedade na utilização da Geotecnologia, visto que foram obtidos dados relevantes da região em estudo, como o mapeamento da superfície freática, das vazões dos poços perfurados e da topografia local. Pode-se concluir que este estudo permitiu a contribuição e o suporte técnico às políticas

públicas para a gestão dos recursos hídricos do município.

**PALAVRAS-CHAVE:** Águas Subterrâneas. Hidrogeologia. Geoprocessamento.

### OCCURRENCE OF UNDERGROUND WATERS IN THE MUNICIPALITY OF MONTES CLAROS - MG: A CASE STUDY USING GEOTECHNOLOGY

**ABSTRACT:** The study of groundwater, with globalization, takes on an increasingly significant importance, since it is understood as an instrument capable of providing a solution to problems of water supply. Through certain tools it is possible to synthesize the geographic space and improve the study of this resource. Therefore, this work had as objective to verify the occurrence of groundwater in the municipality of Montes Claros-MG, in order to expand the hydrogeological knowledge of the region. The methodology was based on a qualitative-quantitative research with a descriptive character, through a case study carried out in the municipality with the use of Geoprocessing tools. The results were satisfactory in the use of Geotechnology, since relevant data were obtained from the region under study, such as groundwater mapping, drilling wells and local topography. It can be concluded that this study allowed the contribution and the technical support to the public policies for the management of the municipality's water resources.

## 1 | INTRODUÇÃO

A discussão acerca da gestão dos recursos hídricos e, principalmente, as diretrizes relacionadas à preservação e ao uso racional da água se tornaram assuntos de extrema abrangência no cenário atual. Sabe-se que vivenciamos uma era em que o consumo exacerbado e descontrolado da água gera um déficit na sua quantidade que, por sua vez, desencadeia uma grande preocupação em relação à sua disponibilidade futura. No Brasil esse fato é bem recorrente.

Segundo a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas - ABAS (2018), mais de 97% da água doce disponível no mundo para consumo correspondem às águas subterrâneas. Além disso, representam um recurso que, quando comparadas às demais fontes hídricas superficiais, possuem um valor inferior de captação e um menor grau de contaminação. Muitas cidades brasileiras já são abastecidas, total ou parcialmente, por água subterrânea. No estado de São Paulo, por exemplo, cerca de 70% da zona urbana e aproximadamente 90% das indústrias já são abastecidas dessa maneira.

O conceito de aquífero está relacionado a uma formação geológica do subsolo, constituído por rochas que armazenam água em seus poros ou fraturas. Trata-se de um material geológico capaz de servir de depósito e de transmissor da água que está armazenada. A constituição geológica do aquífero é que irá determinar a velocidade da água, a quantidade e a sua qualidade como reservatório. (ABAS, 2018). O estudo das propriedades físicas das rochas é fundamental para verificar o comportamento da distribuição dos fluidos no espaço poroso.

O estudo da água subterrânea, 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. O seu uso requer o desenvolvimento de técnicas que possibilitem o conhecimento hidrogeológico a fim de verificar a ocorrência das águas, o comportamento dinâmico dos sistemas físicos e o monitoramento desses recursos. Através de determinadas ferramentas é possível aprimorar o conhecimento das águas subterrâneas, e a utilização da geotecnologia se aplica nesse caso, visto que é uma ferramenta empregada na obtenção das informações necessárias do espaço geográfico e da dinâmica hídrica.

Dentre as maneiras de usufruir deste recurso, encontra-se a perfuração de poços tubulares. O município de Montes Claros, Minas Gerais, dispõe de um sistema de abastecimento de água operado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e é composto, praticamente em sua totalidade, por captações de águas superficiais. No entanto, uma pequena cota provém das águas subterrâneas de alguns poços ativos na região. (ARSAE, 2017). Além dos poços usados no abastecimento da

cidade, existem aqueles perfurados para outros fins, de uso comunitário ou particular.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo verificar a ocorrência das águas subterrâneas no município de Montes Claros - MG, a fim de ampliar o conhecimento hidrogeológico da região através do mapeamento da superfície freática, da vazão de poços perfurados na região e da topografia local. Foram utilizados dados de poços artesianos para configurar tecnicamente o nível freático da área de estudo através da utilização de ferramentas do geoprocessamento.

## 2 | CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ESTUDO

O município de Montes Claros possui uma área de 3.568,941 km<sup>2</sup> e conta com população estimada de 404.804 habitantes. A densidade demográfica é de 101,4 habitantes por km<sup>2</sup> no território do município (BRASIL, 2018). Situa-se no Norte de Minas Gerais, mais precisamente na Bacia do Alto Médio São Francisco.

Em relação ao relevo, possui boa parte do terreno constituída por morros de calcário, pertencentes ao planalto residual do São Francisco. A parte mais baixa e plana é denominada de depressão São Francisco. O relevo caracteriza-se por feições onduladas (60%), planas (30%) e montanhosas (10%). O ponto central da cidade tem uma altitude média de 655,21 metros (TOLMASQUIM, 2009).

Em relação ao clima, destaca-se o clima subúmido-úmido e subúmido-seco, com temperatura média anual de 24,20°C e índice médio pluviométrico anual de 1.074 mm. Encontra-se inserida na sub-bacia hidrográfica do Rio Verde Grande e na bacia do Rio São Francisco. A vegetação dominante é o cerrado, além de trechos de transição com a caatinga (VELOSO; NERY, 2011).

No contexto hidrológico, na porção sudeste da área, encontra-se a zona das cabeceiras do Rio Macaúbas, um afluente da bacia do Rio Jequitinhonha. O vale do Rio Verde Grande constitui a principal drenagem a nível regional. Seu principal afluente é o Rio Juramento, que serve de reservatório para o abastecimento de água da cidade.

O Sistema de Abastecimento de Água do município é realizado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e é constituído principalmente por captações superficiais. A sua principal fonte de abastecimento é a Barragem de Juramento que, de acordo com a Companhia, atingiu níveis críticos e conseqüentemente dificultou o fornecimento de água para a população. Ainda segundo a prestadora, a cidade de Montes Claros tem uma demanda de água próxima de 1000L/s. Porém, atualmente, a distribuição está cerca de 20% abaixo da demanda (ARSAE, 2017).

Além das medidas emergenciais adotadas, a Companhia está realizando estudos e planejamentos para suprir as necessidades hídricas do município. A obra do Rio Pacuí é um exemplo de aplicação. Caracteriza-se como um projeto para fornecer água e complementar o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) de Montes Claros.

A obra contempla dois quilômetros de adutora de água bruta captada no rio Pacuí, no município de Coração de Jesus, até uma Estação de Tratamento de Água (ETA), de onde segue, através de 54 quilômetros de redes, para o reservatório de distribuição em Montes Claros (COPASA, 2018).

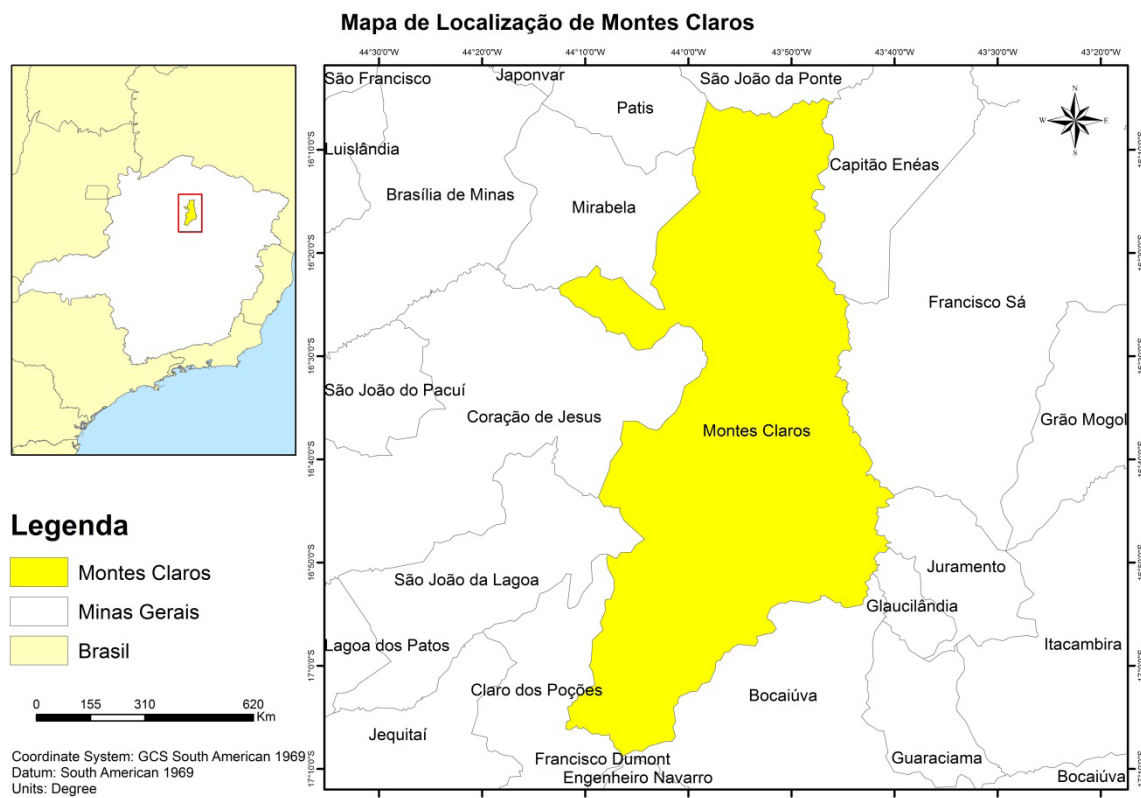


Figura 1 – Delimitação territorial do município de Montes Claros.

Fonte: Os autores, 2018.

### 3 I MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo refere-se a uma pesquisa quali-quantitativa com caráter descritivo, visto que esta etapa objetiva levantar, compor e organizar as informações através de um estudo de caso realizado na cidade de Montes Claros. Os dados foram coletados e abordados através de tópicos relativos ao desenvolvimento do trabalho. Alguns dados do estudo resultaram de uma revisão bibliográfica.

Para a execução deste estudo, optou-se pela subdivisão em 3 etapas para que houvesse uma melhor coerência técnica e científica para a análise, sendo estas etapas: análise bibliográfica; coleta de dados sobre nível estático e os pontos georreferenciados dos poços artesianos; e a análise por Geotecnologias. Os processos metodológicos realizados neste trabalho estão representados a seguir:

1ª etapa: Buscou-se na literatura estudos com aplicações semelhantes, bem como a busca da compreensão de fenômenos hidrológicos em conjunto da geologia e geomorfologia, aplicações técnicas das geotecnologias às análises tangentes aos

recursos hídricos. No aspecto hidrológico, esse procedimento contribui de forma imprescindível para informações referentes à natureza e a localização dos pontos de água, além da verificação das direções de fluxo subterrâneo. Além disso, a busca auxiliará no reconhecimento das potencialidades relativas dos aquíferos, com informações sobre a profundidade, capacidades específicas e composição da água captada.

2ª etapa: No sítio do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) foram coletados pontos georreferenciados em extensão de *shapefile*, para serem representados e espacializados em ambiente computacional, bem como a análise de planilhas dispostas nos arquivos, onde estas possuíam valores de: nível estático (NE), nível dinâmico (ND), vazão (sendo a água retirada dos poços) e entre outros dados, e neste caso fez-se o uso incisivo do NE.

3ª etapa: Nessa última etapa foram gerados mapas temáticos com dados topográficos, superfície freática e zonas de vazão com a representação dos poços artesianos. Através de um processo de interação computacional no software de Geoprocessamento, *ArcGis* 10.3.1 através da plataforma *ArcMap*, delimitou-se o município de Montes Claros. O software é licenciado pelo Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES.

O processo de interação mencionado foi feito através do seguinte procedimento: Extensão *EspatialAnalyst Tools*>Ferramenta *Hidrology*>*Flow Direction*>*Sink*>*Fill*>*Flow Direction*>*Flow Accumulation*> *Map Algebra*> *Stream Feature*> *Basin*. Após isto, foi feita a extração do limite da região no Modelo Digital de Elevação (MDE), onde consistem os dados em x, y, z, sendo as localizações dos pontos nas duas variáveis iniciais e na terceira é dada a altitude das localidades. Esta extração foi feita pela ferramenta *extract by mask*, e após iniciou-se o processo com os pontos dos poços, estando georreferenciados.

Extraíu-se os pontos dos poços (sendo 1273 poços) no MDE através da ferramenta *extract value to point*. Depois, obtiveram-se os valores da altitude do relevo onde se encontram os poços em uma parte da planilha do *shapefile* de pontos. Essa planilha foi exportada para o Excel para posterior geração de gráficos.

Tendo em posse os dados de cotas altimétricas dos poços, foi feito um processo interativo, entre o NE e as cotas altimétricas. O nível estático, conforme Leinz e Amaral (2001), pode ser compreendido também como nível hidroestático, em que a água se encontra inerte abaixo da camada piezométrica, e, os valores de NE é compreendido como a profundidade em que o técnico perfurou a superfície até atingir a água no subsolo. Sendo assim, realizou-se uma equação básica entre o NE e o ARP (Altitude do Relevo dos Poços) para geração do NF (Nível Freático), conforme na equação 1:

$$NF = ARP - NE \quad (1)$$

Oteve-se assim a diferença entre a altitude do relevo dos poços e o nível estático. Esta diferença é o nível freático, ou seja, como o NE é representado pela

profundidade (dada em metros) da perfuração dos poços até atingir a água, ao analisar a altitude do relevo onde se situa os poços tendo esta subtração do NE, obterá em seguida a posição/localização do nível da água no relevo. Estes dados foram salvos como *shapefile* para posterior uso.

Após ter esta diferença e conseqüentemente a localização pontual do NF, buscou-se compreender o NF espacializado para toda a extensão da região de estudo. Para tanto, é necessário dispor de técnicas inerentes ao Geoprocessamento, sobretudo de métodos de interpolação, que “é uma técnica utilizada para a estimativa do valor de um atributo em locais não amostrados, a partir de pontos amostrados na mesma área ou região” (JACOB e YUNG, 2006. p.7) e para esta análise utilizou-se a Ponderação do Inverso das Distâncias (IDW) do inglês *Inverse Distance Weighting*, um interpolador acoplado na plataforma *ArcMap*.

O IDW considera as amostras informadas no campo de entrada e, a partir dessas amostras, estima valores para distâncias circunvizinhas onde não possuem dados amostrais. Este interpolador é bastante utilizado no meio técnico e científico para diversas análises e em diferentes campos.

Essa interpolação ocorreu utilizando o *shapefile* com as informações de nível freático dos poços. Inicialmente é preciso preparar o ambiente computacional para esta atividade interativa, assim seguiu o processo: *Geoprocessing>Environments>* indicação da aplicação dos dados a serem interpolados. Após esta preparação, foi acionada a extensão *interpolation* e depois a ferramenta IDW, sendo o interpolador. Por fim, foram gerados ainda no ArcGis os mapas temáticos.

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ocorrência das águas subterrâneas envolve diversas abordagens e, diante disso, é preciso entender como a mesma acontece considerando todas as variáveis relacionadas. Deve-se considerar, por exemplo, os contextos geológico e litológico, já que eles determinam a percolação e infiltração da água. Foram reconhecidas na região em estudo onze unidades geológicas, individualizadas como formações e/ou coberturas cenozoicas, são elas: (1) Supergrupo São Francisco (formações Duas Barras e Serra do Catuni, do Grupo Macaúbas; e formações Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré e Serra da Saudade, do Grupo Bambuí). Na Formação Lagoa do Jacaré foram ainda reconhecidas duas subunidades; (2) Grupo Areado (Formação Abaeté); (3) Formação Urucua; (4) Depósitos Detrítico-Lateríticos; (5) Depósitos Colúvio-Eluviais; e (6) Depósitos Aluvionares. (CHAVES, 2014). O Gráfico 1 apresenta a distribuição em porcentagem dessas unidades geológicas no município de Montes Claros.

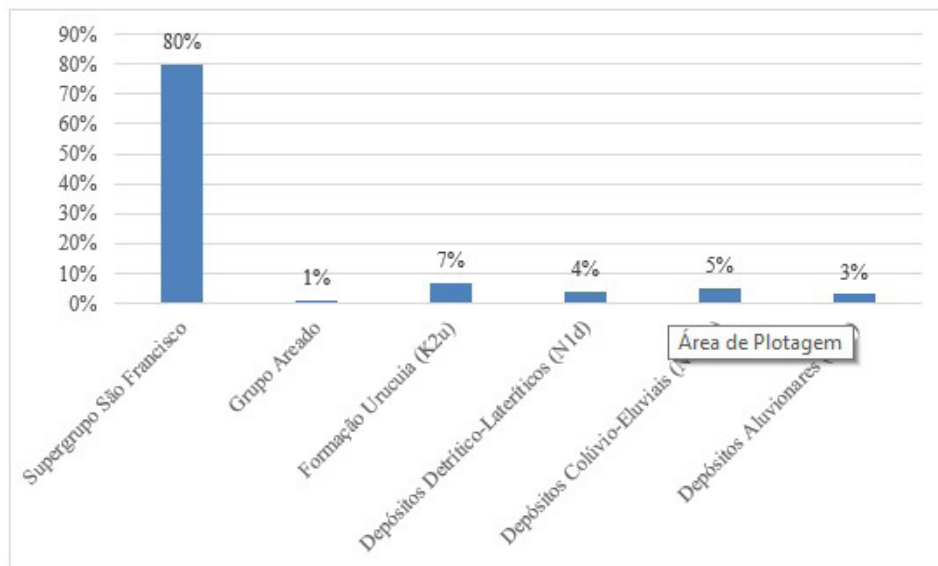


Gráfico 1 - Distribuição em % das unidades geológicas do município de Montes Claros

Fonte: CHAVES, M. L. de S., 2014.

Resumidamente, para ampliar o entendimento do exposto, é válido destacar as propriedades das principais unidades identificadas em Montes Claros. No Subgrupo São Francisco as rochas pertencentes são de natureza sedimentar e constituem a maior parte de Montes Claros. Destaca-se dentro do Grupo Bambuí, na Formação Serra da Saudade, o predomínio de siltitos e argilitos. A Formação Lagoa do Jacaré apresenta em sua constituição calcários cinzas escuros, muitas vezes puros e maciços. Em outra subunidade, há alternâncias de níveis milimétricos argilo-siltosos. É importante ressaltar que o Grupo Bambuí ocorre largamente sobre a maior parte da região em estudo. Dentro do Grupo Macaúbas, na Formação Serra do Catuni, é perceptível a composição da matriz geral por sílica e rara incidência de quartzo e quartzito. Na Formação Duas Barras encontra-se a formação de quartzito-metarenitos de granulação fina e média.

No Grupo Aerado, na Formação Abaeté, predominam conglomerados clasto-sustentados, seixos de quartzitos, quartzos e metapelito. A Formação Urucua conta com arenitos finos com intercalações locais de siltitos.

Os Depósitos Aluvionares são compostos por sedimentos arenosos com cascalhos inconsolidados, com predomínio de seixos de quartzos e sedimentos de silte e argila. Os Depósitos Colúvio-Eluviais são formados por sedimentos areno-siltosos com fragmentos angulosos de quartzo. Por fim, os Depósitos Detritico-Lateríticos demonstram coberturas arenosas finas a médias.

Ainda de acordo com as informações do Gráfico 1, o supergrupo São Francisco predomina sobre a maior parte da região, sendo constituído pelos grupos Macaúbas e Bambuí. O grupo Macaúbas é a região base do supergrupo São Francisco, sendo composto principalmente de quartzitos e metadiamicititos. Já o grupo Bambuí é composto por uma sucessão de siltitos na base, folhelhos rítmicos de calcário na

porção intermediária e argilitos no topo (CHAVES, 2014).

Verifica-se, ainda, que a Geomorfologia de Montes Claros é constituída predominantemente de formação cárstica. A formação do relevo cárstico está relacionada à geologia da região pertencente ao Grupo Bambuí Formação Lagoa do Jacaré (OLIVEIRA, 2016).

O entendimento da caracterização das unidades é importante para ter noção da capacidade de armazenamento de água que a região possui, isso porque segundo Leinz e Amaral (2001), as rochas são elementares nesta discussão, pois a porosidade e permeabilidade das mesmas definem significativamente o potencial de armazenamento. Além disso, as rochas sedimentares são boas armazenadoras de água devido ao nível de porosidade elevado.

As rochas mais importantes como aquíferos são aquelas que apresentam de regular a boa permeabilidade. As rochas pouco permeáveis, como arenitos muito argilosos e siltitos, embora possam armazenar quantidades importantes de água, são de natureza semipermeável e, portanto, transmitem água a uma taxa muito baixa (aquítardos). Os argilitos são classificados como aquícludes, pois apesar de terem uma grande porosidade, possuem uma permeabilidade baixa que não permite que a água flua em seu meio, se comportando como um meio impermeável. Já as rochas carbonáticas apresentam porosidades variáveis e significativa condutividade hidráulica (MANOEL FILHO, 2008).

Sendo assim, através da compreensão das principais formações geológicas de Montes Claros e a caracterização das mesmas, pode-se inferir a respeito da ocorrência e circulação das águas subterrâneas no meio. A Figura 2 demonstra a vazão de poços perfurados no município, fator que é diretamente influenciado pelo tipo de material rochoso.



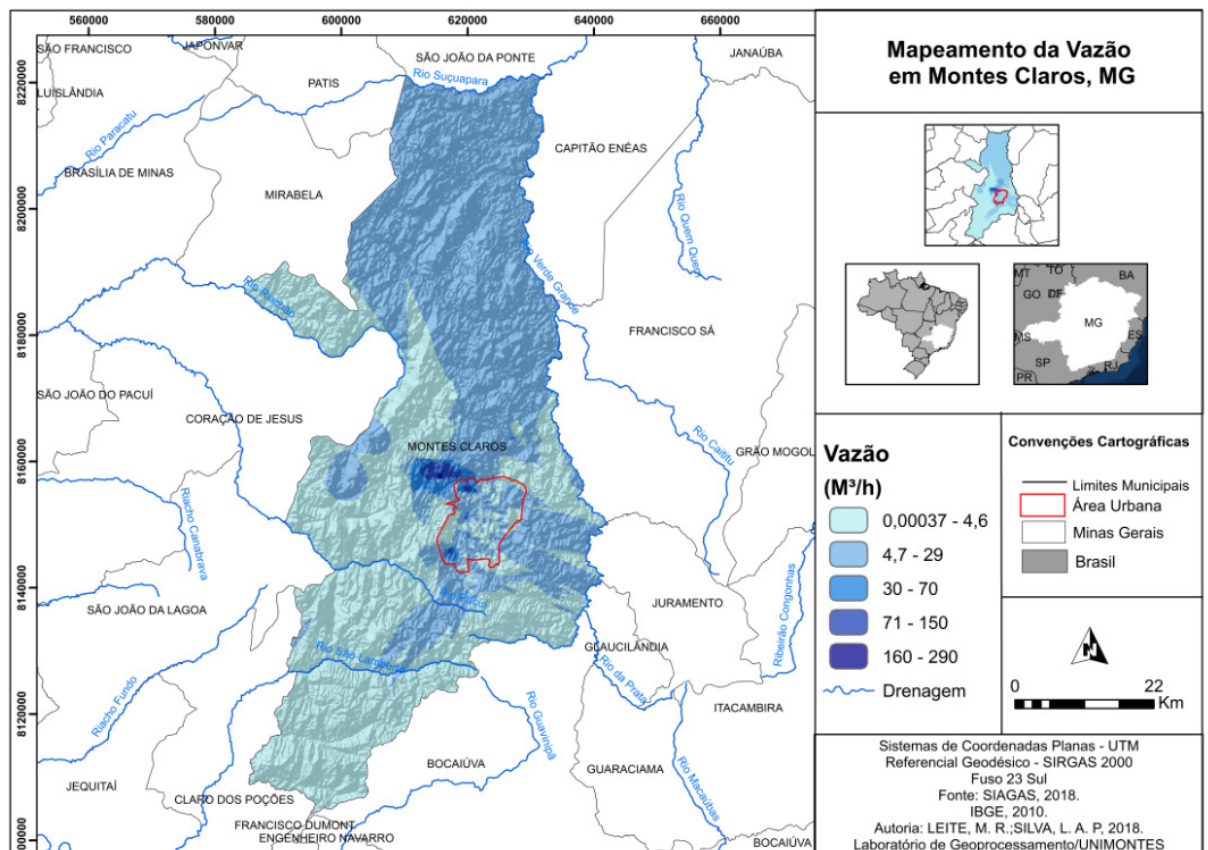


Figura 2 - Mapeamento da vazão em Montes Claros-MG

Fonte: Os autores, 2018.

As zonas identificadas no mapa com as maiores vazões coincidem, portanto, com as regiões que possuem rochas mais permeáveis e porosas, com boa condutividade hídrica. Um desses pontos, localizado na parte central do mapa, corresponde à região de ocorrência da bacia do Rio Vieira. Segundo Soares (2014), a bacia hidrográfica do rio Vieira se encontra sobre terrenos da unidade do Grupo Bambuí. A rocha predominante é o calcário. A principal nascente do rio Vieira está localizada a - 43° 56' 04'' W e -16° 47' 22'' S, cerca de oito quilômetros da cidade de Montes Claros. A Figura 3 demonstra a delimitação da bacia do Rio Vieira.

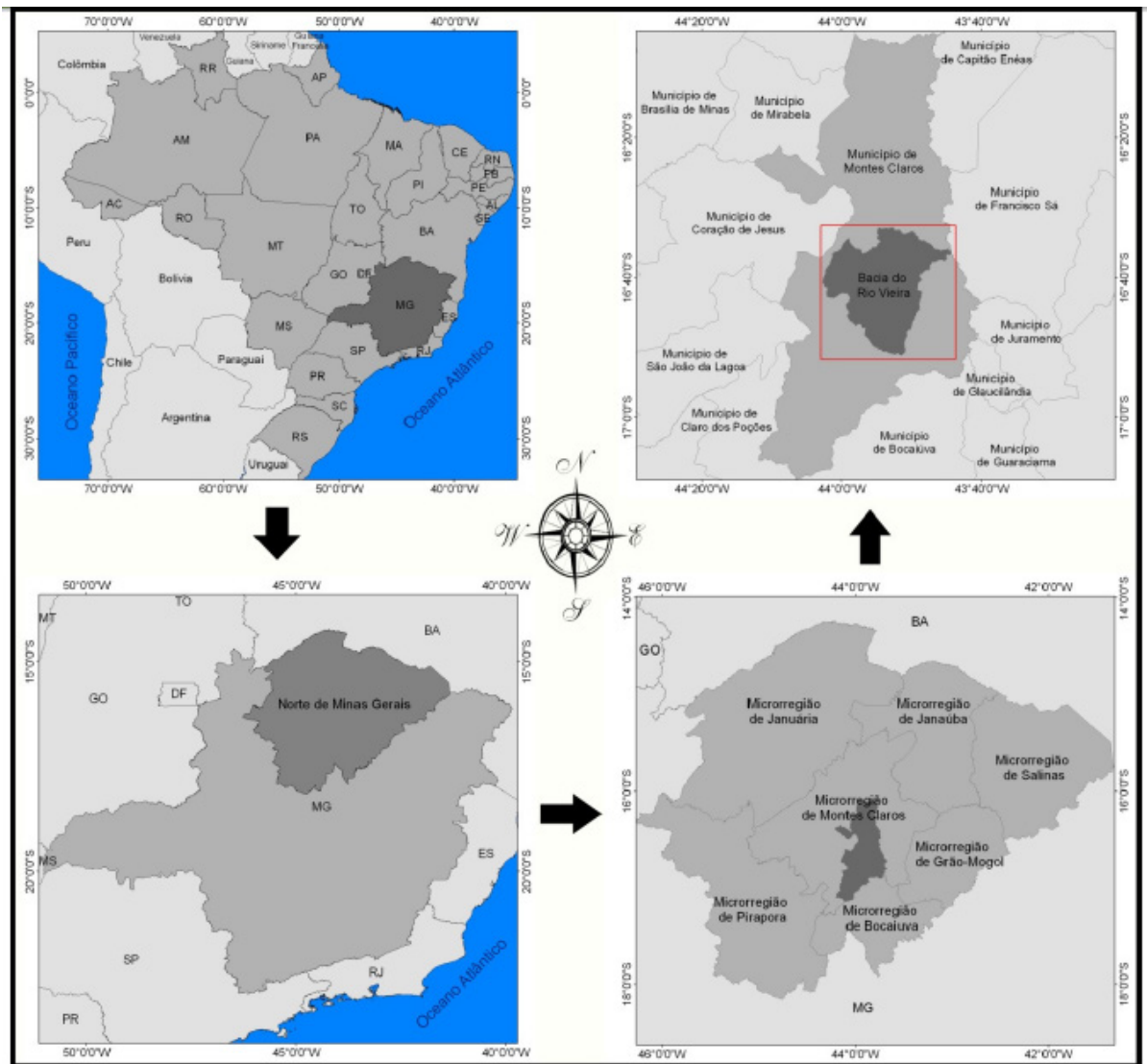


Figura 3 - Delimitação da bacia do Rio Vieira, Montes Claros- MG.

Fonte: Os autores, 2018.

Outro ponto de destaque pela alta vazão encontrada, localizado também na parte central do mapa, refere-se ao Complexo da Lapa Grande. O Parque Estadual da Lapa Grande localiza-se no município de Montes Claros a oeste da zona urbana da cidade. Compreendido pelas coordenadas UTM 604400 e 617000 de latitude e 8143000 e 8158000 de longitude, distante 8 Km do centro urbano.

Ressalta-se que a criação do Parque Estadual da Lapa Grande teve como finalidade principal a proteção e conservação do complexo de grutas e abrigos da Lapa Grande. A região ainda abriga diversos mananciais e nascentes, que são responsáveis por cerca de 40% do abastecimento de água ao município de Montes Claros. Devido a sua importância para os recursos hídricos ao município de Montes Claros, a gestão é realizada pelo Instituto Estadual de Florestas do Estado de Minas Gerais (IEF) em conjunto com a Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA (VELOSO; NERY, 2011).

Em relação às demais delimitações do mapa percebem-se nas regiões sul e

sudoeste as menores vazões encontradas, fato que se justifica devido à ocorrência de material impermeável, que dificulta a circulação da água no meio e dessa maneira, contribui para poços de baixas vazões. Nesse caso, pode-se deduzir a respeito da predominância de argilitos nesses locais.

Quanto à seleção dos poços artesianos, foram escolhidos unidades dentro de uma variação no relevo, das partes mais planas às montanhosas. Dessa maneira, é válido apresentar o nível estático dos poços, ou seja, o quanto foi perfurado em relevo para a obtenção de água. As informações, obtidas através do sitio do SIAGAS, podem ser visualizadas no Gráfico 2.

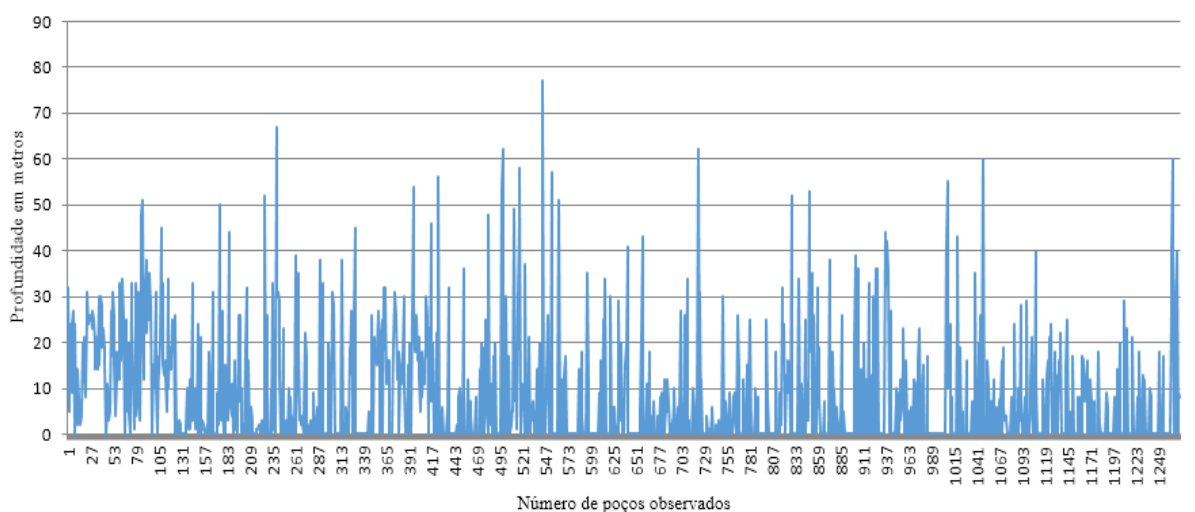


Gráfico 2 - Níveis Estáticos dos poços

Fonte: Os autores, 2019.

Os níveis estáticos são bem diferenciados dentro da análise, variando de 0 a 77 metros de profundidade. O valor zero pode estar relacionado a aquíferos superficiais, onde a água está praticamente sobre a terra sem que precisar assim de furos para obtenção de água. O poço de maior vazão registrou 290 m<sup>3</sup>/h.

No tocante à topografia da região, como o mapeamento do nível de água utiliza-se das cotas altimétricas como informação secundária, deve-se então, englobar um mapeamento planialtimétrico considerando a influência do relevo. A planialtimetria permite simular os acidentes geográficos do terreno em função das suas coordenadas planas, compondo-se de uma grade de cotas de cada ponto, permitindo a inclusão de altitude na sua representação (PINHEIRO, 2012).

Todas as análises do relevo desenvolvidas em uma região devem ponderar uma análise das estruturas a fim de evidenciar o comportamento morfodinâmico do ambiente estudado (OLIVEIRA, 2016). Dessa maneira, é necessário esclarecer que o nível freático, conforme Boezio et al. (2006) e Leinz e Amaral (2001), segue as cotas altimétricas de uma determinada área. Ou seja, quanto maior for a altitude do relevo, maiores os níveis freáticos para tal área. A Figura 4 representa a topografia do município:

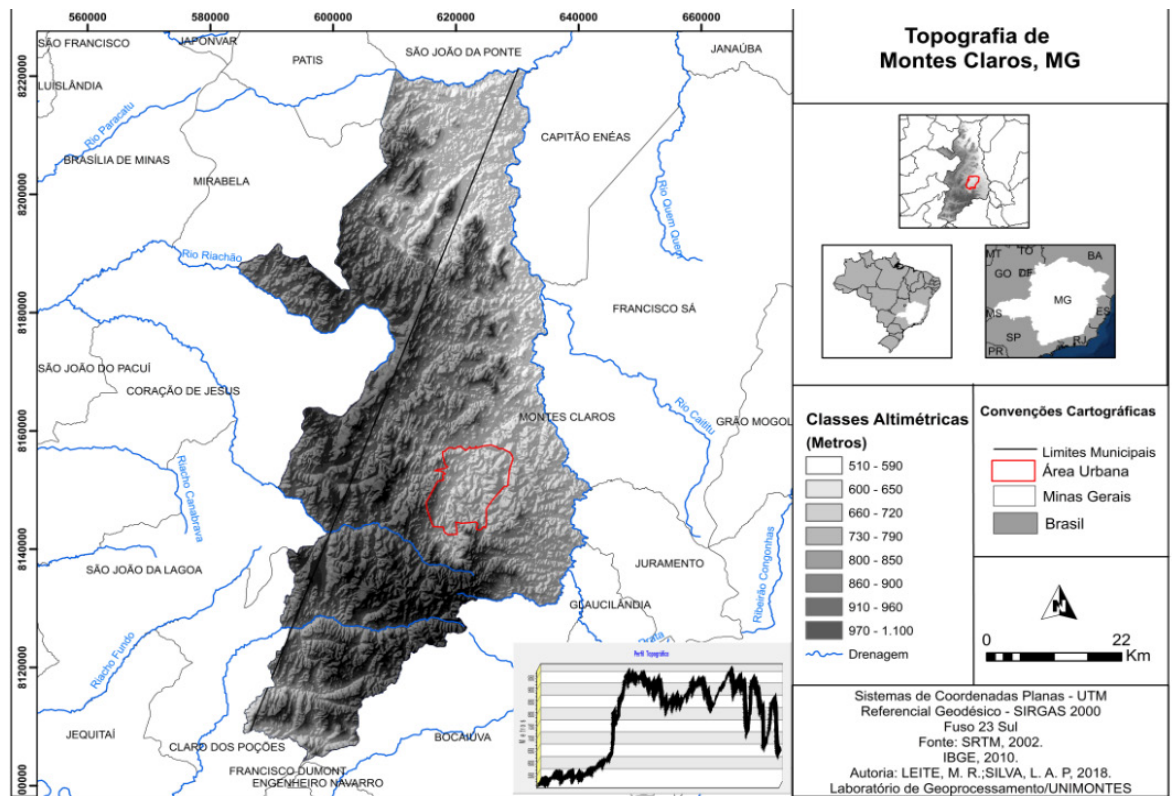


Figura 4 - Topografia de Montes Claros- MG

Fonte: Os autores, 2018.

Observa-se que as maiores altitudes estão relacionadas a oeste e sul da região, onde as cotas altimétricas variam de 970 a 1100 metros. Para adentrar na análise da espacialização do nível freático, é de extrema importância mencionar que, ao analisar o mapa de nível freático e o de topografia, verifica-se que as cotas do mapeamento topográfico se aproximam dos valores obtidos no mapeamento da superfície freática. Essa relação também pode ser verificada na Figura 5.

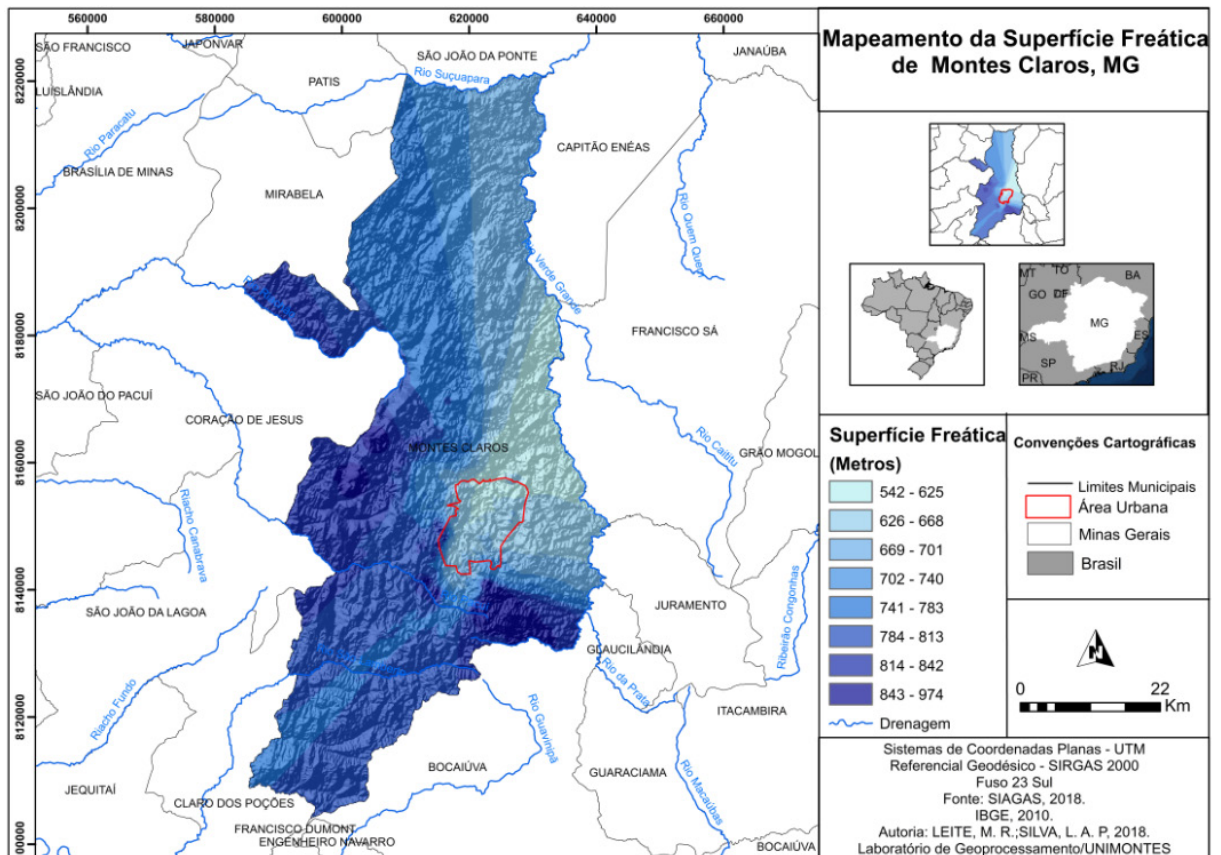


Figura 5 -Mapeamento da Superfície Freática de Montes Claros- MG

Fonte: Os autores, 2018.

Nota-se que o nível freático na porção leste da região é menos elevado, visto que essas áreas são as de menores cotas altimétricas e, fazendo uma análise detalhada, pode-se dizer que nessas localidades o nível é raso, ou seja, está em maior proximidade com o relevo, no caso em específico o relevo plano. Sendo assim, conforme já discutido, a Figura 5 mostra que o nível freático segue a cota altimétrica do relevo em tese.

## 5 | CONCLUSÕES

A realização desta pesquisa, que propôs a verificação do fluxo e dos níveis da água subterrânea no município de Montes Claros-MG, evidenciou a importância desse levantamento no processo de gestão de recursos hidrogeológicos. Existem inúmeras maneiras para análises e obtenção das características do lençol freático, sendo a aplicação das ferramentas da Geotecnologia opções eficientes e satisfatórias.

Atenta-se ao fato de o nível freático ter se comportado de acordo das cotas altimétricas, visto que a pequena diferença entre o relevo e o nível estático deve ser algo abordado e analisado em diversas oportunidades no campo científico. Quanto às áreas de relevo montanhoso, merecem atenção e destaque ímpar, já que são fundamentais para a manutenção dinâmica dos recursos hídricos, sendo áreas de

recarga hídrica.

Em relação aos poços perfurados com pouca profundidade, em especial, mencionam-se os poços onde se obteve águas superficiais e com vazão elevada, visto que podem ser tratados como áreas de afloramento hídrico, que merecem certo cuidado ambiental. Os poços com vazões elevadas, indicados preferencialmente na região central do município, implicam áreas de grande importância e utilização local abrangendo, inclusive, áreas essenciais para o abastecimento de água do município.

Sendo assim, a obtenção dos níveis da água subterrânea favoreceu a ampliação do conhecimento hidrogeológico da região, bem como a criação de uma síntese de informações e dados relevantes para a área. O estudo servirá de subsídio para a gestão do município, além de da extrema importância para estudos ambientais, norteamentos de perfuração de poços, análises dinâmicas entre variáveis morfométricas e recursos hídricos. Essas aplicações são de grande relevância para a Engenharia Civil.

Do ponto de vista técnico, este trabalho se apresenta como uma proposta metodológica que pode vir a beneficiar diferentes escalas e áreas do conhecimento, e, podendo dar suporte técnico às políticas públicas para a gestão dos recursos hídricos. As Geotecnologias se apresentam com boas opções para estudos que necessitam de análises do espaço geográfico e sobretudo considerando a dinâmica hídrica.

## REFERÊNCIAS

ABAS. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. **Educação**. Disponível em:< <http://www.abas.org/educacao.php>>. Acesso em: 04 jun., 2018.

ARSAE. Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais. **Relatório de Fiscalização de Racionamento N° GFO-09/2017**. Disponível em:< [http://www.arsae.mg.gov.br/images/documentos/Rf\\_tec\\_montes\\_claros.pdf](http://www.arsae.mg.gov.br/images/documentos/Rf_tec_montes_claros.pdf)>. Acesso em: 26 abr., 2018.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE). **Panorama da cidade de Montes Claros- MG**. Disponível em:< <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/montes-claros/panorama>>. Acesso em: 16 jun., 2018.

BOEZIO Maria Noel Morales; COSTA, João Felipe Coimbra Leite; KOPPE, Jair Carlos. **Cokrigagem colocada aplicada ao mapeamento do nível de água subterrânea**. REM. Revista Escola de Minas (Impresso), v. 59, p. 159-164, 2006.

CHAVES, Mário. Luiz de Sá. **Geologia e recursos minerais da folha Montes Claros SE.23-X-A-VI: Estado de Minas Gerais** / Mario Luiz de Sá C. Chaves [e] Kerley W. Andrade. – Belo Horizonte: CPRM, 2014.80 p.: il.: 30 cm

COPASA. **Companhia de Saneamento de Minas Gerais**. Disponível em< <http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/>>. Acesso em: 25 mai., 2018.

JACOB; Alberto Augusto Eichman; YOUNG, Andrea Ferraz. **O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas**, 2006. Disponível em <[http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/ABEP2006\\_388.pdf](http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/ABEP2006_388.pdf)>. Acesso em 06 out.2018.>

LEINZ, Viktor; AMARAL, Sérgio Estanislau. **Geologia Geral**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2001.

LEITE, Manoel. Rodrigues. **Sensoriamento remoto aplicado à análise temporal da relação uso da terra / temperatura e albedo de superfície na bacia do rio Vieira no Norte de Minas Gerais**. 2011.111f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

MANOEL FILHO, J. **Ocorrência das águas subterrâneas**. In: Feitosa, A. C. F. Hidrogeologia Conceitos e Aplicações. 3ed. Rio de Janeiro, 2008.

OLIVEIRA, Mercione Ribeiro de. Perfil Geológico - Geomorfológico e de Montes Claros e susceptibilidades à erosão. In: V Congresso em Desenvolvimento Social, jun./jul., 2016.

PINHEIRO, Sebastião Jarbas. **Topografia e Geodésia II**. 50 p. 2012. Disponível em: <[http://professor.ucg.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15014/material/Apostila%20Top%20II%20Rev.2012-1%20\(Reparado\).pdf](http://professor.ucg.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15014/material/Apostila%20Top%20II%20Rev.2012-1%20(Reparado).pdf)>. Acesso em: 08 nov. 2018.

SIAGAS. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas**. Disponível em: <[http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar\\_mapa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php)>. Acesso em: 22 nov. 2018.

SOARES, Adenise Thais. **Sistema Ambiental da Bacia do Rio Vieira - Montes Claros/ Norte de Minas**. In: VII Congresso Brasileiro de Geógrafos. ANAIS do VII CBG. Vitória, ES. 10 a 16 de agosto de 2014.

TOLMASQUIM Maurício. Tiomno. **Análise socioambiental de alternativas para o atendimento à Interligação Pirapora – Montes Claros**; Rio de Janeiro, 2009.

VELOSO, Anderson Ribeiro; NERY, César Vinícius Mendes. **Geoprocessamento aplicado à caracterização do Parque da Lapa Grande em Montes Claros/MG**. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba, PR. 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE. P. 3711

## 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 – PPGE CIA  
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.

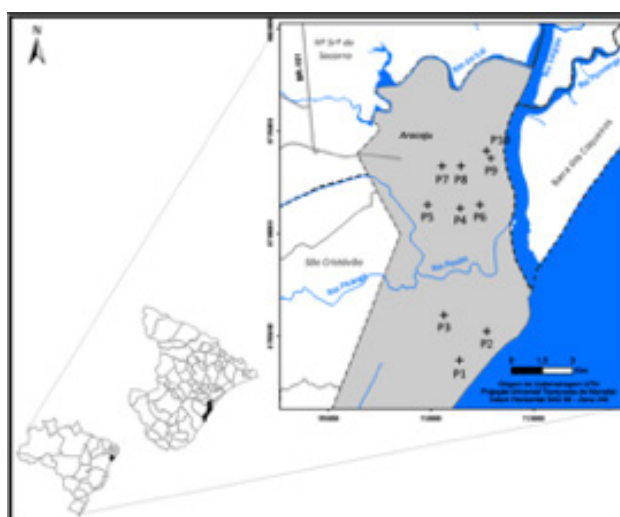


Figura 1. Localização dos pontos de amostragem.

### 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	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	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	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	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	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	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	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	mg.L-1	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](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf)>. Acesso em: 23 jan 2016.

## DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA SEGUNDO PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS DO DISTRITO DE MARACAJÁ EM NOVO REPARTIMENTO-PA

### **Agnes da Silva Araújo**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de engenharia Sanitária e Ambiental

Tucuruí – Pará

### **Lucas Nunes Franco**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de engenharia Sanitária e Ambiental

Tucuruí – Pará

### **Davi Edson Sales e Souza**

Universidade Federal do Pará, docente da Faculdade de engenharia Sanitária e Ambiental

Tucuruí – Pará

### **Raisa Rodrigues Neves**

Universidade Federal do Pará, docente da Faculdade de engenharia Civil. Tucuruí – Pará

### **Vanessa Conceição dos Santos**

Universidade Federal do Pará, docente da Faculdade de engenharia Sanitária e Ambiental

Tucuruí – Pará

**RESUMO:** O estudo teve o objetivo de analisar o serviço de abastecimento de água no distrito de Maracajá da cidade de Novo Repartimento-PA, levando em consideração a percepção do usuário para possibilidade de indicação de medidas para a melhoria do abastecimento de água. A metodologia foi dividida em etapas, primeiramente levantamento de fundamentação teórica e após aplicação de questionários aos moradores, avaliando as características locais,

como fontes de abastecimento, qualidade da água, intermitência, utilização, doenças e satisfação. Os resultados obtidos mostram que 30% das residências utilizam somente água do sistema público (SAA público), 15% poços particulares e 55% conta com ambos os sistemas. A qualidade da água do SAA público teve 98% de insatisfações, já os sistemas particulares obtiveram 95% de satisfação. A eficiência do SAA público foi caracterizada negativamente por 81% dos usuários, enquanto 52% de satisfação dos poços particulares. Foram constatadas doenças de veiculação hídrica em ambos os sistemas, 2% a 9% dos entrevistados apresentaram verminose, e 4% a 9% manifestaram diarreia. Portanto, o método de avaliação do sistema sob percepção dos usuários mostrou-se uma importante ferramenta de análise e auxílio à gestão do recurso e sustentabilidade do serviço.

**PALAVRAS-CHAVE:** Abastecimento de água, diagnóstico, usuários.

### DIAGNOSIS OF THE WATER SUPPLY SYSTEM ACCORDING TO PERCEPTION OF THE USERS OF THE MARACAJÁ DISTRICT IN NOVO REPARTIMENTO-PA

**ABSTRACT:** The objective of this study was to analyze the water supply service in the Maracajá district of the city of Novo Repartimento-PA, taking into account the user's perception for the possibility of indicating measures to improve

water supply. The methodology was divided into stages, firstly the theoretical basis and after the application of questionnaires to the residents, evaluating the local characteristics, such as sources of supply, water quality, intermittence, use, diseases and satisfaction. The results show that 30% of households use only public water (public SAA), 15% private wells and 55% have both systems. The water quality of the public SAA had 98% of dissatisfaction, since the private systems obtained 95% satisfaction. The efficiency of public SAA was negatively characterized by 81% of users, while 52% of private wells were satisfied. There were waterborne diseases in both systems, 2% to 9% of the subjects presented verminosis, and 4% to 9% had diarrhea. Therefore, the method of evaluation of the system under the perception of the users has proved to be an important tool of analysis and assistance to resource management and sustainability of the service.

**KEYWORDS:** Water supply, diagnosis, users.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os níveis de atendimento com sistemas de abastecimento de água (SAA's) ainda são uma preocupação constante no Brasil, sobretudo, na região Norte que detêm os piores indicadores, com 55,4% de atendimento com rede de abastecimento de água. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (2016).

Segundo a FUNASA (2006), a deficiência desse serviço se encontra, principalmente, em favelas, periferias, zona rural e no interior. Essa afirmativa é facilmente comprovada no Estado do Pará, onde os municípios mais afastados da capital têm baixa ou nenhuma cobertura com SAA e, quando beneficiados, usufruem de um serviço de baixa qualidade, expondo seus usuários às doenças de veiculação hídrica.

Neste contexto, muitas famílias experimentam outras fontes de abastecimento, como poços particulares. No entanto, de acordo com Barbosa e Silva (2015), estão constantemente com riscos de surtos de doenças, principalmente em função da contaminação bacteriana dessas águas, pela vedação inadequada desses poços e pela proximidade de fossas sépticas ou áreas de pastagens animais.

Algumas pesquisas realizadas fortalecem essa ideia. Souza *et al.* (2015) estudou o sistema de abastecimento de água da comunidade de Tamarindo, cidade de Campos dos Goytacazes/RJ, e concluiu que a qualidade da água fornecida não garante a qualidade da água consumida, não sendo suficiente para garantir a saúde da população.

Barbosa e Silva (2015) analisaram a qualidade microbiológica da água na zona rural do Município de Serra Talhada - PE e constatou-se sua inadequação, estando em desacordo com os padrões pré-estabelecidos de qualidade da água para consumo humano definidos pelo Ministério de Saúde (MS).

Levando em consideração a necessidade de averiguar os problemas de

saneamento básico existentes no interior do Estado do Pará de forma a tentar corrigi-los, o objetivo deste trabalho foi analisar a percepção dos moradores do distrito de Maracajá, município do Novo Repartimento-PA, com relação ao abastecimento público de água existente no local, sua cobertura, qualidade da água fornecida e se utilizam outras fontes de água para consumo.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no distrito de Maracajá, localizado na zona rural do município de Novo Repartimento, sudeste do Pará. Esse distrito está sob as coordenadas 04°08'38.62" de latitude sul e 50°13'06.19" de longitude oeste, com área total de 2.075,8 km<sup>2</sup> e população de 9.000 habitantes, distribuídas em 1.800 habitações, destas, apenas 627 são atendidas pelo sistema público de abastecimento de água (SAA público) PREFEITURA MUNICIPAL DE NOVO REPARTIMENTO (2018). Conforme apresentado na figura 1 abaixo:

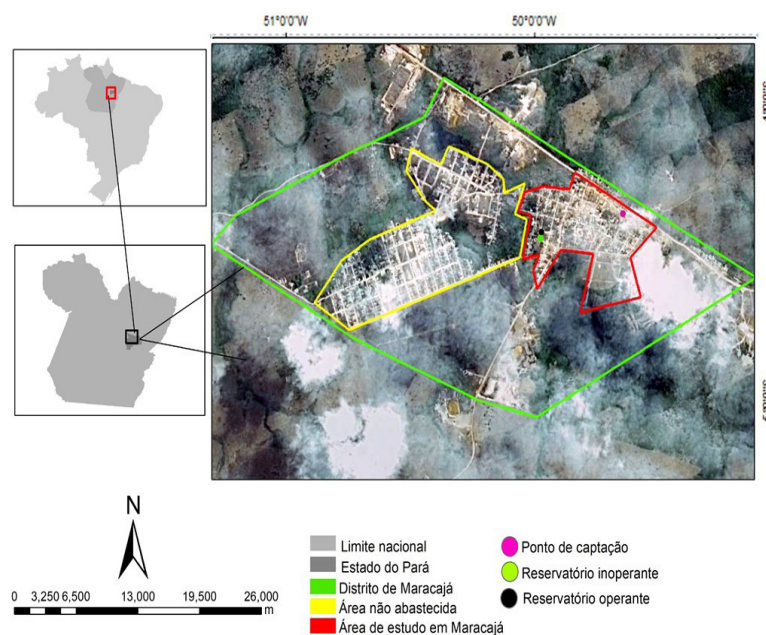


Figura 1 – Mapa do Distrito de Maracajá-Pa. Fonte: Adaptado Google Earth, 2018.

Foi proposta metodologia para diagnosticar e analisar a percepção dos moradores do distrito quanto ao abastecimento de público de água. O estudo foi realizado no período de outubro de 2017 a abril de 2018, e dividido em duas Etapas. Na Etapa 1 realizou-se o diagnóstico do abastecimento de água do distrito, construído por meio de entrevistas com líderes comunitários e visitas a repartições públicas em Novo Repartimento e Maracajá.

Na Etapa 2 foram aplicados questionários semiestruturados à população de 143 residências. Para chegar a essa amostra, foi adotada técnica definida através do uso de método estatístico descrito por Oliveira (2004), que, para determinar o tamanho da

amostra (n), leva em consideração o comprimento da amostra para uma população finita, conforme a Equação 1.

$$n = \frac{Z^2 \cdot N \cdot (p \cdot q)}{Z^2 \cdot (p \cdot q) + (N - 1) \cdot \varepsilon^2} \quad (1)$$

Onde:

Z= abscissa da curva normal padrão, fixado nível de confiança de 97 % =2,17

N= tamanho populacional = 627

ε= erro amostral = 8%

p x q = proporção amostral = 0,25.

O questionário aplicado foi adaptado de Gonçalves *et al.* (2014) conforme a necessidade da pesquisa, contendo perguntas objetivas de fácil entendimento que abordassem os principais aspectos referentes as características do abastecimento de água local. Os dados foram organizados e tabulados em planilha eletrônica para posterior análise e exposição dos resultados.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente a Prefeitura Municipal de Novo Repartimento (PMNR) é responsável por gerir o abastecimento de água em Maracajá. O distrito possui dois SAA's, sendo um em funcionamento, construído a 20 anos para atender a população residente da época. No entanto, o crescimento populacional fez com que este sistema se tornasse insuficiente no atendimento da população atual, atendendo apenas 627 residências da parte central de Maracajá. Diante disso, outro sistema começou a ser construído, porém se encontra inoperante com as obras paralisadas e sem previsão de conclusão, projetado para atender toda a população do distrito, PMNR (2018).

A captação da água bruta do SAA em funcionamento é realizada de um manancial subterrâneo, por meio de poço do tipo semi-artesiano, com 65m de profundidade. O recalque é feito por uma bomba submersa, que transporta a água até um reservatório enterrado (RE) de 500.000 l por linha adutora de PVC soldável de 75 mm de diâmetro com, aproximadamente, 1.300 m de comprimento. Do RE, a água é recalçada para um reservatório elevado (REL) de 400.000 l. A distribuição é realizada por gravidade.

Segundo a PMNR, a bomba da captação foi instalada a menos de 2 anos e nunca apresentou falhas, porém a tubulação de distribuição, frequentemente, apresenta defeitos em algumas ruas (rompimento de tubulações), o que causa a interrupção do fornecimento de água em diversas residências. As figuras 2 e 3 apresentam as unidades do sistema.



(a)



(b)

Figura 2- Casa de bomba (a); Ponto de captação (b).



(a)



(b)

Figura 3- Reservatório enterrado (a); reservatório elevado (b).

Com a aplicação dos questionários nas residências centrais de Maracajá, constatou-se que cerca de 30% dessas residências utilizam o SAA público como única forma de abastecimento de água, 15% utilizam fontes alternativas como poços tubulares freáticos e a maioria, 55% utilizam ambas as formas (SAA público e poços particulares) para suprir a demanda de água (Figura 4).

#### Forma de abastecimento de água.

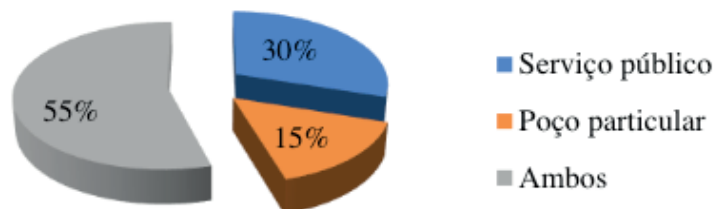


Figura 4- Formas de abastecimento de água.

Dentre os usuários do SAA público, 86% sofrem interrupção periódica no fornecimento de água, enquanto 14% afirmam que raramente ocorre a falta do recurso (Figura 5a). Quanto às formas de utilização, 84% usam a água para higiene, enquanto 16% utilizam para cozer alimentos e beber (Figura 5b).

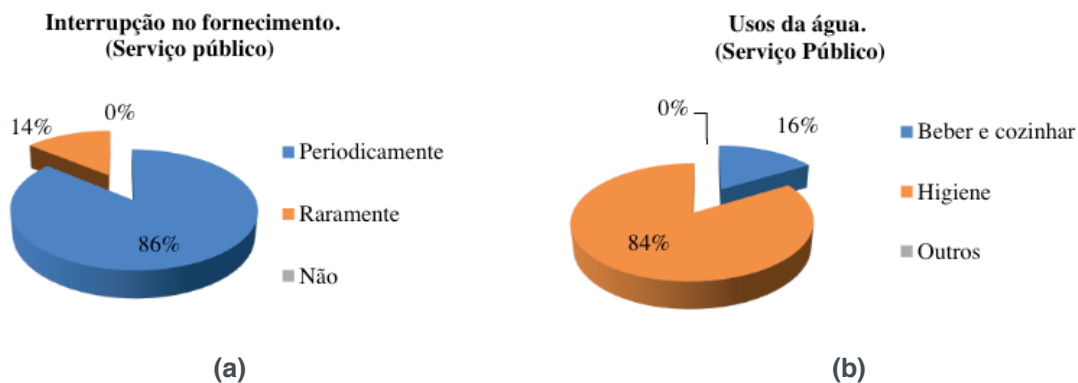


Figura 5- Interrupção no fornecimento de água no SAA público (a); Usos da água no SAA público (b).

No que se refere à satisfação com a qualidade da água do SAA público, 98% dos usuários afirmam insatisfação e apenas 2% se dizem satisfeitos (Figura 6a). Quanto à satisfação com o serviço prestado, 81% dos usuários do SAA estão insatisfeitos, 12% satisfeitos e 7% se mostraram indiferentes (Figura 6b).

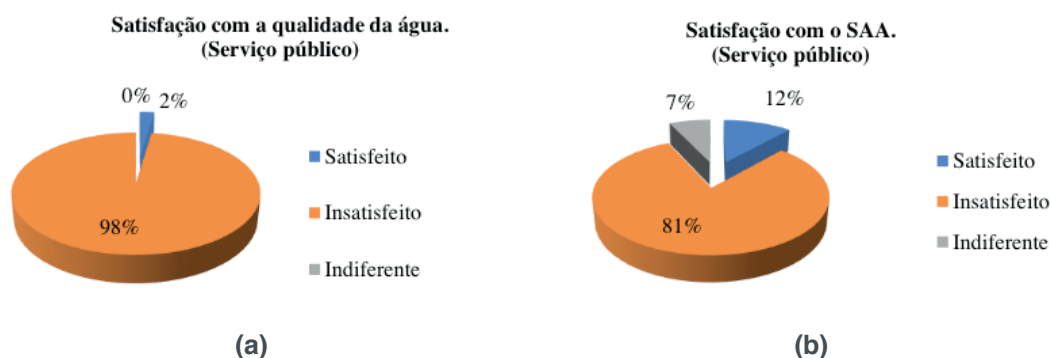


Figura 6- Satisfação com a qualidade da água no SAA público (a); Satisfação com o SAA público(b).

Durante aplicação dos questionários, alguns moradores relataram inconformidades com pressão na rede e com as características organolépticas da água, como cor, sabor e odor. De acordo com a Portaria de Consolidação N° 05/2017 do MS, em seu Anexo XX, que dispõe sobre a potabilidade da água para consumo humano, esses parâmetros não estão associados a doenças, mas geram insatisfação dos usuários.

Lima *et al.* (2017) estudaram a perspectiva dos usuários no que diz respeito à satisfação com os sistemas de saneamento operados pelas prefeituras em municípios de Goiás. Ao tratar do sistema de abastecimento de água, a pesquisa tomou como base as características organolépticas (gosto, cheiro e limpidez) e mostrou satisfação neste quesito por parte da grande maioria dos usuários.

Por sua vez, os 15% que utilizam somente poços particulares afirmam utilizar a água em todas atividades domésticas, como higiene, preparo de alimentos e ingestão. A maioria dos poços apresenta boa vazão, entretanto, alguns residentes relataram que em algumas residências estes secam no período de estiagem, o que dificulta o

acesso à água. Na percepção destes usuários, a água dos poços é transparente, sem odor e sabor, mostrando que os padrões organolépticos de qualidade são aceitáveis.

No que concerne à qualidade da água dos poços particulares, 95% estão satisfeitos e somente 5% se disseram insatisfeitos (Figura 7a), enquanto 52% dos usuários de poços particulares se mostraram indiferentes, 26% insatisfeitos e 22% satisfeitos com esse serviço (Figura 7b).

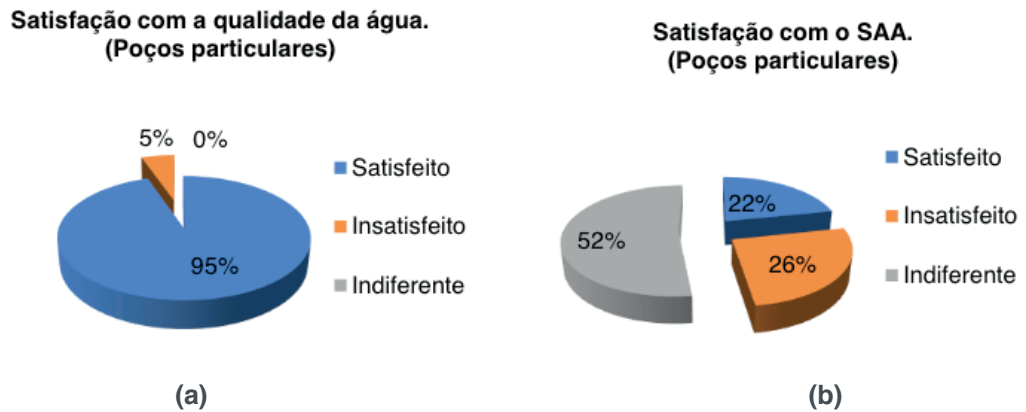


Figura 7- Satisfação com a qualidade da água dos poços particulares (a); Satisfação com o SAA particular(b).

Observa-se que os usuários dos poços devem atentar para a qualidade da água consumida, visto que, de acordo com a Agência Nacional da Água, ANA (2007), a perfuração de poços em locais inadequados coloca em risco a qualidade das águas subterrâneas, pois cria uma conexão entre as águas mais rasas, que são suscetíveis à contaminação, com as mais profundas e menos vulneráveis.

Além disso, a utilização de poços particulares também sujeita a população à contaminação, mesmo que a água apresente, aparentemente, condições aceitáveis. Estudos como de Amaral *et al.* (2002) demonstram a ocorrência de microrganismos patogênicos em poços rasos, o que pode desencadear riscos à saúde dos usuários desse tipo de sistema.

Dos 55% dos usuários que utilizam ambos os sistemas, 58% responderam que o fornecimento da água proveniente do SAA público é interrompido periodicamente, enquanto que em 33% das habitações raramente há interrupção e em apenas 9% não há intermitência (Figura 8a). No que se refere a utilização da água do SAA público, apenas 1% dos usuários responderam que bebem e cozinham os alimentos, enquanto 99% disseram que a utilizam somente na higiene e limpeza doméstica (Figura 8b).



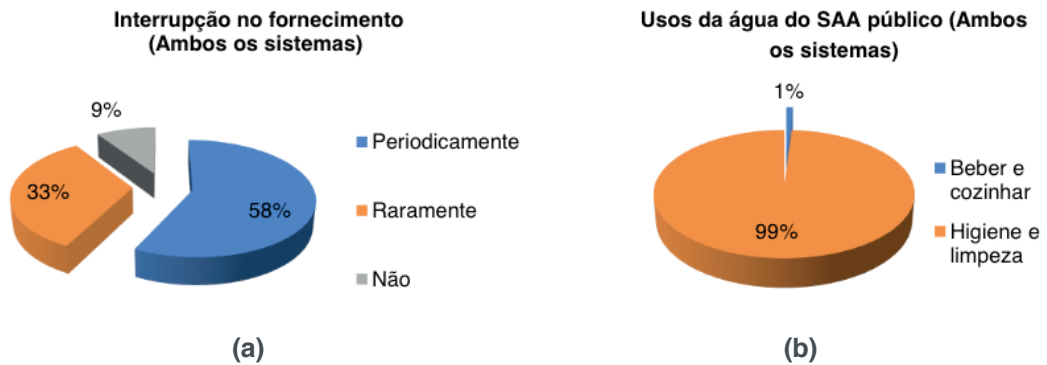


Figura 8- Interrupção no fornecimento de água (Ambos os sistemas) (a); Usos da água no SAA público (b).

A utilização de ambos os sistemas é uma resposta à desconfiança da população em relação à qualidade da água proveniente do sistema público, que buscam alternativas que venham suprir sua demanda. Os entrevistados relataram o baixo nível de confiança com a água do sistema público e utilização dos poços particulares como principal fornecimento de água para atividades primárias, como, beber e cozinhar.

No diagnóstico realizado por Gonçalves *et al.* (2014) foi detectado que apenas uma pequena parcela das residências estudadas no município de Barcarena-PA é contemplada pelo serviço de abastecimento público de água, esta situação faz com que os usuários experimentem outras formas de abastecimento, como o uso de poços particulares.

Ao serem questionados se algum morador da residência apresentou algum tipo de doença de veiculação hídrica, 9% dos usuários do SAA público afirmaram que já houve casos de diarreia e 2% relataram a ocorrência de verminoses. Entre os usuários de poço particular houve 4% de casos de diarreia e 4% de verminoses. Quanto aos que dispõem de ambos os sistemas, ocorreram 4% de casos de diarreia e 9% de verminoses (Figura 9).

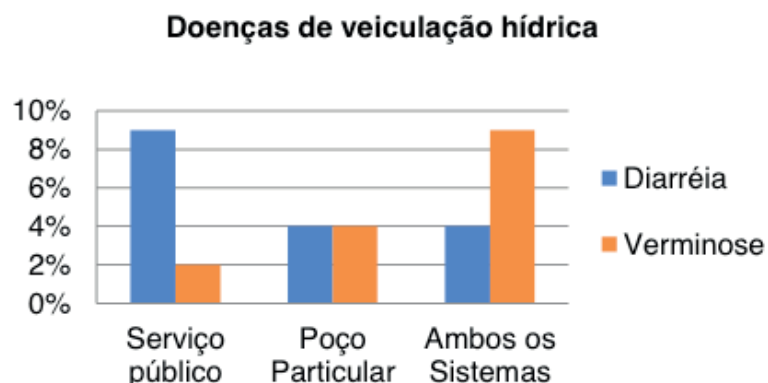


Figura 9- Doenças de veiculação hídrica.

Segundo a Portaria de Consolidação N° 5 do MS, Anexo XX (2017), a água subterrânea para consumo humano é caracterizada como boa, quando é necessário passar apenas pelo processo de desinfecção. No distrito de Maracajá essas condições

são ausentes, tendo em vista que a água dos poços particulares, assim como a do SAA público, é distribuída a população sem qualquer tipo de tratamento prévio, possibilitando a ocorrência de doenças de veiculação hídrica.

O estudo realizado por Paiva e Souza (2016) indicou que em todo Brasil há casos de internações por doenças veiculadas pela água e, que, no ano de 2013 os locais que apresentaram as maiores proporções de internações por doenças associadas à poluição hídrica foram as regiões Norte e Nordeste, correspondendo a 6% das hospitalizações totais daquele ano, enquanto a média nacional era de 3,2%. A pesquisa revelou ainda que o estado do Pará possuía a situação mais crítica da região Norte, apresentando 8,68% das internações por estas doenças.

#### 4 | CONCLUSÃO

O diagnóstico baseado na percepção do usuário é uma ferramenta importante na constituição do sistema de abastecimento de água e gestão de recursos hídricos. A visão dos moradores quanto à qualidade da água, qualidade do sistema, possíveis doenças ocasionadas pela água e sua satisfação, possibilitaram a formação de um perfil do local quanto à confiança da água utilizada pelos residentes, além de ser base para comparação com outros estudos voltados à perspectiva do usuário.

Com a pesquisa relacionou-se os dois tipos de SAA que abastecem o Distrito de Maracajá. Com os resultados, foi revelada a insatisfação por parte da maioria dos usuários do sistema público de água, principalmente com a qualidade da água, enquanto os entrevistados e usuários de poços particulares estão satisfeitos com a qualidade da água.

A região Norte possui grandes reservas de água doce, rios e bacias que caracterizam a área, porém, é perceptível em boa parte desta região a baixa qualidade dos serviços de abastecimento de água existentes, onde é possível verificar ainda populações sem acesso à água encanada.

Os usuários do SAA público do distrito não apresentaram confiança com a água que é distribuída, forçando mais de 50% dos residentes beneficiados com esse sistema a recorrerem a poços particulares como fonte alternativa de suprir a demanda por água.

Sugere-se que o SAA público passe por intervenção e, inclusive, ampliação, para o atendimento dos 9.000 residentes do distrito. Além disso, dos usuários que optarem por utilizar poços particulares, que seja feita desinfecção na água, obedecendo aos critérios de potabilidade do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº05/17 estabelecidos pelo Ministério da Saúde.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, L.A.; FILHO, A.N.; JUNIOR, O.D.R.; FERREIRA, F.L.A.; BARROS, L.S.S. (2003). “Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais” Revista Saúde Pública v.37, n.04, p. 510 – 514.

BRASIL – Agência Nacional de Águas - ANA. *Panorama da Qualidade das águas Subterrâneas no Brasil*. Brasília. 2007.

BRASIL – Fundação Nacional da Saúde - FUNASA. *Programação e Projeto Físico de Unidade de Coleta para o Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano – Manual de Diretrizes*, 1ed. Brasília/DF, 2006.

BRASIL – Ministério da Saúde - MS. Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de Setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Disponível em <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005\\_03\\_10\\_2017.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html)>. Acesso em 21 de junho de 2018.

BRASIL - Sistema Nacional de Informações Sobre o Saneamento- SNIS. “*Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto- 2016*”. Disponível em <[http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2016/Diagnostico\\_AE2016\\_Retificado.zip](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2016/Diagnostico_AE2016_Retificado.zip)> Acesso em 14 de Maio de 2018.

BARBOSA, R.N.; SILVA, T. S. (2015). “*Qualidade bacteriológica da água consumida por comunidades rurais de Serra Talhada- Pernambuco*”. SaBios Revista de saúde e biologia v. 10, n. 01, p. 138 - 144.

GONÇALVES, K.O.; FERNANDES, L.L.; GIRARD, L. (2015). “*Diagnóstico do serviço de abastecimento de água na percepção do usuário no município de Barcarena – Pará*” REMOA/UFSM v. 14, n.01, p. 20 - 25.

LIMA, A.S.C.; SCALIZE, P.S.; ARRUDA, P.N.; BAUMANN, L.R.F. (2017). “*Satisfação e percepção dos usuários dos sistemas de saneamento de municípios goianos operados pelas prefeituras*” Eng Sanit Ambient. v.22, n.03, p. 415 – 428.

OLIVEIRA, P. H. F.C. (2004). *Amostragem básica – Aplicação em auditoria*. Ed. Ciência Moderna Ltda. 276 p.

SOUSA, F.P.; PERTEL, M.; TEIXEIRA, T.; FERREIRA, A.V.; MENEZES, L.E.C.F.; PEREIRA, P.S.F. (2015). “*Qualidade da água de abastecimento da comunidade Tamarindo em Campos dos Goytacazes/RJ*”. Perspectivas online v. 11, n05, p. 1 - 16.

PAIVA, R.F.P.S.; SOUZA, M.F.P.S. (2016). “*Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil*” CSP caderno de saúde pública v.34, n.01, p. 1 – 11.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NOVO REPARTIMENTO- PA. Secretária de infraestrutura. Departamento de terras (2017).

## INFLUÊNCIA DE CEMITÉRIO EM PARÂMETROS QUÍMICOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

**Fernando Ernesto Ucker**

Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola  
de Engenharia  
Goiânia – Goiás

**Maria Clara Veloso Soares Rosa**

Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola  
de Engenharia  
Goiânia – Goiás

**RESUMO:** O sepultamento de corpos humanos em locais sem tratamento e infraestrutura adequada pode impactar o solo e o lençol freático através da infiltração e percolação do necrochorume, visto que estando o lençol freático em contato com a pluma de contaminação ocorre a solubilização dos íons presentes no necrochorume o que favorece o enriquecimento de sais, alterando assim a qualidade da água subterrânea. Por este motivo, o objetivo deste estudo foi avaliar o nível do lençol freático na condutividade elétrica e no pH sob influência de um cemitério na região metropolitana de Goiânia (GO). Portanto, foram construídos cinco poços de monitoramento, dos quais levou-se em consideração a declividade do terreno. Após isto realizou-se a coleta da água subterrânea com tubos *bailers*, bem como o monitoramento do lençol freático entre os meses de março a agosto de 2018, realizou-se em laboratório a análise dos parâmetros de condutividade

elétrica e pH das amostras de água dos poços de monitoramento, conseguinte os dados foram inseridos no programa Excel para confecção dos gráficos. Os resultados obtidos demonstraram que o nível do lençol freático influencia na condutividade elétrica e pH devido as variações da condutividade elétrica e acidificação do pH, sendo assim um indicativo da contaminação da água subterrânea por necrochorume.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade da água subterrânea; Necrochorume; Contaminação; Monitoramento.

### INFLUENCE OF CEMETERY IN CHEMICAL PARAMETERS OF UNDERGROUND WATER

**ABSTRACT:** Burial of human bodies in places without treatment and adequate infrastructure may impact the soil and sheet water table through infiltration and percolation of the necrochorume, inasmuch as the water table being in contact with the plume of contamination occurs the solubilization of the ions present in necrochorume the which favors the enrichment of salts, thus altering the quality of underground water. For this reason, the objective of this study was to evaluate the level in the ground sheet water table in the electrical conductivity and in the pH under influence of a graveyard in the metropolitan region of Goiânia (GO). Therefore, were built, five monitoring wells were constructed, of which took in consideration the

declivity of the terrain. This after, there was the collection of underground water with tubes *bailers* as well as monitoring in the sheet water table between the months March and August 2018, the analysis of the parameters of electrical conductivity and groundwater pH of samples of the water of monitoring wells, therefore the data were inserted in the program Excel (2013) for confection of the graphics. The results obtained demonstrate that the level in the ground sheet water table is influenced at electrical conductivity and pH due to variations of electrical conductivity and acidification from the pH, being like this one indicative of the contamination of underground water by necrochorume.

**KEYWORDS:** Underground water quality; Necrochorume; Contamination; Monitoring.

## 1 | INTRODUÇÃO

A interação homem e natureza têm sido modificada ao longo do tempo, interferindo no consumo dos recursos naturais. Desta maneira, as diversas atividades exercidas pelo homem ocasionam perdas na biodiversidade e, conseqüentemente, afetam os recursos hídricos, uma vez que, as pessoas utilizam água superficial ou subterrânea para sua sobrevivência.

Para Löbler, Borda e Da Silva (2015) o crescimento populacional e as atividades exercidas pelo homem, tais como agricultura e indústria, afetaram a qualidade da água em nível global. Por isso, faz-se necessário à proteção das águas subterrâneas contra agentes externos que podem alterar suas propriedades físicas, químicas, biológicas. A Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (2018) considera água subterrânea toda aquela que ocorre abaixo da superfície da Terra, que ocupa os poros vazios das rochas sedimentares ou das rochas compactas, e que desempenha um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos.

A qualidade da água subterrânea vem sendo comprometida em decorrência da expansão das cidades e do descarte incorreto de resíduos. Assim, inúmeros impactos podem surgir nas águas subterrâneas em virtude das atividades antrópicas. Podem ser considerados fontes de contaminação das águas subterrâneas, a disposição incorreta de resíduos sólidos, o lançamento de efluentes domésticos e/ou industriais no solo ou na água, atividades agrícolas e os cemitérios (DA SILVA et al., 2014).

Um dos resíduos líquidos é gerado a partir da atividade cemiterial, o chamado necrochorume. Necrochorume é um líquido viscoso, composto principalmente por água, sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis. Este líquido possui coloração castanho-acinzentada, odor forte e ainda variável teor de patogenicidade, apresentando assim risco à saúde pública e ao meio ambiente (ZANATO, 2016).

As atividades cemiteriais datam desde a idade média onde os corpos eram enterrados próximos às igrejas (THOMPSON, 2015). Contudo, por questões sanitárias e também de saúde pública passou-se a enterrar longe dos centros urbanos, pois

durante o processo de decomposição dos corpos o necrochorume causava liberação de odores (AVILA, 2016). Uma vez que em contato com o necrochorume devido à lixiviação, a água pode sofrer alteração em suas propriedades, tornando-a imprópria para a utilização em diversos fins.

De acordo com Kemerich *et al.* (2014) a problemática envolvendo os cemitérios agrava quando as necrópoles encontram-se em áreas propensas à contaminação, já que a maioria dos cemitérios brasileiros são localizados em locais inadequados e a população faz uso da água subterrânea por meio de poços rasos.

Como destacado por Zanato (2016) o necrochorume possui sais minerais em sua composição. Quando os sais minerais encontram-se dissolvidos em água formam os íons, e estes por sua vez tem a capacidade de conduzir corrente elétrica, o que determina a condutividade elétrica. No entanto, este parâmetro não diferencia os íons presentes, mas é um indício de possíveis fontes poluidoras. Löbler, Borda e Da Silva (2015) abordam que quanto maior o teor de sais maior será o valor de condutividade elétrica da água subterrânea, tornando-se este um indicativo de salinização ou dissociação de sais do solo em decorrência da liberação de elementos químicos.

Um condicionante que influencia a concentração de íons presentes na água é o nível do lençol freático, já que em níveis elevados de precipitação ocorre a lixiviação da fonte poluidora, acarretando na solubilização dos íons, influenciado pelo gradiente de infiltração no solo. Desta maneira o nível do lençol freático influencia diretamente na condutividade elétrica da água subterrânea quando em contato com a pluma de contaminação do necrochorume, enquanto que o pH apresenta valores baixos devido a maior quantidade de íons de hidrogênio presente na água. Com base no exposto acima o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência de um cemitério da região metropolitana de Goiânia (GO) na condutividade elétrica e do pH da água subterrânea.

## 2 | METODOLOGIA

O estudo foi realizado em um cemitério municipal da região metropolitana de Goiânia, capital do Estado de Goiás (GO). Este cemitério teve suas atividades iniciadas no ano de 1996, e o mesmo encontra localizado na área urbana e possui uma área de total de 97.608,76 m<sup>2</sup>, onde 92.510,73 m<sup>2</sup> estão destinados para os sepultamentos, 152,98 m<sup>2</sup> para construção e 4.945,05 m<sup>2</sup> para estacionamento.

Neste local foi realizado estudo sobre a possível contaminação da água subterrânea do cemitério em pontos pré-definidos. Na seleção dos locais mais adequados para a perfuração dos poços levou-se em consideração à declividade encontrada no terreno, seguindo assim a mesma linha de escoamento para que obtivesse uma boa representatividade da área de influência do cemitério municipal estudado. Os pontos estão representados na Figura 1.

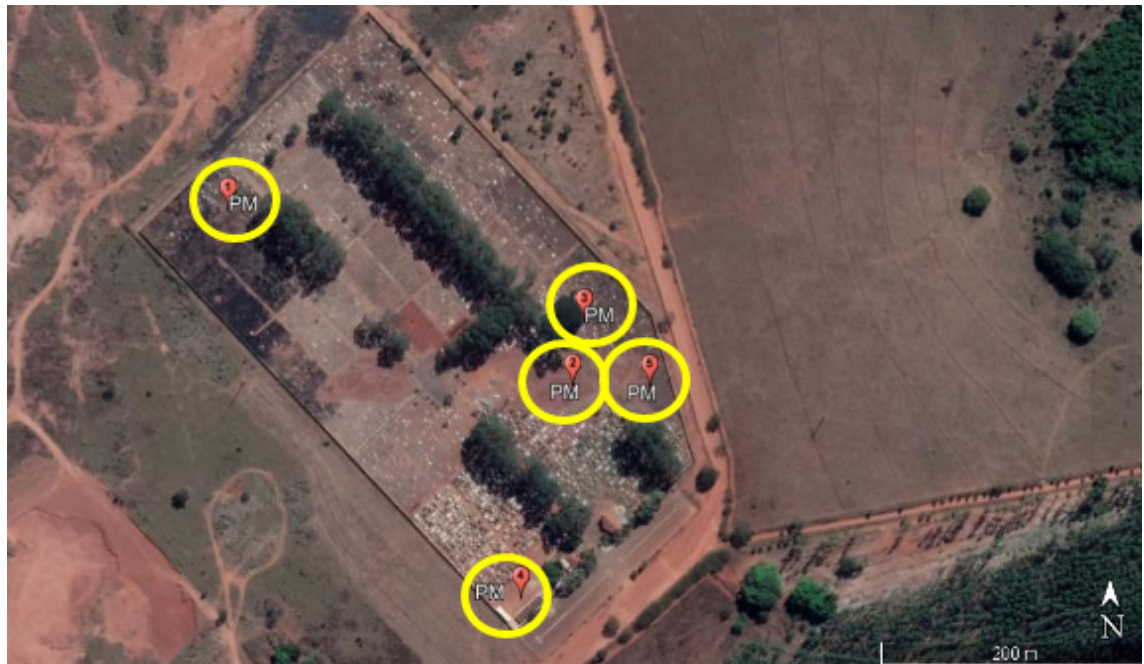


Figura 1 - Localização da distribuição dos poços de monitoramento de acordo com as coordenadas geográficas no cemitério municipal estudado.

Fonte: Google Earth, (2018).

Para a realização deste trabalho foram construídos cinco poços de monitoramento dentro da área do cemitério municipal, onde constam na Tabela 1 suas respectivas elevações. Na construção dos poços de monitoramento utilizou-se uma perfuratriz hidráulica de 75 mm, e dentro destes poços foram adicionados tubos de PVC com diâmetro de 50 mm, com ranhuras horizontais. A construção dos poços seguiu as normas descritas na NBR 15495-1 (ABNT, 2007). A extremidade superior do tubo foi fechada com tampa de vedação para se evitar eventual alteração na composição da água.

Poço de Monitoramento	Elevação (m)
PM1	753 m
PM2	752 m
PM3	750 m
PM4	755 m
PM5	749 m

Tabela 1 - Elevação dos poços de monitoramento do cemitério municipal em estudo. Adaptado de Google Earth (2018).

Após a construção dos poços de monitoramento, nestes foram avaliados o nível da água e também da condutividade elétrica e o pH. As medições foram realizadas durante os meses de março a agosto de 2018. À realização do ensaio da condutividade elétrica e pH foram realizadas no Laboratório de Efluentes da Estação de Tratamento de Esgoto de Goiânia onde para determinação da condutividade elétrica utilizou-se o condutímetro da marca Digimed, modelo DM-3P, já o pH foi determinado pelo

pHmetro da marca Digimed, modelo DM-22, ambos os equipamentos foram calibrados com material de referência certificado conforme manual do fabricante. Para realização do monitoramento do nível do lençol freático utilizou-se tubos PVC de 25 mm com comprimento variando entre 8 e 13 metros e com auxílio de uma trena mediu-se o nível de água em cada poço, conforme a Figura 2.

As amostras de água foram coletadas com auxílio de tubos *bailers*, conforme descrito por Soriano Junior e Reis (2005). Na extremidade de cada poço, com auxílio de um barbante, inseriu o tubo *bailer* para que pudesse entrar em contato com a água subterrâneas. Uma vez em contato com a água, devido à pressão hidrostática a válvula abre para coletar a amostra. As amostras coletadas nos cinco poços de monitoramento foram identificadas de acordo com os poços, acondicionadas em frasco de polietilenos de 500 mL e preservadas em caixas de isopor com gelo hermeticamente fechada.



Figura 2 - Monitoramento nível da água subterrânea (Região Metropolitana de Goiânia, GO, 2018).

Após obtenção dos dados das análises laboratoriais e de campo, estes foram inseridos em uma planilha do programa Excel (2013), para que fosse possível confeccionar os gráficos com a comportamento das variáveis durante o período de amostragem.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a Resolução CONAMA nº 335 considera-se cemitério parque ou jardim aquele onde os jazigos são construídos abaixo da superfície, cobertos por gramíneas e identificados por meio uma placa de pequenas dimensões. (BRASIL, 2003). O cemitério estudado é do tipo jardim, o que para Pessotto e Alves (2018) traz desvantagem devido à maneira como os corpos são enterrados, principalmente por conta da falta preocupação com o necrochorume.



De acordo com informações da Central Municipal de Óbitos do cemitério estudado, os sepultamentos são feitos por inumação, que consiste na colocação do caixão em cova simples aberta no solo com profundidade entre 1,3 m a 1,5 m. Neste tipo de sepultamento, o caixão é depositado diretamente em contato com o solo e após um período de cinco anos os restos mortais são removidos e encaminhados para o ossuário, localizado dentro do cemitério, onde os ossos são separados, identificados e guardados em sacos azuis. E por tumulação, onde os enterros são feitos acima do nível do solo, em gavetas de alvenaria ou concreto, conhecido também como jazigo. Ambos os tipos de sepultamentos não possuem impermeabilização do solo e tratamento adequado dos resíduos líquidos, gasosos e sólidos, conforme a figura 3.



Figura 3 - Sepultamento por inumação (A); Sepultamento por tumulação (B) (Região Metropolitana de Goiânia, GO, 2018).

A Figura 4 demonstra as variações entre nível do lençol freático, pH e condutividade elétrica no poço de monitoramento 1 durante a realização do estudo, é possível verificar, que o nível de água apresentou variação devido as precipitações ocorridas ao longo do estudo. Percebe-se também que, durante o monitoramento, os valores de condutividade elétrica diminuíram possivelmente pelo rebaixamento do lençol freático ocorrido. No entanto, no mês de junho verificou-se um aumento da condutividade elétrica da água, o que para Sena et al. (2015) está relacionado à presença de partículas dissolvidas, tais como  $\text{Cl}^-$  e  $\text{H}^+$ , o que pode ter sido influenciado pelo alto nível de água no mês de maio. O pH do poço de monitoramento 1 durante o período de análise apresentou acidez, o que de acordo Carvalho et al. (2015) pode ser um indicativo de contaminação da água subterrânea.

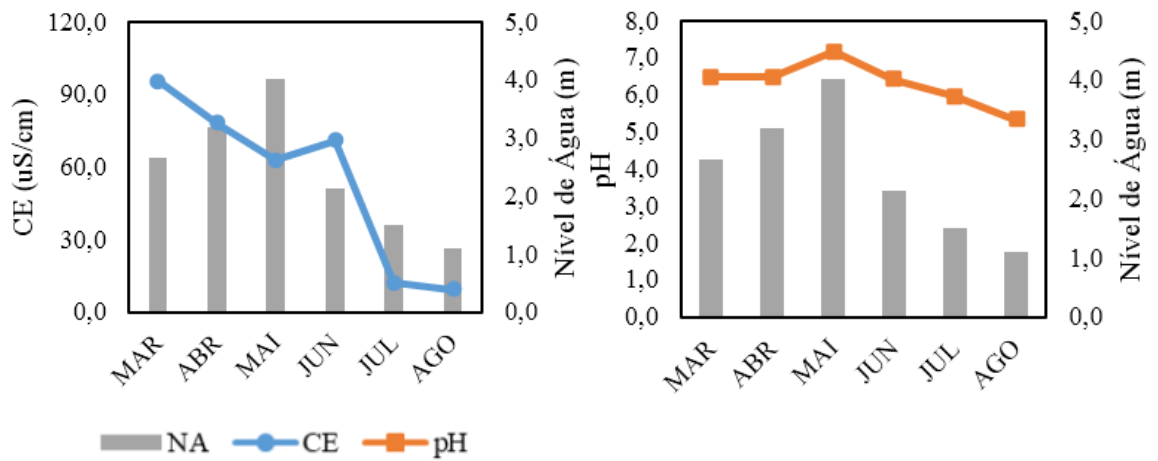


Figura 4 - Variações entre nível do lençol freático, pH e condutividade elétrica (CE) no poço de monitoramento 1.

No poço de monitoramento 2 (Figura 5) os valores de condutividade elétrica e pH oscilaram juntamente com o nível do lençol freático. Durante o mês de março, a condutividade elétrica teve o maior pico devido ao aumento do nível em virtude da precipitação ocorrida. É notório que o rebaixamento do lençol freático influenciou na concentração da condutividade elétrica e do pH do mês de abril, porém, nota-se que, assim como o poço de monitoramento 1, no mês de maio os parâmetros apresentaram comportamento atípico, em virtude da precipitação, o que favoreceu a solubilização dos sais, influenciando na condutividade elétrica e o aumento do pH devido à presença de íons  $H^+$ . Freddo Filho (2018) destaca que o acréscimo da condutividade elétrica na água assim como de sódio e cloreto, podem estar relacionados a contaminação por efluentes domésticos.

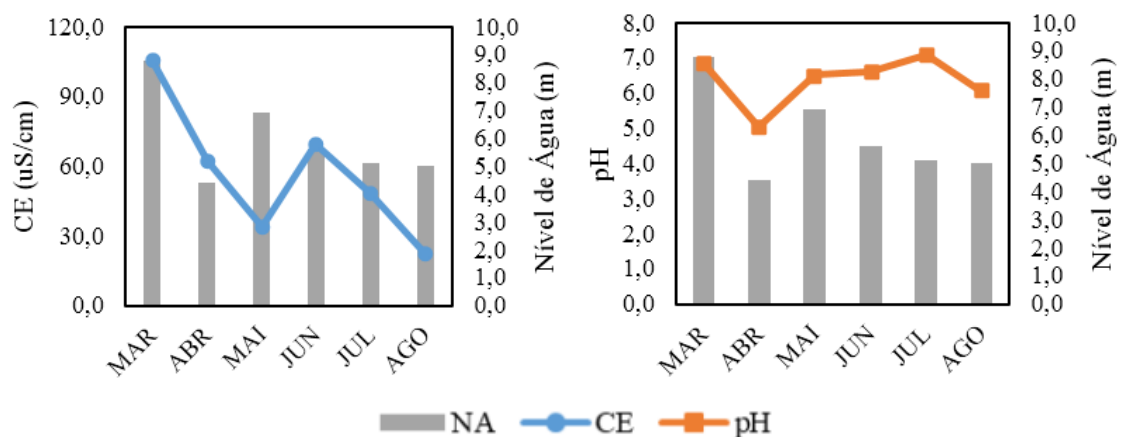


Figura 5 - Variações entre nível do lençol freático, pH e condutividade elétrica (CE) no poço de monitoramento 2.

Saraiva (2010) salienta que um corpo com 70 quilos inumado no solo libera cerca de 100 gramas de sódio e 95 gramas de cloreto, o equivalente a 0,14% por peso. No poço de monitoramento 2, os valores obtidos de pH apresentaram tendência ácida tanto na estação chuvosa quando na seca, o que para Freddo Filho (2018) pode ser

também uma influência da decomposição do solo que, ao dissociar, libera íons  $H^+$ .

Analisando o poço de monitoramento 3 (Figura 6) percebe-se que o tipo de sepultamento está influenciando diretamente na qualidade da água, posto que nas proximidades do poço o sepultamento é realizado por inumação. Logo, devido a declividade do terreno, pode estar ocorrendo o escoamento da pluma de contaminação no sentido do poço de monitoramento, o que favorece o acréscimo da condutividade elétrica, principalmente pelo comportamento do mês de julho, uma vez que valores acima de  $150 \mu S/cm$ , segundo Freddo Filho (2018), podem ser indícios de contaminação. Estudando também o cemitério municipal da cidade de Rio Claro, em São Paulo, Xavier *et al.* (2018) observaram uma acidificação na água dos poços de monitoramento localizados dentro do cemitério, o que pode ser verificado também no poço analisado neste estudo da região metropolitana de Goiânia (GO).

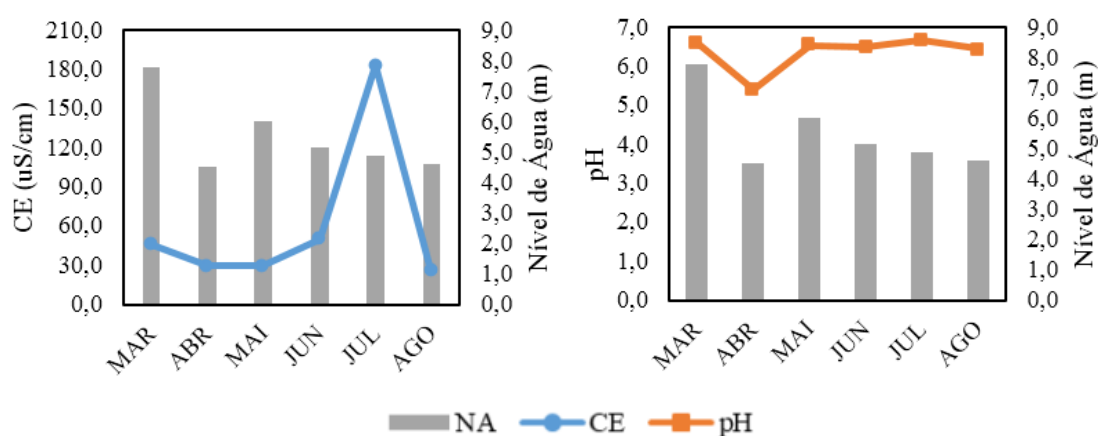


Figura 6 - Variações entre nível do lençol freático, pH e condutividade elétrica (CE) no poço de monitoramento 3.

O poço de monitoramento 4 (Figura 7) localiza-se na cota mais alta da área do cemitério, próximo ao ossuário. Em suas proximidades o sepultamento é tipo tumulação, entretanto vê-se que mesmo sepultando acima do solo os valores obtidos apresentaram oscilações. À medida que o nível do lençol freático aumentou, a condutividade elétrica decaiu. No entanto, nos meses de abril e junho o comportamento anômalo, aumento da condutividade elétrica, pode ter sido em virtude da saturação do solo nos meses que apresentaram aumento do nível do lençol, março e maio.

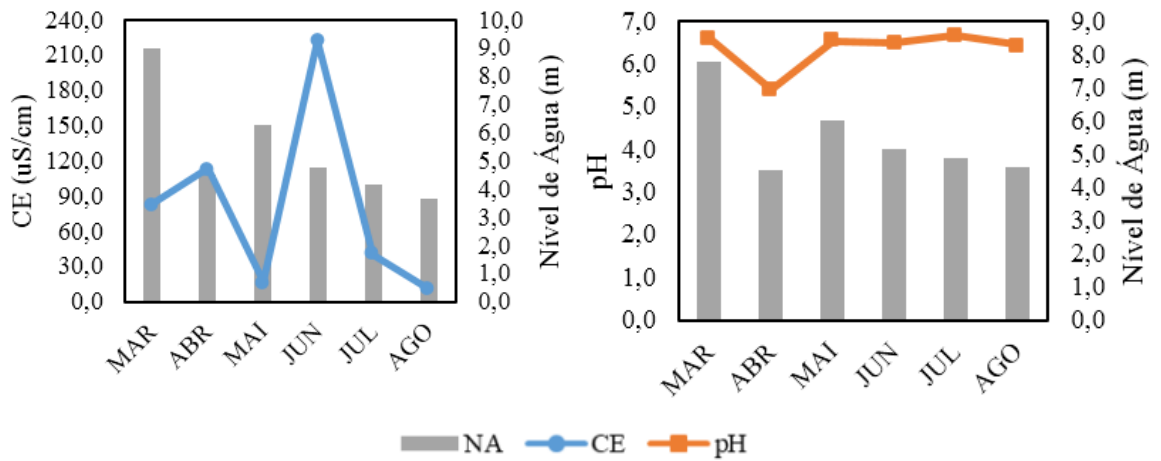


Figura 7 - Variações entre nível do lençol freático, pH e condutividade elétrica (CE) no poço de monitoramento 4.

Por estar na cota mais baixa da área do cemitério, o poço de monitoramento 5 (Figura 8) apresentou maiores níveis do lençol freático, assim como a condutividade elétrica. Como não há muitos sepultamentos na proximidade do poço de monitoramento, pode estar ocorrendo o escoamento do necrochorume para o sentido do poço de monitoramento, visto que nos meses com maior nível a condutividade elétrica da água aumentou, sendo um indício da contaminação por necrochorume. Saraiva (2010) destaca que em alguns estudos sobre cemitério, o aumento da condutividade elétrica da água ficou entre 50 e 500%, apontando assim a influência por necrochorume.

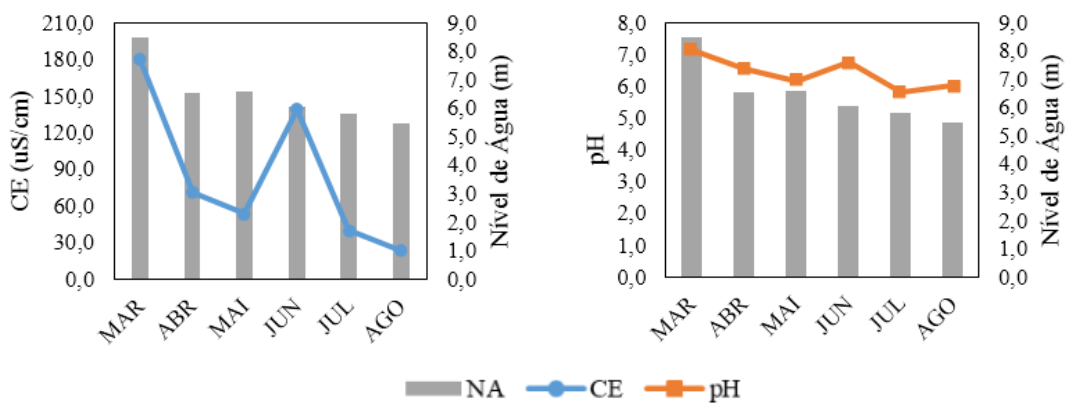


Figura 8 - Variações entre nível do lençol freático, pH e condutividade elétrica (CE) no poço de monitoramento 5.

Ao analisar o comportamento das variáveis ao longo do período de estudo, nota que a condutividade elétrica oscilou devido ao nível de água dos poços de monitoramento, percebeu-se também que o tipo de sepultamento possibilitou o acréscimo da condutividade elétrica assim como o nível favoreceu o decréscimo dos valores. Quanto ao nível Niero (2011) destaca que o monitoramento do lençol freático é necessário para entender a dinâmica do mesmo, porém leva-se anos de estudos. Já Betio e Dos Santos (2016) complementam que o monitoramento fornece o comportamento do lençol freático principalmente no período chuvoso devido,

a quantidade de recarga e infiltração. O monitoramento do lençol freático permitiu avaliar o comportamento nas estações chuvosas e secas do estudo, enquanto que o resultado da concentração hidrogeniônica (pH) apresentou faixa entre 5,0 e 7,2 sendo caracterizado como ácido.

#### 4 | CONCLUSÃO

Após a verificação dos resultados anteriormente citados concluiu-se que as atividades cemiteriais impactam o lençol freático devido a percolação do necrochorume em locais sem tratamento adequado. Sendo assim, o monitoramento do lençol freático é importante a fim de compreender a dinâmica do mesmo, principalmente em locais que apresentam grande vulnerabilidade de contaminação.

Percebeu-se que o nível do lençol freático influencia na condutividade elétrica ora favorecendo o enriquecimento da água subterrânea com sais ora solubilizando os mesmos, além do que notou-se também que o aumento do nível do lençol freático possibilitou a acidificação da água. Com isto, ressalta-se que os resultados obtidos são indicativos da contaminação por necrochorume, visto que, o cemitério estudado não possui tratamento dos resíduos gerados.

#### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Águas Subterrâneas, o que são? São Paulo, mar. 2018. Disponível em: <<http://www.abas.org/educacao.php>>. Acesso em: 10 mar. de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15495-1**: Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - Parte 1 Projeto e Construção. Rio de Janeiro, ABNT, 2007.

AVILA, E. R. de. **Estudo de caso das condições ambientais dos Cemitérios Bom Jesus e São Cristóvão em União da Vitória-PR: proposta de melhorias**. Dissertação (Mestrado) Universidade de Stuttgart; SENAI/PR.; Universidade Federal do Paraná; Setor de Engenharia Química, Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial. Curitiba: UFP, 2016.

BETIO, M. M.; DOS SANTOS, M. M. Monitoramento das oscilações do nível freático na área do antigo lixão de Rolândia-PR. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, XIX, 2016, São Paulo. **Anais do XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. São Paulo: Revista **Águas Subterrâneas**, 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA N° 335, de 3 de abril de 2003**. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios Publicada no DOU no 101, de 28 de maio de 2003.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA n° 368, de 28 de março de 2006**. Altera dispositivos da Resolução no 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Publicado no D.O.U. de 29 de março de 2006.

CABRAL, J. V. R.; SANTOS, G. D. dos; MAZZA, F. C.; SANTOS, V. L. P dos. Investigação de passivos ambientais em poços de água próximos a um cemitério situado na cidade de Curitiba-PR. **Revista**

**EVINCI-Uni Brasil**, Curitiba, v. 1, n. 4, p. 162-182, 2015.

CARVALHO, F. I. M.; LEMOS, V. P.; DANTAS FILHO, H. A.; DANTAS, K. G. F. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas de Belém a partir de parâmetros físico-químicos e níveis de elementos traço usando análise multivariada. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 7, n. 6, p. 2221-2241, 2015.

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

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. - Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

FREDDO FILHO, V.J. **Qualidade das águas subterrâneas rasas do aquífero Barreiras: estudo de caso em Benevides, PA**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

KEMERICH, P. D. da C.; BIANCHINI, D. C.; FANK, J. C.; BORBA, W. F. de; WEBER, D. P.; UCKER, F. E. A questão ambiental envolvendo os cemitérios no Brasil. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 13, n. 4, p. 3777-3785, 2014.

KEMERICH, P. D. da C.; UCKER, F. E.; BORBA, W. F. Cemitérios como fonte de contaminação ambiental. **Revista Scientific American Brasil**, v.1, p. 78-81, 2012b.

LÖBLER, C. A.; BORBA, W. F. de; DA SILVA, J. L. da S. Relação entre a pluviometria e a condutividade elétrica em zona de afloramento do sistema Aquífero Guarani. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 115-121, 2015.

LÖBLER, C. A.; DA SILVA, J. L. S. Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas do município de Nova Palma, Rio Grande do Sul, Brasil. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 10, n. 1, p. 141-152, 2015.

NIERO, R. Z. **Acompanhamento do nível freático e determinação da condutividade híbrida do solo na Fazenda Experimental da Ressacada CCA-UFSC**. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro de Ciências Agrárias. Florianópolis: UFSC, 2011.

PACHECO, A. **Meio ambiente & cemitérios**, v. 15, 2017.

SARAIVA, F. A. **Avaliação de métodos geofísicos no comportamento espacial de plumas de necrochorume**. Dissertação (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SILVA, J. A. da; MARQUES, M. J. D. de P. Impactos ambientais causados por necrochorume de cemitérios: um olhar para os possíveis riscos à saúde pública. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, Tarumã, v. 2, n. 1, 2017. ISSN: 2525-4790.

SORIANO JUNIOR, R; REIS, F. A. G. **Análise comparativa entre métodos de amostragem de águas subterrâneas**. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal v. 2, n. 1, 2005.

THOMPSON, B. Cemitérios verticais, espaço urbano e meio ambiente: O novo discurso científico universitário de incentivo à verticalização do cemitério e cremação. **Primeiros Estudos**, São Paulo, n. 7, p. 07-26, 2015.

XAVIER, F. V.; MALAGUTTI FILHO, W.; SILVA, R. W. da C., MOREIRA, C. A. Emprego da sondagem elétrica vertical integrada às análises químicas e microbiológicas no diagnóstico preliminar da contaminação do solo e da água subterrânea no cemitério municipal da cidade de Rio Claro

(SP). **Eng. San. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 333-344, 2018.

ZANATO, T. R. **Contribuição do método da eletrorresistividade na investigação da possível contaminação por necrochorume em aquíferos fraturados no cemitério Santo Antônio**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pampa, GEOFÍSICA, 2016.

## 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**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro - RJ

### **Antonio Krishnamurti Beleño de Oliveira**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro - RJ

### **Oswaldo Moura Rezende**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
AquaFluxus  
Rio de Janeiro - RJ

### **Ana Caroline Pitzer Jacob**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
AquaFluxus  
Rio de Janeiro - RJ

### **Matheus Martins De Sousa**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
AquaFluxus  
Rio de Janeiro - RJ

### **Luiza Batista De França Ribeiro**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
AquaFluxus  
Rio de Janeiro - RJ

### **Paulo Canedo de Magalhães**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro - RJ

os objetivos, metas, ações e prazos visando a universalização do acesso ao saneamento básico a toda a população municipal dentro de um horizonte de planejamento de 20 anos. O artigo tem o objetivo de apresentar o Planejamento do Manejo de Águas Pluviais do Município de Bocaina-PI, localizado no interior do estado, e do Município de Porto-PI, localizado às margens do baixo curso do rio Parnaíba, ambos no âmbito de seu Plano Municipal de Saneamento Básico. Desta forma, o artigo contém o diagnóstico dos municípios e a análise SWOT, para, a partir do reconhecimento das carências e problemas existentes, definir diretrizes e alternativas de atuação. Também são definidas as metas e objetivos para o cenário de referência, bem como as diretrizes e a proposição de medidas de intervenção, com o intuito de mitigar os impactos causados pela falta de gestão e manejo das águas pluviais. Além disso, são definidos os programas e ações necessários para o atingimento das metas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Plano Municipal de Saneamento Básico; Manejo de Águas Pluviais; Piauí.

THE MANAGEMENT OF STORMWATER IN THE CONTEXT OF MUNICIPAL SANITATION PLANS: CASE STUDY IN A RIVERSIDE MUNICIPALITY AND IN AN INLAND MUNICIPALITY, PIAUÍ - BRAZIL.

**ABSTRACT:** Law 11.445/2007 requires that the

**RESUMO:** A Lei nº11.445/2007 determina que a prestação dos serviços públicos de saneamento básico deve ocorrer com base em um plano. Este plano deve apresentar, de forma clara,



provision of public sanitation services must take place based on a plan. This plan must clearly present objectives, goals, actions and deadlines towards universal access to basic sanitation to all municipal population within 20-year planning horizon. This article aims to present the Stormwater Management Plan within the Sanitation Municipal Plan of Bocaina and Porto, PI, the last one located along the lower course of the river Parnaíba. Thus, the article contains the municipality diagnosis and the SWOT analysis in order to recognize shortcomings and existing problems. It also defines the goals and objectives for the reference scenario, as well as guidelines and proposal of intervention measures, to mitigate the impacts caused by the lack of stormwater management. Also, the programs and actions necessary to achieve the goals are defined.

**KEYWORDS:** Municipal Sanitation Plan, Stormwater Management, Piauí.

## 1 | INTRODUÇÃO

A Lei do Saneamento Básico nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007), regulamentada pelo Decreto Federal nº 7.217/10, determina que a prestação dos serviços públicos de saneamento básico deve ocorrer com base em um plano que apresente os objetivos, metas, ações e prazos visando a universalização do acesso ao saneamento básico a toda a população municipal dentro de um horizonte de planejamento de 20 anos. O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) é um instrumento de planejamento dos direitos garantidos por lei à saúde e salubridade ambiental, ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, à moradia digna e cidades sustentáveis (FUNPAPI, 2013). Segundo FUNASA (2012), dentre os aspectos a serem considerados na elaboração de um PMSB estão o diagnóstico do abastecimento, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e águas pluviais, integrados para todo o território do município; a proposta de intervenções com base na análise de diferentes cenários e estabelecimento de prioridades; a definição dos objetivos e metas e dos programas, ações e projetos necessários para atingir os objetivos e metas.

Neste contexto, o presente artigo tem o objetivo de apresentar o planejamento do manejo de águas pluviais no âmbito do PMSB de Porto, município piauiense localizado às margens do baixo curso do rio Parnaíba, e do PMSB de Bocaina-PI, município sem influência de extravasamentos fluviais de grande porte, levando em consideração as particularidades de cada município. Destaca-se que o trabalho foi objeto de contrato de consultoria firmado entre a FUNPAPI e a AquaFluxus.

## 2 | DIAGNÓSTICO

O diagnóstico elaborado pela FUNPAPI (2013) reconheceu a não existência de um Plano Diretor e de um Código de Obras e Edificações nos municípios de Porto e Bocaina, não havendo, portanto, um planejamento quanto ao uso e à ocupação do

solo e, conseqüentemente, um dispositivo legal sobre parcelamento e uso do solo urbano e rural, embora todo município inserido no território nacional brasileiro esteja regido pela Lei Nº 6.766/79. Além disso, atualmente, não há nos municípios um setor administrativo relacionado a ações para controle de cheias e gestão da drenagem urbana.

O diagnóstico realizado por CPRM (2012) identificou seis setores de risco alto no município de Porto, enquadrados como risco de enchentes e inundações, apresentados na Figura 1. A visita técnica realizada pela AquaFluxus, em agosto de 2015, às áreas indicadas como mais susceptíveis aos problemas de inundações, identificou que há duas fontes de perigo para o município de Porto, conforme indicação do estudo da CPRM. Uma é a inundação gradual do rio Parnaíba e a outra é a inundação ocasionada por chuvas intensas.



Figura 1 - Setores de risco de inundações no município de Porto (Fonte: CPRM, 2012)

Em relação ao município de Bocaina, a FUNPAPI (2013) identificou percentuais insignificantes de dispositivos especiais de drenagem e que o escoamento do fluxo pluvial é disciplinado, basicamente, pelas sarjetas das vias pavimentadas. Foram diagnosticados para o município quatro pontos críticos de intenso acúmulo de água, no período de chuvas. Tal circunstância se deve às condições topográficas desfavoráveis e à falta de soluções de microdrenagem. A visita técnica realizada pela AquaFluxus, em agosto de 2015, identificou que não há um sistema de drenagem de águas pluviais bem estruturado. Também foram verificados problemas de erosão e pontos de concentração de águas pluviais, associados a essa falta de sistema de drenagem.

### 3 | ANÁLISE SWOT

A fim de definir um planejamento estratégico que buscasse superar as fraquezas e aumentar a resiliência frente às ameaças externas, identificando os pontos fortes a explorar e os pontos a serem trabalhados na gestão do Manejo de Águas Pluviais de Porto e Bocaina, foi realizada a análise SWOT dos municípios, apresentadas no

Quadro 1 e no Quadro 2, respectivamente.

A análise para Porto teve como base informações de FUNPAPI (2013), CPRM (2012) e da visita técnica realizada em agosto de 2015 pela AquaFluxus, FUNPAPI e técnicos da Prefeitura Municipal de Porto.

A análise para Bocaina teve como base informações de FUNPAPI (2013) e da visita técnica realizada em agosto de 2015 pela AquaFluxus, FUNPAPI e técnicos da Prefeitura de Bocaina.

Forças	Fraquezas
<p>Existência de um rio com capacidade para recebimento das águas drenadas;</p> <p>Obras de infraestrutura urbana com verba do Ministério das Cidades; Verba do Plano Plurianual da Prefeitura de Porto destinada à manutenção e ampliação dos serviços de drenagem urbana (2014-2017);</p> <p>Existência de lagoa funcionando como reservatório de detenção, com estrutura de controle na saída.</p>	<p>Ausência de um setor responsável pelo controle de cheias e gestão da drenagem urbana;</p> <p>Obstrução das redes de drenagem por resíduos sólidos e sedimentos; Falta de manutenção dos dispositivos de drenagem existentes;</p> <p>Secretaria de obras, responsável pela drenagem, com quadro de funcionários reduzido, inviabilizando ações organizadas e tarefas de fiscalização; Orçamento municipal reduzido;</p> <p>Pessoas residindo em áreas de risco, ocupação desordenada das planícies de inundação;</p> <p>Problemas com alagamentos e inundações; Falta de um sistema de macrodrenagem;</p> <p>Faltam dispositivos para escoamento das águas pluviais; Inexistência de Plano Diretor;</p> <p>Ausência de drenagem na grande maioria das rodovias e ruas;</p> <p>Falta pavimentação de vias na zona rural, que provoca erosão e carreamento de sedimentos para os cursos d'água;</p> <p>Intensificação dos processos erosivos, devido à falta de drenagem pluvial; Ausência de fiscalização para garantir o cumprimento de leis e normas já regulamentadas (ocupação em APP, índice de impermeabilização de lotes, implantação de dispositivos de uso de águas de chuva, etc.);</p> <p>Lançamentos de águas pluviais sem dissipação de energia provocando erosão; Ausência de planos de contingência e emergência;</p> <p>Ineficiência hidráulica de alguns dispositivos de drenagem.</p>
Oportunidades	Ameaças
<p>A Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que visa à universalização do acesso aos serviços de saneamento básico;</p> <p>Recursos Federais e Estaduais para aplicação em sistemas de saneamento;</p> <p>Políticas públicas (Estaduais e Federais) para saneamento; Políticas de priorização de investimentos relacionadas ao setor de saneamento;</p> <p>Lei Federal nº 6.766, de 19/12/79, sobre o parcelamento do solo urbano; As recomendações do Plano Diretor Participativo fortalecem os setores de saneamento dentro do contexto geral da administração pública municipal;</p> <p>A Política Nacional de Saneamento Básico é um importante instrumento norteador para a adequação específica dos 4 setores do Saneamento Básico Municipal;</p> <p>As recomendações do Plano de Bacias Hidrográficas representam oportunidades para a resolução dos problemas de forma consorciada.</p>	<p>Políticas de priorização de investimentos não relacionadas ao setor de saneamento;</p> <p>Desastres ambientais;</p> <p>Aumento do consumo e conseqüentemente aumento das demandas voltadas para o saneamento;</p> <p>Variáveis climáticas;</p> <p>Crescimento da zona urbana – êxodo rural;</p> <p>Ausência de fiscalização para controlar o cumprimento da legislação que incide sobre o setor (Código Florestal, Lei de Saneamento Básico, Resoluções Conama relacionadas à qualidade das águas, Portaria DAEE relacionada à outorga de uso dos recursos hídricos, etc.);</p> <p>Burocracia na obtenção de recursos financeiros e nos processos licitatórios.</p>

Quadro 1 – Análise SWOT do Sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas de Porto-PI

Forças	Fraquezas
--------	-----------

<p>Sistema de informações com os resultados das etapas do diagnóstico do município disponibilizado na internet, o que resulta em maior participação da população na gestão sustentável das atividades de saneamento básico para o município;</p> <p>Obras de infraestrutura urbana com verba do Ministério das Cidades e Ministério do Desenvolvimento Agrário;</p> <p>Obras financiadas pelo município para a construção de pontes, bueiros e passagens molhadas;</p> <p>Baixa ocupação do sopé dos morros, mantendo preservada a região dos topos.</p>	<p>Afluentes do rio Guaribas desenvolvendo acentuado processo erosivo; Processo de urbanização desordenado e não acompanhado de infraestrutura;</p> <p>Ausência de um setor responsável pelo controle de cheias e gestão da drenagem urbana;</p> <p>Necessidade de redimensionamento da infraestrutura de drenagem existente, principalmente nos trechos de acesso às comunidades rurais de Bocaina; Inexistência de dispositivos legais que discipline o uso e ocupação dos solos; Plano Diretor não homologado juridicamente;</p> <p>Ausência de drenagem na grande maioria das rodovias e ruas;</p> <p>Falta pavimentação de vias na zona rural, que provoca erosão e carreamento de sedimentos para os cursos d'água;</p> <p>Ineficiência hidráulica de alguns dispositivos de drenagem; Falta de manutenção dos dispositivos de drenagem existentes;</p> <p>Secretaria de obras, responsável pela drenagem, com quadro de funcionários reduzido, inviabilizando ações organizadas e tarefas de fiscalização;</p> <p>Diversos pontos críticos de alagamento nas áreas rurais e urbanas, com acúmulo de água nos períodos de chuvas;</p> <p>Falta de manejo adequado das águas pluviais;</p> <p>Intensificação dos processos erosivos, devido à falta de drenagem pluvial; Águas servidas, resíduos sólidos e sedimentos obstruindo os dispositivos de drenagem pluvial, poluindo os mananciais e contribuindo para a proliferação de vetores de doenças.</p>
<b>Oportunidades</b>	<b>Ameaças</b>
<p>A Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que visa à universalização do acesso aos serviços de saneamento básico;</p> <p>Recursos Federais e Estaduais para aplicação em sistemas de saneamento;</p> <p>Políticas públicas (Estaduais e Federais) para saneamento; Políticas de priorização de investimentos relacionadas ao setor de saneamento;</p> <p>Lei Federal nº 6.766, de 19/12/79, sobre o parcelamento do solo urbano; As recomendações do Plano Diretor Participativo fortalecem os setores de saneamento dentro do contexto geral da administração pública municipal;</p> <p>A Política Nacional de Saneamento Básico é um importante instrumento norteador para a adequação específica dos 4 setores do Saneamento Básico Municipal;</p> <p>As recomendações do Plano de Bacias Hidrográficas representam oportunidades para a resolução dos problemas de forma consorciada.</p>	<p>Políticas de priorização de investimentos não relacionadas ao setor de saneamento;</p> <p>Desastres ambientais;</p> <p>Aumento do consumo e conseqüentemente aumento das demandas voltadas para o saneamento;</p> <p>Variáveis climáticas;</p> <p>Ausência de fiscalização para controlar o cumprimento da legislação que incide sobre o setor (Código Florestal, Lei de Saneamento Básico, Resoluções Conama relacionadas à qualidade das águas, Portaria DAEE relacionada à outorga de uso dos recursos hídricos, etc.);</p> <p>Burocracia na obtenção de recursos financeiros e nos processos licitatórios.</p>

Quadro 2 - Análise SWOT do Sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas de Bocaina-PI

Com base nas informações obtidas no diagnóstico e no resultado da análise SWOT dos municípios, foram definidos os cenários a serem estudados (Ideal, Factível e Retrógrado) para a escolha do cenário de referência, no qual sejam pautadas as metas e objetivos para cada município. Para elaboração do prognóstico, foi considerado o cenário FACTÍVEL como Cenário de Referência, por se tratar de um cenário possível de ser alcançado, tanto tecnicamente quanto economicamente. Com a sua escolha, prosseguiu-se para a identificação das necessidades futuras de ampliação dos componentes do sistema de drenagem urbana.

## 4 | METAS E OBJETIVOS

A partir do conhecimento das particularidades de cada município, foram especificadas metas e objetivos a serem cumpridos para o setor de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais no âmbito do PMSB, apresentados no Quadro 3, para Porto, e no Quadro 4, para Bocaina. As metas foram estabelecidas para diferentes horizontes temporais em função das necessidades observadas. Os horizontes foram classificados em curto prazo, quando realizados em até 5 anos; médio prazo, quando realizados em até 10 anos; e longo prazo, quando realizados em até 20 anos.

Metas	Objetivos
Definição do órgão responsável pelos serviços de drenagem.	Visa atingir os principais objetivos dos serviços do sistema de manejo de águas pluviais, estabelecidos pela Lei nº 11.445/07, que determina diretrizes nacionais para o saneamento básico. Foi proposta sua definição em curto prazo.
Implementação de um manual de drenagem.	Visa orientar profissionais no planejamento e projeto de drenagem urbana e no que diz respeito à ocupação de áreas com potencial de inundação, devendo ser utilizado como suporte técnico. Foi proposta sua definição em curto prazo.
Implementação de programa de gestão de risco de inundações.	Tem como primeiro objetivo a relocação de moradores dos setores identificados como sendo de alto risco pela CPRM. Para evitar o reestabelecimento dessas áreas, também é atribuído deste programa a fiscalização e controle de novas ocupações. Sabendo-se que há uma tendência à expansão urbana observada no diagnóstico citado e o retorno, no período pós-cheia, dos moradores retirados destes locais, foi proposto a implementação do programa a curto prazo.
Implantação de rede urbana de microdrenagem.	Visa reestruturar todo o sistema de microdrenagem da área urbana do município de Porto. São metas do cenário de referência que, no horizonte de curto prazo, seja feito o cadastramento de todas as ruas da região urbana e seja implantada a rede de microdrenagem em 40% de todas as vias levantadas. A médio prazo é proposta a implantação de 100% de rede de microdrenagem sobre o total de ruas urbanas e a longo prazo a implantação das redes deverá acompanhar a expansão da área urbana, com crescimento de vias.
Implementação de legislação para o controle do impacto da urbanização sobre o sistema de drenagem e ocupação das áreas de risco	Visa controlar o impacto da urbanização sobre o sistema de drenagem e da ocupação das áreas de risco. Foi proposta sua definição em curto prazo.
Avaliação hidráulica dos bueiros existentes	Visa verificar a situação destes dispositivos quanto às dimensões e ao estado de conservação no horizonte de curto prazo, indicando quais estruturas necessitam ser readequadas, incluindo-as na meta apresentada a seguir.
Implantação de dispositivos de passagem (bueiros e obras de arte) em pontos de interseção de vias e cursos d'água	Esta meta propõe, para o horizonte de médio prazo, que todos os dispositivos de passagem devem estar implantados ou readequados. Dispositivos prioritários, porém, que apresentam relativa importância para a população e para o município, devem ser planejados para atender a população em curto prazo.
Projeto de otimização do açude do Igarapé para controle de inundações.	A primeira etapa contempla a fase de estudos, onde será analisado o potencial do açude em mitigar problemas relacionados a alagamentos. Esta etapa deverá ser cumprida a curto prazo. Já a segunda, contempla obras de adaptação no açude, de forma a otimizar o reservatório para o controle de inundações, caso a primeira etapa assim o indique. Esta etapa deverá ser cumprida a médio prazo.

Quadro 3 - Metas e Objetivos para o Cenário de Referência – Porto-PI

Metas	Objetivos
Definição do órgão responsável pelos serviços de drenagem.	Visa atingir os principais objetivos dos serviços do sistema de manejo de águas pluviais, estabelecidos pela Lei nº 11.445/07, que determina diretrizes nacionais para o saneamento básico. Foi proposta sua definição em curto prazo.

Implementação de um manual de drenagem.	Visa orientar profissionais no planejamento e projeto de drenagem urbana e no que diz respeito à ocupação de áreas com potencial de inundação, devendo ser utilizado como suporte técnico. Foi proposta sua definição em curto prazo.
Implementação de programa preventivo de segurança de barragem.	Visa mitigar os danos causados por um evento não esperado, como por exemplo, ruptura da estrutura e galgamento da barragem.
Implementação de projeto coletivo de Educação Ambiental.	Visa evitar o problema da mistura da água de chuva, esgotos, sedimentos e resíduos sólidos, em especial nas sarjetas, resultando na obstrução ou aumento da rugosidade das redes. Foi proposta sua definição em curto prazo.
Implantação de rede de microdrenagem na zona urbana e nas vilas principais.	Visa complementar e melhorar o sistema de microdrenagem do município de Bocaina. São metas do cenário de referência que, no horizonte de curto prazo, seja feito o cadastramento das ruas da região urbana e das vilas principais e seja implantada 53% da rede de microdrenagem demandada, a médio prazo 80% e a longo prazo 100%.
Implementação de legislação para o controle do impacto da urbanização sobre o sistema de drenagem e ocupação das áreas de risco	Visa controlar o impacto da urbanização sobre o sistema de drenagem e da ocupação das áreas de risco. Foi proposta sua definição em curto prazo.
Avaliação hidráulica dos bueiros existentes	Visa verificar a situação destes dispositivos quanto às dimensões e ao estado de conservação no horizonte de curto prazo, indicando quais estruturas necessitam ser readequadas, incluindo-as na meta apresentada a seguir.
Implantação de dispositivos de passagem (bueiros e obras de arte) demandados.	Esta meta propõe, para o horizonte de curto prazo, que todos os dispositivos de passagem devem estar implantados ou readequados.

Quadro 4 - Metas e Objetivos para o Cenário de Referência – Bocaina-PI

## 5 | INDICADORES DE AVALIAÇÃO

Como forma de avaliar periodicamente a evolução do atendimento dos serviços de manejo das águas pluviais e de drenagem urbana, frente às metas pré-estabelecidas, foram propostos oito indicadores, apresentados no Quadro 5, para Porto, e propostos onze indicadores, apresentados no Quadro 6, para Bocaina.

I1	Existência do órgão responsável pelos serviços de drenagem.	Não existe órgão responsável definido	0
		Existe órgão responsável definido	1
I2	Existência de manual de drenagem.	Não existe manual de drenagem implementado	0
		Existe manual de drenagem implementado	1
I3	Existência de programa de gestão de risco de inundações.	Não existe programa implementado	0
		Existe programa implementado	1
I4	Índice de Adequação da Microdrenagem.	Cálculo da porcentagem de vias com rede de drenagem.	0 a 1
I5	Existência de legislação para o controle do impacto da urbanização sobre o sistema de drenagem e ocupação das áreas de risco.	Não existe legislação implementada	0
		Existe legislação implementada	1
I6	Avaliação hidráulica dos bueiros existentes.	Avaliação não realizada	0
		Avaliação realizada	1
I7	Porcentagem de dispositivos de passagem (bueiros e obras de arte) em pontos de interseção de vias e cursos d'água implantados.	Cálculo do percentual de implantação ou readequação de dispositivos de passagem.	0 a 1
I8	Fase do projeto de otimização do açude do Igarapé para controle de inundações.	Projeto em fase inicial ou não iniciado	0
		Fase de estudos concluída	0,5
		Fase final do projeto concluída	1

Quadro 5 - Indicadores para avaliação do atendimento das metas – Porto-PI

I1	Existência do órgão responsável pelos serviços de drenagem.	Não existe órgão responsável definido	0
		Existe órgão responsável definido	1
I2	Existência de manual de drenagem.	Não existe manual de drenagem implementado	0
		Existe manual de drenagem implementado	1
I3	Existência de programa preventivo de segurança de barragem.	Não existe programa implementado	0
		Existe programa implementado	1
I4	Índice de Adequação da Microdrenagem.	Relação de vias com rede de drenagem e vias nas quais há alagamentos.	0 a 1
I5	Existência de legislação para o controle do impacto da urbanização sobre o sistema de drenagem e ocupação das áreas de risco.	Não existe legislação implementada	0
		Existe legislação implementada	1
I6	Avaliação hidráulica dos bueiros existentes.	Avaliação não realizada	0
		Avaliação realizada	1
I7	Porcentagem de dispositivos de passagem (bueiros e obras de arte) em pontos de interseção de vias e cursos d'água implantados.	Cálculo da porcentagem de dispositivos em pontos de interseção de vias e cursos d'água implantados.	0 a 1
I8	Índice de Produtividade da Força de Trabalho (IPFT)	Cálculo do percentual de número de funcionários em relação à população total do município.	0 a 1
I9	Taxa de Urbanização (TU)	Cálculo do percentual de área construída (ocupação por imóveis) por área da zona urbana do município	0 a 1
I10	Taxa de Área Verde (TAV)	Cálculo do percentual de áreas verdes públicas mais áreas não desmatadas pela área total do município	0 a 1
I11	Taxa de Impermeabilização (TI)	Cálculo do percentual de área construída mais vias públicas pela área total do município	0 a 1

Quadro 6 - Indicadores para avaliação do atendimento das metas – Bocaina-PI

## 6 | DIRETRIZES PARA O MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

O município de Porto, por se localizar na planície de inundação do Rio Parnaíba, torna a implantação de reservatórios de detenção em lotes pouco efetiva para o controle das inundações, além de reduzir a eficiência de medidas de infiltração. Apesar disso, a adoção dessas estruturas, associadas ao aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis, foi indicada para todas as regiões do município. Indicou-se a delimitação de área de preservação permanente, permitindo o extravasamento de água da calha principal do córrego, nos locais onde houver espaço suficiente nas margens do talvegue.

Como forma de mitigar os impactos oriundos dos alagamentos por cheias do rio Parnaíba, foi indicado um conjunto de medidas não estruturais. Uma dessas medidas é a implantação de parque urbano linear, em toda a extensão do limite entre solo urbano e área de proteção. Nas regiões de risco com ocupação consolidada, devem ser previstas áreas para implantação de reservatório- pulmão.

Para as demais áreas de risco apontadas pela CPRM (2012), foi indicada a implantação de corredor verde ao longo dos talvegues principais, com previsão de parque urbano inundável, e a readequação das estruturas de drenagem que apresentam insuficiência hidráulica. Na Figura 2, é apresentada a concepção de

solução a ser adotada para redução dos riscos de inundação.

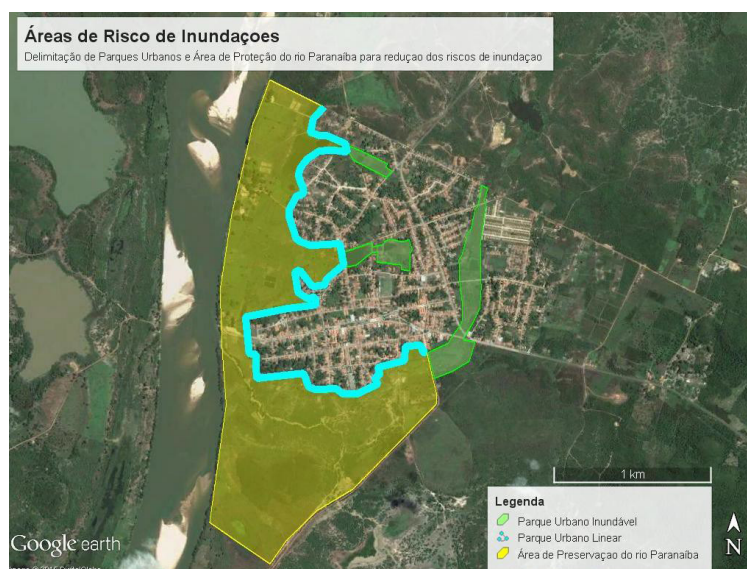


Figura 2 - Concepção das soluções para tratamento das áreas com risco de inundação

No que diz respeito ao município de Bocaina, as medidas de detenção se apresentam como uma excelente solução de uso múltiplo, possibilitando o controle dos escoamentos gerados pelos lotes e, em consequência, reduzindo as dimensões das redes. Deve ser prevista a instalação de galerias de drenagem nos locais urbanos em que os talwegues foram substituídos por ruas e não há sistemas de drenagem adaptado para isso. Para o projeto de microdrenagem, foram previstos dispositivos hidráulicos para ordenamento dos escoamentos excedentes das chuvas precipitadas sobre as áreas urbanas. O eixo de drenagem indicado pelos moradores, durante a visita técnica, que escoar as águas precipitadas na região alta da cidade, ao norte da área central urbana de Bocaina, deverá ser dotado de rede de galeria subterrânea.

Como forma de mitigar os impactos oriundos dos alagamentos do rio Guaíbas, foi indicado um conjunto de medidas não estruturais. Uma dessas medidas é a implantação de uma área de proteção do rio Guaíbas, com o objetivo de vedar a ocupação irregular dessa região. Outra medida é a implantação de parque urbano linear em toda a extensão do limite entre o solo urbano e a área de proteção do rio.

### 6.1 Previsão de Eventos de Emergência e Contingência

Foi observada a importância de Porto e Bocaina possuírem um Plano de Emergência para o setor de manejo de águas pluviais (Quadro 7 para Porto e Quadro 9 para Bocaina), que deve conter as características das áreas sujeitas a riscos e as ações necessárias às respostas de controle e combate às ocorrências anormais.



Causas	Consequências	Ações Emergenciais	Ações Preventivas
<p>Precipitações intensas;</p> <p>Boca de lobo e/ou ramal assoreado e/ou obstruído;</p> <p>Subdimensionamento da rede existente; Deficiência nas declividades da via pública e das sarjetas;</p> <p>Ausência de manutenções preventivas; Lançamento de resíduos sólidos no sistema de microdrenagem.</p>	Alagamento localizado	<p>Comunicar a Defesa Civil e/ou Corpo de Bombeiros para verificar os danos e riscos à população;</p> <p>Comunicar a Secretaria responsável para executar a limpeza da área afetada e manutenção corretiva;</p> <p>Registrar o evento;</p> <p>Comunicar à população sobre o fechamento de vias alagadas.</p>	<p>Realização de manutenções preventivas da rede de drenagem; Sensibilização da comunidade através de iniciativas de educação, evitando o lançamento de resíduos nas vias públicas e bocas de lobo.</p>
<p>Precipitações intensas e constantes na bacia do rio Parnaíba;</p> <p>Ocupação das planícies de inundação; Impermeabilização de áreas significativas da bacia, favorecendo o escoamento superficial;</p> <p>Remoção da cobertura vegetal nas Áreas de Preservação Permanente – APP; Deficiência da capacidade de escoamento do curso d'água;</p> <p>Assoreamento do rio Parnaíba; Estrangulamento do curso d'água por estruturas de travessias existentes.</p>	Inundação Gradual do rio Parnaíba	<p>Comunicação à Defesa Civil, Corpo de Bombeiros, Secretarias Municipais de Planejamento, Obras, Meio Ambiente para verificar os danos e riscos à população; alerta à população;</p> <p>Paralisação parcial do abastecimento de energia elétrica nas áreas inundadas; Remoção de pessoas e isolamento das zonas críticas;</p> <p>Preparação de locais para abrigo temporário da população atingida;</p> <p>Provisão de recursos básicos necessários à sobrevivência da população atingida e recepção de doativos.</p>	<p>Zoneamento das áreas de inundação, evitando a ocupação de novas áreas de risco; Implantação de um sistema de alerta de cheias;</p> <p>Fiscalização;</p> <p>Limpeza e desassoreamento do rio Parnaíba.</p>
<p>Precipitações intensas nas bacias dos córregos que desaguam no rio Parnaíba; Ocupação das planícies de inundação; Impermeabilização de áreas significativas da bacia, favorecendo o escoamento superficial;</p> <p>Remoção da cobertura vegetal nas Áreas de Preservação Permanente – APP;</p> <p>Deficiência da capacidade de escoamento dos córregos;</p> <p>Assoreamento dos córregos; Estrangulamento dos córregos por estruturas de travessias existentes.</p>	Inundações repentinas	<p>Comunicação à Defesa Civil, Corpo de Bombeiros, Secretarias Municipais de Planejamento, Obras, Meio Ambiente para verificar os danos e riscos à população; alerta à população;</p> <p>Paralisação parcial do abastecimento de energia elétrica nas áreas inundadas; Remoção de pessoas e isolamento das zonas críticas;</p> <p>Preparação de locais para abrigo temporário da população atingida;</p> <p>Provisão de recursos básicos necessários à sobrevivência da população atingida e recepção de doativos.</p>	<p>Mapeamento das áreas de risco, restringindo novas ocupações e realocando a população;</p> <p>Utilização de técnicas compensatórias que favoreçam a infiltração da água no solo e reduzam o volume de água pluvial lançado na rede de drenagem;</p> <p>Implantação de corredores verdes e reservatórios de detenção;</p> <p>Fiscalização;</p> <p>Limpeza e desassoreamento dos córregos;</p> <p>Sensibilização da comunidade através de iniciativas de educação ambiental.</p>
<p>Ausência de pavimentação e drenagem de vias na zona rural provocando erosão e carreamento de sedimentos para os cursos d'água;</p> <p>Lançamento de resíduos na rede de drenagem pluvial;</p> <p>Rompimento de tubulação do sistema de esgotamento sanitário;</p> <p>Acidente ambiental com lançamento de contaminantes na rede pluvial; Interligação clandestina de esgoto nas galerias de microdrenagem.</p>	Contaminação dos cursos d'água	<p>Comunicação e alerta para a Secretaria de Meio Ambiente e Saneamento Básico, Defesa Civil e/ou Corpo de Bombeiros para verificar os danos e riscos à população; Comunicação à operadora para detecção do ponto de lançamento ou rompimento e regularização da ocorrência;</p> <p>Adoção de medidas imediatas para contenção da contaminação.</p>	<p>Fiscalização;</p> <p>Limpeza da boca de lobo;</p> <p>Sensibilização da comunidade através de iniciativas de educação, evitando o lançamento de lixo nas vias públicas e captações.</p>

<p>Precipitações intensas e constantes; Ocupações irregulares em áreas susceptíveis a erosão e de preservação permanente;</p> <p>Ausência de cobertura vegetal em taludes e margens de cursos d'água.</p>	Erosão	<p>Comunicar a Defesa Civil e/ou Corpo de Bombeiros para verificar os danos e riscos à população;</p> <p>Comunicar a Secretaria de Desenvolvimento Urbano para a limpeza da área afetada e programação de obras de contenção;</p> <p>Remoção de pessoas e isolamento das zonas críticas.</p>
		<p>Implantar medidas para conter o processo de erosão marginal;</p> <p>Mapeamento das áreas de risco, restringindo novas ocupações e realocando a população.</p>

Quadro 7 - Ações de Emergência e Contingência do Sistema de Manejo de Águas Pluviais – Porto-PI

Causas	Consequências	Ações Emergenciais	Ações Preventivas
<p>Precipitações intensas;</p> <p>Boca de lobo e/ou ramal assoreado e/ou obstruído;</p> <p>Subdimensionamento da rede existente; Deficiência nas declividades da via pública e das sarjetas;</p> <p>Ausência de manutenções preventivas; Lançamento de resíduos sólidos no sistema de microdrenagem;</p> <p>Ausência de rede de drenagem em diversos bairros do município de Bocaina.</p>	Alagamento localizado	<p>Comunicar a Defesa Civil e/ou Corpo de Bombeiros para verificar os danos e riscos à população;</p> <p>Comunicar a Secretaria responsável para executar a limpeza da área afetada e manutenção corretiva;</p> <p>Registrar o evento;</p> <p>Comunicar à população sobre o fechamento de vias alagadas.</p>	<p>Necessidade de redimensionamento da infraestrutura de drenagem existente; Implantação de redes de drenagem pluvial nos locais não dotados do sistema; Realização de manutenções preventivas da rede de drenagem;</p> <p>Sensibilização da comunidade através de iniciativas de educação, evitando o lançamento de resíduos nas vias públicas e bocas de lobo.</p>
<p>Ausência de pavimentação e drenagem de vias na zona rural provocando erosão e carreamento de sedimentos para os cursos d'água;</p> <p>Lançamento de resíduos na rede de drenagem pluvial;</p> <p>Rompimento de tubulação do sistema de esgotamento sanitário;</p> <p>Acidente ambiental com lançamento de contaminantes na rede pluvial.</p>	Contaminação dos cursos d'água	<p>Comunicação e alerta para a Secretaria de Meio Ambiente e Saneamento Básico, Defesa Civil e/ou Corpo de Bombeiros para verificar os danos e riscos à população; Comunicação à operadora para detecção do ponto de lançamento ou rompimento e regularização da ocorrência;</p> <p>Adoção de medidas imediatas para contenção da contaminação.</p>	<p>Fiscalização; Limpeza dos dispositivos de drenagem;</p> <p>Sensibilização da comunidade através de iniciativas de educação, evitando o lançamento de lixo nas vias públicas e captações.</p>
<p>Precipitações intensas e constantes; Ocupações irregulares em áreas susceptíveis a erosão e de preservação permanente;</p> <p>Ausência de cobertura vegetal em taludes e margens de cursos d'água.</p>	Erosão	<p>Comunicar a Defesa Civil e/ou Corpo de Bombeiros para verificar os danos e riscos à população;</p> <p>Comunicar a Secretaria de Desenvolvimento Urbano para a limpeza da área afetada e programação de obras de contenção;</p> <p>Remoção de pessoas e isolamento das zonas críticas.</p>	<p>Implantar medidas para conter o processo de erosão marginal;</p> <p>Mapeamento das áreas de risco, restringindo novas ocupações e realocando a população.</p>
<p>Problemas estruturais; Precipitações muito intensas;</p> <p>Deslizamentos de grandes massas para o interior do reservatório.</p>	Ruptura da Barragem	<p>Comunicar a Defesa Civil e/ou corpo de bombeiros do risco eminente à população na ocorrência de um evento;</p> <p>Evacuação das áreas de risco.</p>	<p>Elaboração do Plano de Segurança de Barragem; Sistema de alerta;</p> <p>Mapeamento das áreas de risco, restringindo e fiscalizando novas ocupações; Monitoramento da estrutura da barragem e do entorno do reservatório.</p>

Quadro 8 - Ações de Emergência e Contingência do Sistema de Manejo de Águas Pluviais – Bocaina-PI

## 7 | PROGRAMAS E AÇÕES

A fim de se alcançar as metas propostas para o cenário de referência e a partir da análise dos aspectos econômicos, considerando o crescimento populacional e compatibilizando o PMSB ao Plano Plurianual do Município de Porto, foram determinados quatro programas, apresentados na Figura 3 com suas respectivas ações. Para Bocaina, foram determinados cinco programas (Figura 4) com suas respectivas ações. Para hierarquizar os programas e direcionar recursos e mão de obra, foram determinados 4 níveis de prioridade, sendo a *Prioridade 1* mais prioritária que a *Prioridade 4*. Para ilustrar a emergência das ações, foi também estabelecido um segundo nível de prioridade, sendo a *Prioridade 2.1* mais emergencial que a *Prioridade 2.3*.



Figura 3- Programas e Ações para o Manejo das Águas Pluviais em Porto-PI



Figura 4 - Programas e Ações para o Manejo das Águas Pluviais em Bocaina-PI

## 8 | CONCLUSÕES

O planejamento apresentado neste artigo teve como objetivo avaliar a atual situação dos municípios de Porto e Bocaina, no Piauí, detectando as principais carências e problemas existentes e, com base nesta avaliação, estabelecer os cenários futuros possíveis e desejáveis, levando em consideração características específicas de cada município. Também foram estudadas as suas demandas atuais e futuras, buscando antever o ambiente, a fim de definir as metas e objetivos a serem alcançados no horizonte do PMSB. Em seguida, foram definidas diretrizes e propostas medidas de intervenção com o intuito de mitigar os impactos causados pela falta de gestão e manejo das águas pluviais. A partir das metas definidas, foram estabelecidos programas com seu respectivo conjunto de ações capazes de cumprir os objetivos mencionados. Desta forma, torna-se possível minimizar as deficiências dos municípios no âmbito do manejo de águas pluviais.

Como apresentado, uma particularidade do município de Porto é a sua localização na planície de inundação do rio Parnaíba. Esta característica, marcante devido ao risco de inundações associado, norteou o Plano de Emergência e Contingência do município, além da criação de um programa específico para a gestão de risco.

Já Bocaina, não possui alto risco de inundações associado a extravasamento de grandes corpos d'água. Sua particularidade é a presença da barragem do reservatório existente a montante da cidade. Desta forma, o programa de segurança de barragem é imprescindível, evitando e mitigando os danos potenciais advindos de um evento de ruptura da barragem. Esse programa também será responsável por evitar que novas exposições ao perigo se traduzam em maior risco ao patrimônio e à vida da população do município, por meio de controles da expansão urbana e do uso do solo.

Vale ressaltar que, anterior à implantação dos programas e das medidas propostas, devem ser realizados estudos técnicos especializados, considerando as características de cada município, a fim de que seja feito o dimensionamento adequado. Além disso, é de extrema importância a aplicação de leis que buscam reduzir os riscos à população, e sua devida fiscalização.

## REFERÊNCIAS

BRASIL (2007). Lei Federal 11.445, de 5 de janeiro de 2007, **Lei de Saneamento**, Senado Federal, 2007.

CPRM (2012). **Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes e Movimentos de Massa em Porto (PI)**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2012.

FUNASA (2012). **Termo de Referência para Elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico** – Procedimentos relativos ao convênio de cooperação técnica e financeira da Fundação Nacional de Saúde – Funasa/MS. Brasília, DF, 2012.

FUNPAPI (2013). **Plano Municipal de Saneamento Básico de Bocaina – PI**: Diagnóstico Geral dos

Serviços de Saneamento Básico. Prefeitura Municipal de Bocaina. Bocaina, PI, 2013.

IBGE (2010). **Censo Demográfico – 2010**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/estatistica/populacao/default\\_censo\\_2010.shtm](http://www.ibge.gov.br/estatistica/populacao/default_censo_2010.shtm). Acessado em setembro de 2015.

## 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**

Centro Universitário São Camilo, Curso de Engenharia Ambiental  
Castelo – Espírito Santo

### **Vinícius Rocha Leite**

Centro Universitário São Camilo, Curso de Engenharia Ambiental  
Cachoeiro de Itapemirim – Espírito Santo

### **Gabriel Adão Zechini da Silva**

Centro Universitário São Camilo, Curso de Engenharia Ambiental  
Vargem Alta – Espírito Santo

**RESUMO:** Com o grande avanço da ocupação desordenada em áreas de preservação permanente (APP), vários impactos ambientais aumentaram devido à interferência humana. O objetivo principal deste trabalho foi mapear e quantificar a cobertura florestal em APP localizada no córrego Boa Esperança e do rio Muqui do Norte através de geoprocessamento para subsidiar melhorias locais. Os procedimentos foram executados no programa computacional ArcGIS®, considerando como bases de dados digitais o GEOBASES e o Instituto Jones dos Santos Neves. Foram adquiridas imagens aéreas dos anos de 2008 e 2012, em alta resolução. A identificação da cobertura florestal foi feita por fotointerpretação das feições na escala 1:1000, auxiliado por

uma feição adquirida referente à área urbana do município. Foram plotados dois mapas, permitindo estudos quanto à distribuição da vegetação. *In loco*, foram percorridas as APPs e, com auxílio de registros fotográficos, foi registrada a situação atual das mesmas. A vegetação apresentou índices superiores a 30% para os cursos hídricos estudados. Todavia, apresentou decréscimos de aproximadamente 12% e 5,5%, respectivamente, para o rio Muqui do Norte e o córrego Belo Monte, justificado pelo crescimento desordenado da cidade. A cobertura florestal esteve muito fragmentada, indicando um grave problema principalmente para a fauna urbana, dada a relevância da vegetação ciliar. Através dos registros fotográficos, observou-se que vários trechos apresentam ausência de vegetação, além de diversas ocupações antrópicas as margens dos mananciais. A participação social, a educação ambiental e maior efetividade da fiscalização são medidas relevantes para amenizar os diversos problemas enfrentados pelas áreas afetadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Impactos Ambientais; Planejamento Territorial; Proteção dos Recursos Hídricos; Urbanização.

QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE CILARY VEGETATION OF THE BOA ESPERANÇA STREAM AND THE MUQUI DO NORTE RIVER - URBAN STRETCH OF THE

**ABSTRACT:** With the great advance of disorderly occupation in permanent preservation areas (PPA), several environmental impacts increased due to human interference. The main objective of this work was to map and quantify forest cover in APP located in the Boa Esperança stream and the Muqui do Norte river through geoprocessing to support local improvements. The procedures were performed in the computer program ArcGIS®, considering as digital databases GEOBASES and the Jones dos Santos Neves Institute. High resolution aerial images from 2008 and 2012 were acquired. The forest cover was identified by photointerpretation of the features in the 1:1000 scale, aided by an acquired feature referring to the urban area of the municipality. Two maps were plotted, allowing studies on vegetation distribution. On the spot, the PPAs were covered and, with the aid of photographic records, their current situation was recorded. The vegetation presented rates above 30% for the studied watercourses. However, it decreased by approximately 12% and 5,5%, respectively, for the Muqui do Norte river and the Belo Monte stream, justified by the disorderly growth of the city. Forest cover was very fragmented, indicating a serious problem mainly for urban fauna, given the relevance of riparian vegetation. Through the photographic records, it was observed that several sections present absence of vegetation, besides several anthropogenic occupations in the watershed margins. Social participation, environmental education and greater effectiveness of enforcement are relevant measures to alleviate the various problems faced by the affected areas.

**KEYWORDS:** Environmental Impacts; Territorial Planning; Protection of Water Resources; Urbanization.

## 1 | INTRODUÇÃO

No Brasil, o processo histórico de ocupação do território se baseou na substituição da cobertura florestal nativa por atividades antrópicas para diversas finalidades, frequentemente norteadas na exploração excessiva dos recursos naturais, desconsiderando sua importância ambiental e a sustentabilidade. Tal processo foi responsável por vários problemas ambientais, como a significativa redução da qualidade dos solos e a intensificação da erosão hídrica, associados à diminuição da disponibilidade quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos (COUTINHO et al., 2013). As margens dos rios são, geralmente, ocupadas e urbanizadas. Tendo em vista a dimensão do desafio de renaturalizar as margens dos rios urbanos, deve-se então repensar o regime de proteção das mesmas. Muitas soluções de regularização fundiária e renovação urbanística têm sido aprovadas desconsiderando a intocabilidade das APPs e assim, desrespeitando a lei de proteção da vegetação nativa (CASTRO; MAY; GARCIAS, 2018).

Áreas de Preservação Permanente (APP) correspondem à vegetação que delimita as margens de um curso hídrico e possuem a função principal de protegê-

lo de possíveis intervenções que possam ser prejudiciais à qualidade do meio, garantindo a conservação da biodiversidade e manutenção do ecossistema. No Brasil, a preocupação com as APPs somente veio a acontecer com a aplicação da Lei 4.771/65, reforçada em 2012 com o Novo Código Florestal Brasileiro, com a Lei 12.651/12 (BORGES; QUEIROZ, 2017).

Tampouco se defende a liberação do uso de todas as APPs, que prestam serviços ecossistêmicos essenciais. Uma das funções primordiais dessas áreas é proteger a biodiversidade. Em muitas áreas urbanas, as florestas de galeria representam preciosos remanescentes da cobertura vegetal nativa original e os únicos corredores ecológicos para as espécies da flora e da fauna. Assim, APPs em bom estado de conservação devem permanecer livres do uso humano, para atuarem como áreas de refúgio da vida silvestre. Há de ser lembrado que os perímetros urbanos e suas áreas de influência assumem extensões cada vez maiores. Portanto, proteger estes refúgios é essencial para garantir a continuidade dos ecossistemas. As APPs têm função ecológica fundamental na proteção dos recursos hídricos, especialmente as nascentes e as margens de rios. Dada sua característica de restrições de uso, estas áreas visam garantir a integridade dos remanescentes florestais e, por conseguinte, a manutenção de serviços ambientais (ARAUJO; GANEM, 2016; VARGAS, 2008).

A pressão que as APP's vêm sofrendo é muito grande e isso tem feito com que muitas dessas áreas sofram com a degradação antrópica e fica apenas o prejuízo ao meio ambiente como, cursos d'água perenes se tornando intermitentes, corredores ecológicos interrompidos, erosão às margens de rios e córregos, supressão à fauna causando extinção de espécies, prejuízo no processo de seqüestro de carbono que é um dos maiores indicadores ecológico ao tratar de aquecimento global. (MESQUITA et al., 2010). A ocupação irregular de áreas de preservação permanente no meio urbano é um tema que merece atenção especial porque indica as fragilidades do sistema de proteção a esses espaços (VARGAS, 2008). Ao avaliar o cumprimento da legislação quanto a preservação das matas ciliares, visando atender o proposto para APPs, pretende-se avaliar as alterações na paisagem devidas a ações naturais e/ou antrópicas, buscando as possíveis causas e efeitos dessas alterações (GIROTTI; BOZZINI, 2016).

As técnicas de geoprocessamento são essenciais para a obtenção dos mapas relacionados à distribuição da vegetação e da degradação das APPs, auxiliando de base para o cumprimento do código florestal brasileiro, principalmente no que se refere às áreas de APPs e para futuros planejamentos em um município (DONATO; MAGRI, 2017). Os chamados Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são suportes tecnológicos do planejamento ambiental e podem agregar agilidade, precisão e facilidade de visualização aos estudos, avaliações e simulações realizadas. (MARANDOLA-JUNIOR; MELLO, 2012). Considerando a relevância da temática, o objetivo deste trabalho foi mapear e quantificar a cobertura florestal da APP do córrego Boa Esperança e do rio Muqui do Norte, no trecho urbano no município de



Muqui (ES), como forma de subsidiar melhorias quanto ao planejamento urbano e ambiental e à qualidade de vida local.

## 2 | METODOLOGIA

Este trabalho considerou como local de estudo as áreas de preservação permanente do rio Muqui do Norte e do Córrego Boa Esperança, em seus trechos urbanos localizados na sede do município de Muqui. Este município localiza-se a uma latitude sul de 20°, 56' e 54" e a uma longitude oeste de Greenwich de 41°, 20' e 38". Possui clima quente, com temperatura média anual de 23 °C, e relevo acidentado (INCAPER, 2010). A população urbana do município é de 9.309 habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). A Figura 1 mostra os recursos hídricos que atravessam a cidade.

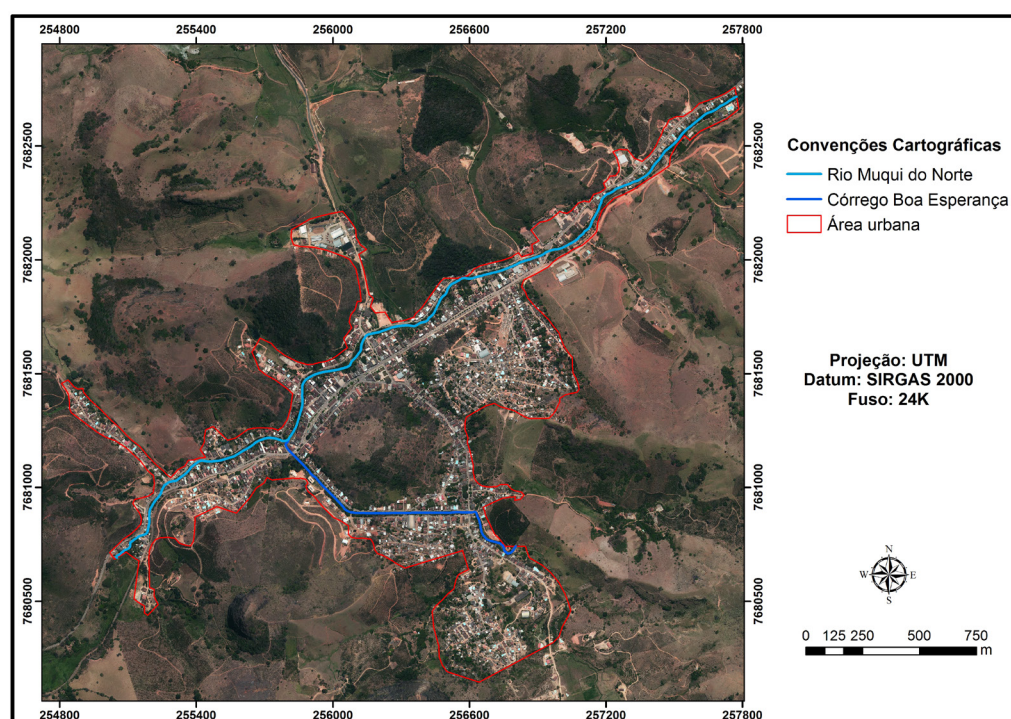


Figura 1 – Trecho dos cursos hídricos estudados

Fonte: Os Autores (2019).

A metodologia adotada foi semelhante à utilizada por outros trabalhos, como o de Fiorese, Leite e Lopes (2019). Os procedimentos foram executados no programa computacional ArcGIS®, sendo que a base de dados digitais foi adquirida no Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES) e Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN).

No portal eletrônico do IJSN, foram adquiridas feições referentes às áreas urbanas do Estado do Espírito Santo. Elas foram, posteriormente, adicionadas em layout do programa. A delimitação da área urbana do município de Muqui ocorreu por meio das ferramentas de edição de arquivos do programa. O GEOBASES forneceu

imagens aéreas da área estudada referente aos anos de 2007-2008 e 2012-2015, com, respectivamente, resolução de 1 m e 0,25 m. Por meio de observações das imagens aéreas, foram traçados o Rio Muqui do Norte e o Córrego Boa Esperança, no trecho localizado na zona urbana do município, através da criação de um novo arquivo para, posteriormente, delimitar sua APP. A definição da largura da APP foi feita com base no Novo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), conforme as dimensões do manancial estudado. Segundo a legislação, os mananciais considerados possuem dimensões predominantemente de até 10 metros e, portanto, a largura da APP é igual a 30 m. A delimitação da APP, no layout do programa, ocorreu com auxílio da ferramenta “buffer”, e a medição da largura dos cursos hídricos foi feita através do ícone “measure”.

De posse das imagens aéreas adquiridas no GEOBASES, a vegetação contida nas APPs dos cursos hídricos foi identificada por meio de fotointerpretação das feições na escala 1:1000. Com isso, foi possível mapear a vegetação da APP por meio da criação de um novo arquivo em formato “raster” e pela posterior plotagem de dois mapas temáticos. A vegetação foi quantificada a área ocupada pela vegetação, em metros quadrados (m<sup>2</sup>) e porcentagem (%) em relação à área total da APP, com auxílio da tabela de atributos do arquivo gerado.

Como forma de justificar os resultados obtidos, foram feitos, *in loco*, registros fotográficos acerca da situação da APP de ambos os cursos hídricos. Com auxílio de prancheta de campo, foram feitas anotações referentes às observações obtidas na vistoria das APP's, no que diz respeito à ocupação de áreas edificadas, arruamentos e presença ou ausência de vegetação nativa ou qualquer outra forma de interferência antrópica. Após o registro das observações, os resultados foram interpretados conforme a literatura considerada, comparando-os, quando possível, aos dados obtidos em pesquisas similares.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As APP's do trecho estudado do Rio Muqui do Norte correspondem a um total de 214.844,50 m<sup>2</sup> de área (12,50% em relação ao perímetro urbano). Já as APP's do Córrego Boa Esperança abrangem 74.026,50 m<sup>2</sup>, ou seja, 4,31%. As Tabelas 1 e 2 mostram os dados quantitativos de cobertura florestal.

ANOS	ÁREA (m <sup>2</sup> )	ÁREA (%)
2008	100.617,42	46,83%
2013	75.150,40	34,98%

Tabela 1 – Dados quantitativos de vegetação nativa da APP do Rio Muqui do Norte

Fonte: Os Autores (2019).

ANOS	ÁREA (m <sup>2</sup> )	ÁREA (%)
2008	30.844,39	41,67%
2013	26.787,01	36,19%

Tabela 2 – Dados quantitativos de vegetação nativa da APP do Córrego Boa Esperança

Fonte: Os Autores (2019).

Em ambos os cursos hídricos, houve redução da vegetação no período considerado. No entanto, as APPs do Rio Muqui do Norte apresentaram a maior redução (aproximadamente 12%), ao passo que as APPs do Córrego Boa Esperança tiveram uma redução de aproximadamente 5,50%. Resultados, portanto, insatisfatórios diante da relevância da manutenção da vegetação nesses espaços. Nas margens de cursos d'água, a vegetação ciliar garante a estabilização da terra, evitando que o seu solo seja levado diretamente para o leito dos cursos; atuando como um filtro ou como um “sistema tampão”. Além disso, também evita o carreamento direto de produtos químicos utilizados, por exemplo, em cultivos de hortaliças, para o ambiente aquático de sedimentos, nutrientes e produtos químicos provenientes das partes mais altas (SKORUPA, 2003; ANDREOLI et al., 2014). Skorupa (2003) ainda destaca os serviços ecológicos proporcionados pela vegetação ciliar como, por exemplo, auxiliar no fluxo da fauna e fixação de carbono.

A supressão do ambiente natural pelo artificial potencializa os problemas relacionados às questões socioeconômicas e ocasiona desequilíbrios ambientais, diminuição da biodiversidade, alterações das condições climáticas, desconforto térmico, enchentes, poluição, congestionamentos, risco de acidentes naturais ou antrópicos, entre outros (SCHEUER; NEVES, 2016). Portanto, esses são alguns dos agravantes em decorrência da retirada da cobertura florestal nos trechos de APP analisados. Também pode ser citado o crescimento desordenado da área urbana, o que é vivenciado por muitas cidades brasileiras. Ferreira e Meneguelli (2017) alertam que é necessária cada vez mais a existência da criação de algum mecanismo de prevenção e combate à degradação ao meio ambiente, em caráter urgente. Deve ser pautado na minimização, sobretudo da retirada de árvores das APPs estudadas, abrangendo setor público e sociedade.

Nas pesquisas *in loco*, foram constatados vários trechos do Rio Muqui do Norte com ausência de cobertura florestal. Também foram vistas ocupações de residências, aglomerados de areia no seu leito e arruamentos muito próximos a esse manancial, bem como outros conflitos, como mostram as Figuras 2 e 3.



Figura 2 – Trecho de APP do Rio Muqui do Norte com ausência de árvores e construções muito próximas

Fonte: Os Autores (2019).



Figura 3 – APP do Rio Muqui do Norte com aglomerados de areia e presença de residência

Fonte: Os Autores (2019).

No caso do Córrego Boa Esperança, foi constatado que há trechos de cobertura florestal em seu entorno, porém, em uma faixa muito pequena. Além do mais, a presença de arruamentos no seu entorno, de aglomerados de areia no seu leito em e do lançamento de efluente doméstico *in natura* é outro grande problema evidenciado, embora este não seja objeto deste estudo, especificamente. As Figuras 4 e 5 mostram a situação de trechos da APP do Córrego Boa Esperança.

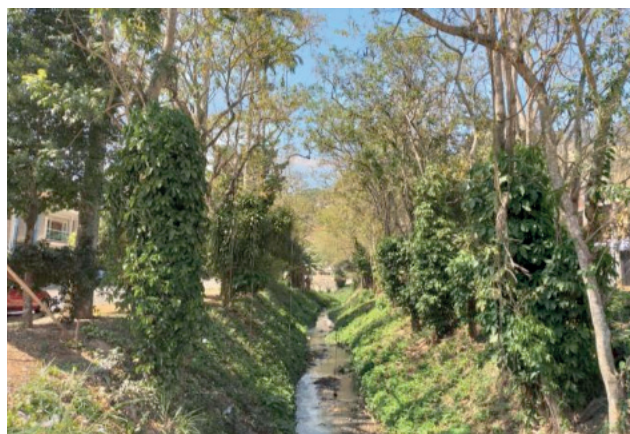


Figura 4 – Trecho de APP do Córrego Boa Esperança com vegetação apenas nas suas margens

Fonte: Os Autores (2019).

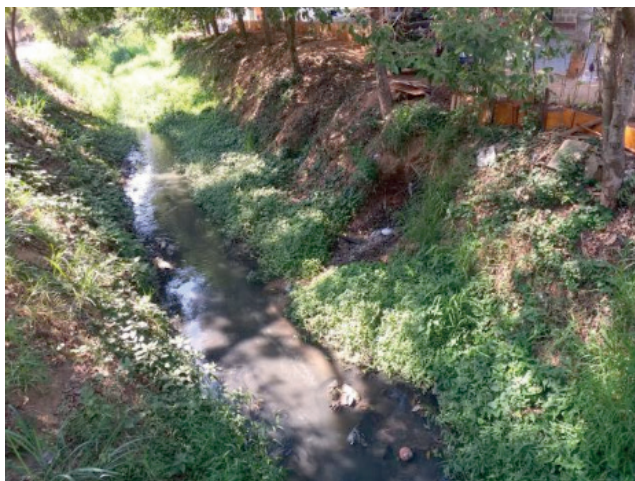


Figura 5 – Trecho de APP do córrego contaminado por resíduos e esgoto in natura e com ocupação de construções antrópicas

Fonte: Os Autores (2019).

Historicamente, nas pequenas cidades que se formaram às margens dos rios, como é o caso de Muqui (ES), as casas se posicionam com os fundos voltados para o curso d'água no qual era conectado a tubulação com a água servida e lançados os resíduos domésticos. Raros são os municípios que preservam integralmente a vegetação nas áreas com declividade acentuada e no entorno de seus rios e nascentes, a despeito da importância ecológica e paisagística dessas áreas (IRIGARAY, 2014). Isso, portanto, causou uma série de impactos ambientais aos cursos hídricos que passam pela cidade.

Embora o Brasil possua uma das legislações ambientais mais rígidas do mundo, há várias deficiências na prática, principalmente devido à grande extensão territorial do Brasil. Isso acarreta na lentidão e ineficácia da legislação (EUGÊNIO et al., 2010). Essa situação é evidente para o município de Muqui. Assim como em muitos outros municípios, essa cidade apresentou elevada interferência antrópica nas APPs de seus cursos hídricos, principalmente a cobertura florestal.

É necessário que haja a manutenção dessas APP's no meio urbano, pois as mesmas exercem função de embelezar as cidades, são utilizadas como áreas de lazer e recreação, e propicia uma melhor qualidade de vida a toda a população que desfruta dos seus benefícios (KINCZEL, 2018). Essa manutenção deve ser feita para melhorar as condições ambientais dos recursos hídricos locais e trazer benefícios à fauna urbana, juntamente com outras medidas a serem consideradas, como a implantação de sistema de tratamento de esgoto. No mapeamento da cobertura florestal, percebeu-se que a vegetação esteve muito fragmentada. As Figuras 6 e 7 mostram o mapeamento da vegetação para os anos de 2008 e 2012.

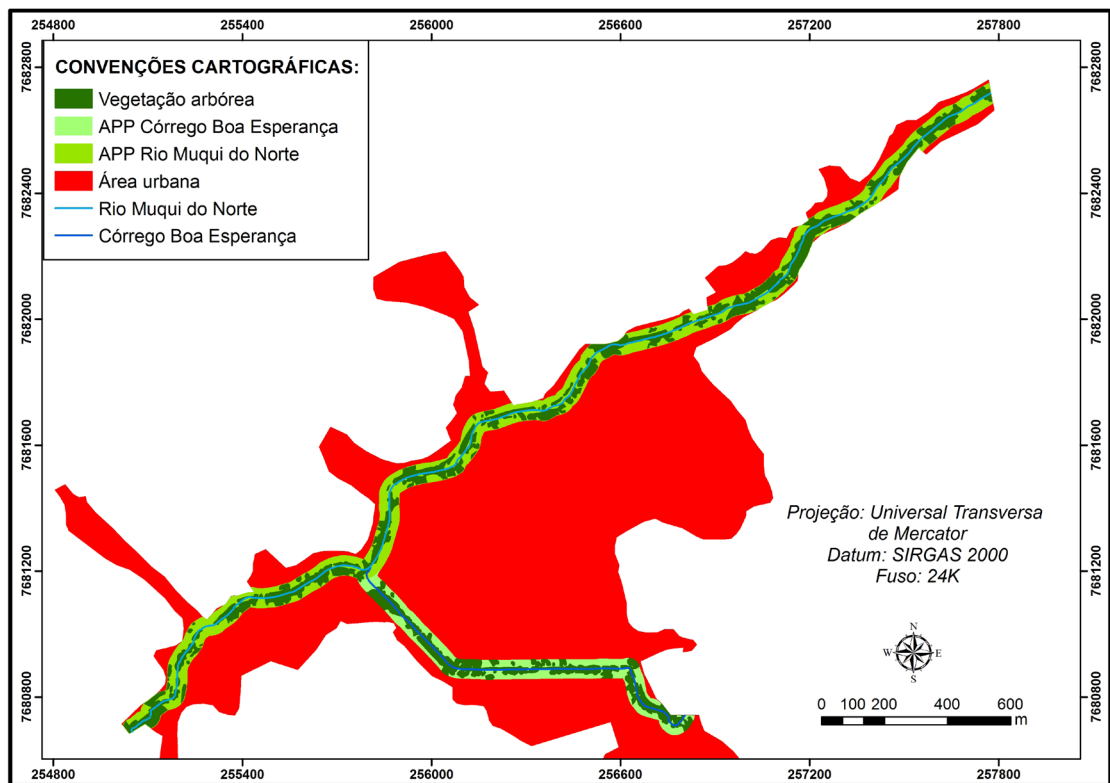


Figura 6 – Distribuição da vegetação nativa no ano de 2008.

Fonte: Os Autores (2019).

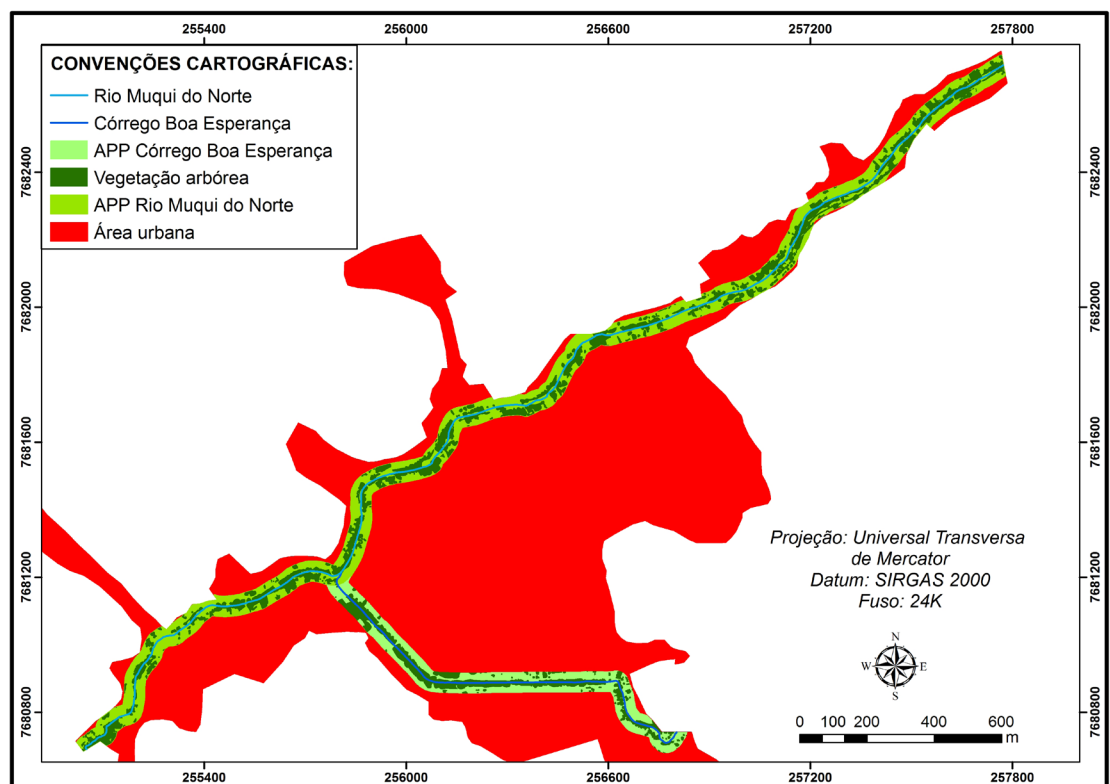


Figura 7 – Distribuição da vegetação nativa no ano de 2013.

Fonte: Os Autores (2019).

As APPs, na atualidade, estão submetidas a grandes extensões de degradação,

em decorrência da intensificação das pressões antrópicas sobre o ambiente. Dessa forma, há um processo de substituição das paisagens naturais por outras formas de uso e ocupação de terras e a conversão das áreas com cobertura florestal em fragmentos florestais. Isso causa problemas ambientais e, na maioria das vezes, afeta a disponibilidade de recursos naturais (ESPÍRITO SANTO, 2006). Assim como na cidade de Muqui, tal problema foi evidenciado por Fiorese, Leite e Lopes (2019), em estudos acerca da cobertura florestal do trecho urbano do Rio Itapemirim, em Cachoeiro de Itapemirim.

A fragmentação de uma área de vegetação natural cria barreiras para a dispersão dos organismos entre os fragmentos, já que o movimento de algumas espécies depende da habilidade de dispersão e do comportamento migratório delas (ANDREOLI et al., 2014). Ela provoca como grande consequência a desestabilização de importantes recursos naturais, como solo e água, de maneira a degradá-los cada vez mais (ARAÚJO; SOUZA, 2003). Na área urbana de Muqui, a fragmentação da vegetação ciliar é um problema para a circulação da fauna local, em virtude da importância da mesma para abrigar os animais e pelas demais funções ambientais, funcionando como um “corredor ecológico”.

Diante dessa situação, Louzada (2008) recomenda algumas ações a serem executadas, tais como: recuperação vegetal com práticas de reflorestamento, a partir do plantio de mudas e mais efetividade da fiscalização por parte dos órgãos ambientais. Outra sugestão é a difusão da educação ambiental nas comunidades e instituições locais. As preocupações inerentes a essa prática são em preservar os fragmentos ainda existentes nas cidades, dando às mesmas dimensões sócio-educativas e em se adaptar às mudanças de modelos paisagísticos que vêm ocorrendo no Brasil (LUZ; ARRAES; OLIVEIRA, 2012). Em virtude dos vários problemas enfrentados pelas APPs estudadas, a educação ambiental é uma prática que deve ser considerada para a melhoria da situação local, todavia, a mesma deve contemplar setores públicos locais e população. Além dessa, outras medidas se fazem necessárias, como a maior rigidez da própria fiscalização por parte dos órgãos ambientais, visando à manutenção dos resquícios vegetais ainda existentes e à ampliação da cobertura florestal em espaços onde ainda é possível, como visto nos registros fotográficos para o Rio Muqui do Norte.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As APPs dos cursos hídricos estudados tiveram grande redução da cobertura florestal, sendo a maior redução na APP do Rio Muqui do Norte. Isso, portanto, evidencia um forte processo de ocupação antrópica desordenada. Fato este visualizado através de registros fotográficos *in loco*, onde foram percebidos trechos totalmente desprovidos de árvores, com forte presença de construções residenciais,

aglomerados de areia no leito dos mananciais e o lançamento de efluente *in natura*. A forte redução, atrelada a esses fatores, significa um motivo de preocupação quanto à qualidade ambiental urbana e, até mesmo, ecológica (quanto à fauna), em virtude da fragmentação florestal de ambas as APPs.

É fundamental a atuação dos órgãos públicos locais no que diz respeito à ampliação da cobertura florestal, maior fiscalização e trabalhos de educação ambiental. Essas medidas, juntamente com outras de grande relevância, precisam ser adotadas para haver maior conservação da vegetação ciliar urbana e, conseqüentemente, melhor qualidade ambiental e de vida.

## REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V. **Biodiversidade**: a importância da preservação ambiental para a manutenção da riqueza e equilíbrio dos ecossistemas. 2014. Disponível em: <[http://www.agrinho.com.br/site/wpcontent/uploads/2014/09/28\\_Biodiversidade.pdf](http://www.agrinho.com.br/site/wpcontent/uploads/2014/09/28_Biodiversidade.pdf)>. Acesso em: 29 jul. 2019.

ARAUJO, S. M. V. G. de.; GANEM, R. S. A nova lei florestal e a questão urbana. In: SILVA, A. P. M. da.; SAMBUICHI, R. H. R. (Org.). **Mudanças no código florestal brasileiro: desafios para a implementação da nova lei**. Rio de Janeiro: IPEA, 2016. 359 p.

ARAÚJO, M. R.; SOUZA, O. C. Fragmentação Florestal e a Degradação das Terras. In: COSTA, R. B. da. (Org.) **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na região Centro-Oeste**. Campo Grande: UCDB, 2003. p. 113-138.

BORGES, F. O.; QUEIROZ, P. S. **Avaliação das áreas de preservação permanente da bacia do Córrego Olhos D'água, Uberlândia/MG, segundo a legislação concernente**. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 17., 2017, Campinas. Anais... Campinas: Instituto de Geociências, 2017.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Brasília, DF, 2012.

CASTRO, S. L. I.; MAY, L. R.; GARCIAS, C. M. **Meio ambiente e cidades – áreas de preservação permanente (APPS) marginais urbanas na lei federal nº. 12.651/12**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 1340-1349, jul./set., 2018.

COUTINHO, L. M. et al. **Usos da Terra e Áreas de Preservação Permanente (APP) na Bacia do Rio da Prata, Castelo-ES**. Floresta e Ambiente, v. 20, n. 4, p. 425-434, out./dez. 2013.

DONATO, L. de P.; MAGRI, R. A. F. **Uso e ocupação das áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do Córrego Limão, Passos-MG**. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v.14, n.25; p. 78-91, 2017.

ESPÍRITO SANTO. **ARES**: atlas das áreas com potencial de riscos do Estado do Espírito Santo. Vitória: Imprensa Estadual; 2006. 125 p

EUGÊNIO, F. C. et al. **Conflito do uso e cobertura da terra em áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do rio Alegre, no município de Alegre, ES**. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 2, p. 110-126, 2010.

FERREIRA, S. de S.; MENEGUELLI, A. Z. **Diagnóstico ambiental de um fragmento de mata ciliar do Rio Urupá no município de Urupá-RO**. Saberes UNIJIPA, Ji-Paraná, v. 5, n. 1, p. 13-27, jan./jun.



2017.

FIGE, C. H. U.; LEITE, V. R.; LOPES, T. da S. **Cobertura florestal no trecho urbano da área de preservação permanente do Rio Itapemirim, município de Cachoeiro de Itapemirim-ES, Brasil.** Agrarian Academy, Goiânia, v. 16, n. 29, p. 802-815, 2019.

GEOBASES. **IEMA – mapeamento ES – 2012-2015.** Disponível em: <<https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>>. Acesso em: 8 jul. 2019.

GIROTTI, M. M.; BOZZINI, A. C. **Área de preservação permanente (APP) e impactos da expansão urbana do município de São José do Rio Pardo, SP.** In: XIII Congresso Nacional de Meio Ambiente. Anais... Poços de Caldas, 2016.

IBGE. **Sinopse do censo demográfico 2010: Espírito Santo.** 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=21&uf=32>>. Acesso em: 8 jul. 2019.

IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves. **Shapefiles.** Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/>>. Acesso em: 8 jul. 2019.

INCAPER. **Programa de assistência técnica e extensão rural PROATER 2011-2013: Muqui.** 2010. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/media/incaper/municipios/Caparao/Muqui.pdf>>. Acesso em: 2 jul. 2019.

IRIGARAY, C. T. J. H. **Desafios à preservação de APP no perímetro urbano.** 2014. Disponível em: <<https://anape.org.br/site/wp-content/uploads/2014/01/TESE-60-AUTOR-CARLOS-TEODORO-JOS%c3%89-HUGUENEY-IRIGARAY.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2019.

KINCZEL, I. V. A importância das Áreas de Preservação Permanente Urbanas. 2018. Disponível em: <<https://sites.unicentro.br/wp/educacaoambiental/2018/07/25/a-importancia-das-areas-de-preservacao-permanente-urbanas/>>. Acesso em: 28 jul. 2019.

LOUZADA, F. L. R. de O. **Análise das áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do ribeirão Estrela do Norte, ES.** 2008. Monografia (Especialização em Educação Ambiental e Recursos Naturais) - Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Alegre, Alegre, 2008.

LUZ, L. M. da.; ARRAES, R. R. M.; OLIVEIRA, S. R. de. **Educação ambiental em áreas verdes urbanas como recurso didático para o ensino da biogeografia.** Geonorte, v. 3, n. 4, p. 171-177, 2012.

MARANDOLA-JUNIOR, E.; MELLO, L. F. Mapeamento Comunitário, Percepção e Representação do Espaço: metodologias para diagnóstico e gestão ambiental. In: SILVA, C. A. (Org.). **Geografia e Natureza: experiências e abordagens de pesquisas.** Dourados: Ed. UFGD, 2012. 256 p.

MESQUITA, R. A. S. et al. **A importância das áreas de preservação permanente (APP's).** 2010. Disponível em: <[http://ge.catolica-to.edu.br/portal/port al/downloads/docs\\_gestaoambiental/projetos2010-1/3-periodo/A\\_importancia\\_das\\_areas\\_de\\_preservacao\\_permanete.pdf](http://ge.catolica-to.edu.br/portal/port al/downloads/docs_gestaoambiental/projetos2010-1/3-periodo/A_importancia_das_areas_de_preservacao_permanete.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2019.

SCHEUER, J. M.; NEVES, S. M. A. da S. **Planejamento urbano, áreas verdes e qualidade de vida.** Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 11, n. 5, p. 59-73, 2016.

SKORUPA, L. A. **Áreas de Preservação Permanente e Desenvolvimento Sustentável.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 4 p.

VARGAS, H. L. **Ocupação irregular de APP urbana: um estudo da percepção social acerca do conflito de interesses que se estabelece na lagoa do Prato Raso, em Feira de Santana, Bahia.** Sitientibus, Feira de Santana, n. 39, p. 7-36, 2008.

## AVALIAÇÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS EM UMA BACIA CONTRIBUINTE DO PANTANAL MATO-GROSSENSE

### **Valdeci Antônio de Oliveira**

Mestre em Recursos Hídricos, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, UFMT (valdeciantonio2009@hotmail.com)

### **Daniela Maimoni de Figueiredo**

Professora do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, UFMT (dani\_figueiredo@uol.com.br)

### **Simoni Maria Loverde Oliveira**

Professora do Instituto de Ciências Exatas e Naturais, UFR (loverde@terra.com.br)

### **Ibraim Fantin-Cruz**

Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMT (ibraimfantin@ufmt.br)

**RESUMO:** A conversão de áreas naturais em áreas agrícolas e urbano-industriais, que geralmente ocorre conjuntamente com a ampliação dos usos da água, geralmente está relacionada a degradação quali-quantitativa dos recursos hídricos, como vem sendo verificado em várias bacias contribuintes do Pantanal Mato-grossense. Neste sentido, este trabalho objetivou avaliar a qualidade e a disponibilidade hídrica na bacia do Ribeirão Ponte de Pedra (MT) e correlacionar com as diferentes atividades antrópicas. A classificação dos usos do solo foi feita a partir de imagens Landsat-8. A caracterização hidrológica e da disponibilidade hídrica foram obtidas a partir

de séries de chuva e vazão da bacia e das outorgas de uso da água. A qualidade da água e o IQA (Índice de Qualidade da Água) foram analisados a partir de 18 parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. A bacia apresenta extensa área de uso antrópico (75,31%), como culturas temporárias, pastagem e solo descoberto, e apenas 0,9% de cobertura florestal, a maioria localizada nas unidades de conservação. O regime hidrológico apresenta marcante sazonalidade, com uma vazão outorgável de 8,26 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, sendo que destes, 31% já foram outorgados. A qualidade da água foi ruim e regular em 73% das amostras, e cinco dos parâmetros estiveram em desacordo com a legislação, refletindo os usos do solo e da água na bacia e indicando conflitos atuais e potenciais. Esta análise ambiental integrada é uma importante ferramenta à gestão dos recursos hídricos, subsidiando ações que previnam a ocorrência de crises e o comprometimento da segurança hídrica na bacia.

**PALAVRAS-CHAVE:** efluentes; usos do solo; qualidade da água; hidrelétrica.

**ABSTRACT:** The conversion of natural areas into agricultural and urban-industrial areas, which generally occurs in conjunction with the expansion of water use, is usually related to the qualitative and quantitative degradation of water resources, as has been verified in several basins

of the Mato Grosso Pantanal. In this sense, this work aimed to evaluate water quality and availability in the Ribeirão Ponte de Pedra (MT) river basin and correlate with the different anthropic activities. The land use classification was based on Landsat-8 images. The hydrological characterization and the water availability were obtained from series of rainfall and flow of the basin and the water use grants. Water quality and WQI (Water Quality Index) were analyzed from 18 physical, chemical and microbiological parameters. The basin has an extensive area of anthropic use (75.31%), such as temporary crops, pasture and uncovered soil, and only 0.9% of forest cover, most of them located in protected areas. The hydrological regime has a marked seasonality, with a yield of 8.26 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, of which 31% have already been granted. The water quality was bad and regular in 73% of the samples, and five of the parameters were in disagreement with the legislation, reflecting the uses of soil and water in the basin and indicating current and potential conflicts. This environmental integrated analysis is an important tool for the management of water resources, subsidizing actions that prevent the occurrence of crises and the compromise of water security in the basin.

**KEYWORDS:** wastewater; soil uses; water quality; hydropower.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os processos históricos de ocupação territorial e de uso dos recursos naturais em quase todo o Brasil caracterizou-se pelo escasso planejamento, com consequentes danos sociais e ambientais. Ao longo da história do país, a cobertura vegetal nativa foi sendo fragmentada, cedendo espaço para agricultura, pastagens e urbanização, causando um conjunto de problemas ambientais, como a extinção da fauna e da vegetação, mudanças climáticas locais, erosão dos solos e o assoreamento dos cursos d'água (MARTINS, 2001).

No Estado de Mato Grosso este modelo não é diferente, pois seu território passou nas últimas décadas, especialmente a partir de 1960 e 1970, por inúmeros avanços técnico-populacionais com apropriação das áreas de Cerrado, sob contínuo processo de consolidação do agronegócio, tendo como resultado elevado grau de intervenção nos elementos sistêmicos de cobertura vegetal, junto com o biológico, hídrico e antrópico (JESUZ; CABRAL, 2016). Este mesmo modelo de ocupação visa principalmente a produção agropecuária, com redução considerável da vegetação nativa, incluindo as matas ciliares e as áreas de nascentes, mesmo considerando as legislações de proteção destas áreas. Além disso, os investimentos em produtividade trouxeram a mecanização e a utilização dos agroquímicos, que tornaram os cursos hídricos vulneráveis à contaminação (GONÇALVEZ et al., 2015).

Neste Estado se localizam as principais nascentes de três grandes regiões hidrográficas brasileiras, Amazônica, Araguaia-Tocantins e Paraguai (RHP). Geomorfologicamente, a RHP contempla quatro macrorregiões distintas: Planaltos, Província Serrana, Depressões e Planície, sendo que esta última recebe as águas

das demais regiões, formando a maior área alagável contínua do mundo, o Pantanal Mato-grossense (FIGUEIREDO; SALOMÃO, 2009).

Machado et al. (2011) comentam que a maior parte dos impactos que afetam o Pantanal está localizada nas partes altas e nas depressões, onde predomina o bioma Cerrado. Dentre os impactos, os autores citam o desmatamento e fragmentação de habitats como o principal problema ambiental da RHP. Junk et al. (2012) citam ainda o uso da água para a diluição de esgotos domésticos e industriais com tratamento incompleto das grandes cidades e o manejo inadequado do solo, com retirada de matas ciliares e aumento de processos erosivos.

Essa degradação dos ecossistemas aquáticos continentais, especificamente do bioma do Pantanal e de suas sub-bacias tributárias, tornou-se uma preocupação mundial e tem levado os gestores dos recursos hídricos de muitos países a buscar soluções de controle e preservação deste bioma (SIQUEIRA; HENRY-SILVA, 2011), considerando a relação desta degradação com os usos e ocupação do solo e com o aumento contínuo da demanda pelos usos da água.

A avaliação dos usos da água em uma bacia deve ser parte integrante desta gestão. Com isso, foram criadas várias legislações com a perspectiva de preservar este recurso para melhorar ou manter a qualidade da água para os diversos usos humanos (TERRADO et al., 2010). Entre estas, foi instituído o instrumento de outorga visando minimizar os problemas que envolvam o mau uso, a escassez e os conflitos pelo uso da água (MENDONÇA; SANTOS 2006; PEREIRA, 2012). A outorga obedece a critérios vinculados à disponibilidade hídrica. Trata-se de uma autorização concedida pelo poder público, através de seu órgão gestor dos recursos hídricos, aos usuários da água, públicos ou privados, tendo por objetivos garantir a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos e o efetivo exercício do direito de acesso à água (LEAL, 1997) e os usos múltiplos.

Quantitativamente, um dos critérios adotados para outorga de uso da água é através da estimativa dos cálculos de vazões de referência, que representam o limite máximo de utilização da água em um curso d'água (SILVA, 2006). Quanto ao aspecto qualitativo, adota-se os padrões definidos na Resolução Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente) nº 357 de 2005, que define os critérios para enquadramento dos corpos d'água em usos preponderantes e os padrões de qualidade de cada classe a qual pertence, ou seja, a qualidade da água adequada a cada uso destinado. Com isso, a quantidade e/ou a qualidade da água não podem sofrer alterações por uma determinada outorga de uso da água que sejam incompatíveis com as definições legais. Neste sentido, a quantidade e qualidade da água são aspectos correlatos num sistema de gerenciamento da água, cuja unidade de gestão é a bacia hidrográfica, como preconizado pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433 de 1997), pois ambos refletem as condições naturais e as atividades antrópicas em uma área de drenagem.

A análise do uso e ocupação do solo, com isso, também é uma ferramenta de

planejamento e gestão dos recursos hídricos, pois permite avaliar a influência das atividades desenvolvidas na bacia sobre os recursos hídricos e obter informações que podem ser utilizadas para a correção de problemas existentes (QUEIROZ et al., 2010).

Considerando a intensa ocupação das bacias que formam o Pantanal Mato-grossense, com escasso planejamento e elevado impacto ambiental, aliado a escassez de conhecimento, este trabalho teve por objetivos realizar uma análise integrada, correlacionando a quantidade e a qualidade da água com os usos do solo e da água, tendo como unidade de estudo a bacia hidrográfica do Ribeirão Ponte de Pedra, um importante tributário desta planície de inundação. Esta análise visou ainda identificar os indicadores da qualidade da água e possíveis conflitos atuais e potenciais existentes na bacia.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado em uma sub-bacia da RHP, na bacia hidrográfica do Ribeirão Ponte de Pedra, que tem uma área de 2.131 km<sup>2</sup> inserida nos municípios de Rondonópolis, Pedra Preta e Itiquira na região sudeste do estado de Mato Grosso (Figura 1).

A bacia hidrográfica do Ribeirão Ponte de Pedra tem extensão de 156 km, largura média de cerca de 13 km, com perímetro de 315 km. É tributário direto do Rio Vermelho, que por sua vez é o principal afluente do Rio São Lourenço, um dos principais contribuintes da RHP. O Ribeirão Ponte de Pedra se enquadra como rio de 4<sup>a</sup> ordem, conforme Strahler (1957).

Sua área de drenagem apresenta declividade de 528 m das nascentes até a foz, com altitudes variando de 188 m a 718 m. O relevo é constituído de terrenos altiplanos, com chapadões levemente ondulados e escarpas abruptas, com predominância de Latossolo Vermelho nos altiplanos, que favorece a agricultura mecanizada, e Podzólico Vermelho-Amarelo nas regiões de relevo ondulado, mais indicado a pecuária (MIRANDA, 2015). Nas escarpas há florestas remanescentes.

A região sudeste do Estado de Mato Grosso, onde se insere a bacia do Ribeirão Ponte de Pedra, tem grande vocação agrícola com culturas temporárias e lavouras mecanizada, com destaque as culturas de soja, milho e algodão (SANTOS, 2011). Além destes usos do solo, na porção baixa da bacia, que inclui parte da área de drenagem do rio Vermelho, situam-se duas unidades de conservação, o Parque Estadual Dom Osório Stöffel, com 6.421 ha, criado em 2002 (SEMA, 2017), e, em área subsequente, a RPPN (Reserva Particular do Patrimônio Natural) Parque Ecológico João Basso, com 3.625 ha, criado em 1997 (ICMBio, 2017).

As formações vegetais existentes na bacia do Ribeirão Ponte de Pedra, são

classificadas como Cerradão, Cerrados, Formação Savânica associada a vertentes e Floresta Estacional (SEPLAN, 2011). Dentre as Formações Savânicas, vale destacar a ocorrência de veredas e campo limpo úmido, que ocupa 4,76% da área do Parque Estadual Dom Osório Stöffel (SEMA, 2013).

Rondonópolis é a principal cidade dessa região, situada a 200 km de Cuiabá, capital do Estado, se destacando com cidade polo regional, beneficiada pela malha viária, como a ferrovia que liga aos principais portos na região sul e sudeste, e as rodovias BR 163 e BR 364, que ligam a região norte e centro oeste ao sul e sudeste do Brasil.

O clima regional é quente e úmido (médias anuais entre 22 a 26 °C), equivalente ao clima tropical (AW), com duas estações bem marcadas (seca e chuvosa), concentram a maior parte da pluviosidade de outubro a março enquanto a estiagem tem início entre abril-maio e se prolonga até setembro-outubro (ALVARES et al., 2014).

## **2.2 Extração da bacia hidrográfica do Ribeirão Ponte de Pedra**

Para a extração automática das redes de drenagens da bacia do Rio Ponte de Pedra, foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE; VALERIANO; ROSSETTI, 2008). As cartas utilizadas referentes a área de estudo foram 15S54\_ZN, 15S555ZN, 16S54\_ZN, 16S555ZN, 17S54\_ZN e 17S555ZN no qual dados da SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) são compatíveis com os mapeamentos na escala 1:250.000, interpoladas no Brasil de 90 m para 30 m por *krigagem* (VALERIANO; ROSSETTI, 2008).

Foram extraídas as redes de drenagem no SIG TerraView 4.2.2 através de diversos tratamentos. O primeiro passo foi mapear a direção e a acumulação de fluxo e converter para o formato GRID; o segundo passo foi eliminar todas as depressões indevidas, pois segundo Vieira et al. (2005), estas impedem ou desviam o escoamento superficial, o que acarretaria em uma delimitação errônea das bacias de contribuição; o terceiro passo foi gerar os mapas contendo as direções de fluxo acumulado, sendo que através deste último processo, foram extraídas as redes de drenagem; o quarto passo foi a ordenação das redes de drenagem pelo método de Strahler (1989), a fim de possibilitar a individualização dos canais; no quinto a rede de drenagem foi convertida em vetor; e o sexto foi criar um ponto de exutório (CÂNDIDO; SANTOS, 2011) próximo a foz com o Rio Vermelho. Finalizando, o SIG delimitou automaticamente a bacia hidrográfica do Ribeirão Ponte de Pedra.

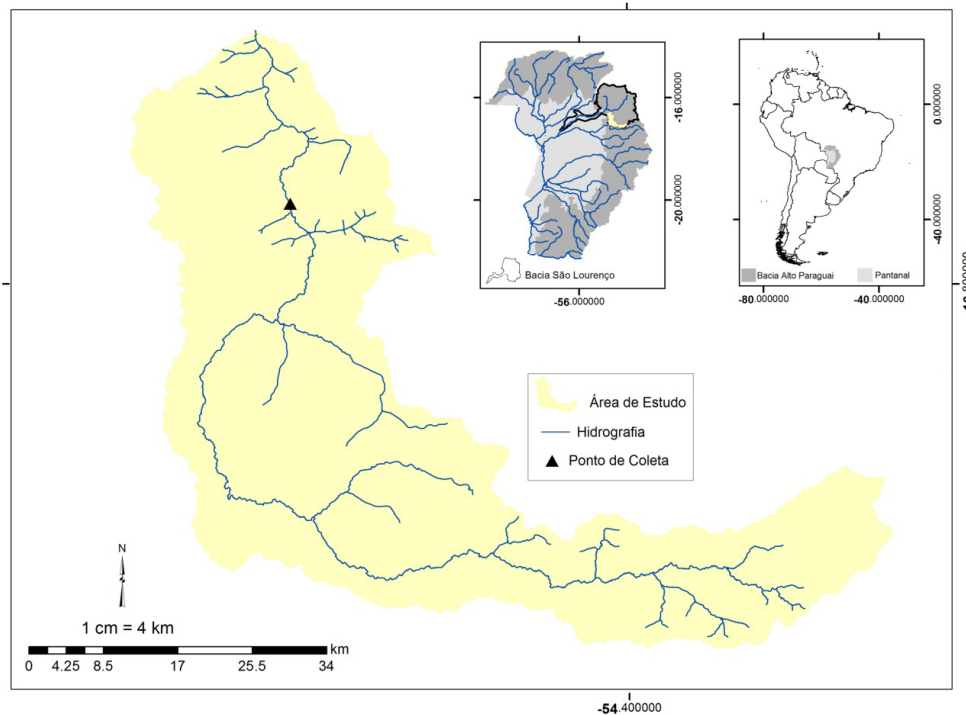


Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do Ribeirão Ponte de Pedra, no Brasil e na Região Hidrográfica do Paraguai, com o local de coleta de água.

### 2.3 Classificação do uso e ocupação do solo

Para determinar quais os usos do solo da bacia do Ribeirão Ponte de Pedra, foram utilizadas imagens de 2015 obtidas pelo sensor Mapeador Temático (TM) do satélite Landsat-8, referentes ao ponto 225/071 e 225/072, de 04/06/2015. As imagens possuem sete bandas espectrais com uma resolução espacial de 30 metros para bandas 1 a 5 e 7. A resolução espacial para a banda 6 (infravermelho térmico) é de 120 metros, mas é refeita a 30 metros de pixel. Estas imagens foram adquiridas gratuitamente junto à Serviço Geológico dos Estados Unidos (2015).

O método de classificação utilizado foi o supervisionado, devido ao conhecimento prévio da área de estudo. A classificação foi realizada no SIG ENVI 5.2 a partir de imagens Landsat-8 TM e foram utilizadas 6 bandas: 2, 3, 4, 5, 6 e 7, conforme Cândido (2012). Estas imagens foram escolhidas devido as suas características relevantes ao trabalho, em termos de discriminação da vegetação nativa e de outras classes de uso como pastagem, solo exposto e corpo hídrico. O algoritmo adotado foi a Máxima Verossimilhança, que classifica os *pixels* desconhecidos de acordo com a seguinte fórmula (1):

$$Pc = [-0,5 \log_e (\text{Det} (V_c))] - [0,5 (x - M_c)^T (V_c)^{-1} (x - M_c)](1)$$

Onde:  $X$  = vetor de medidas dos *pixels* desconhecidos;  $Pc$  = probabilidade de o vetor  $X$  ser assinalado na classe  $c$ ;  $V_c$  = matriz de covariância da classe  $c$  contemplando todas as bandas ( $K, \dots, L$ );  $\text{Det} (V_c)$  = determinante da matriz de covariância  $V_c$ ;  $M_c$  = vetor das médias para cada classe  $c$ ; e  $T$  = matriz transposta.

Para o mapeamento do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão Ponte de Pedra foi adotada quatro classes, quais sejam: cultura temporária, pastagem, floresta e área descoberta, seguindo as classes descritas no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013). Como não houve coleta de campo, a geração da matriz de confusão fundamentou-se na identificação de pontos assumidos como verdade de campo a partir de interpretação visual da imagem de mais alta resolução disponível do Google Earth Pro (SILVA et al., 2011).

Estas classificações foram avaliadas pelo índice de concordância Kappa, gerando as matrizes de confusão e comparando os valores produzidos a uma tabela de referência (Tabela 1) que relacionam uma qualidade a essas classificações. Foi definido um conjunto de 32 amostras pontuais aleatórias para a imagem. Estas amostras foram utilizadas para a construção da matriz de confusão, comparando as classes temáticas obtidas pelas classificações e as feições identificadas visualmente.

Índice Kappa	Concordância
0	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Boa
0,61 a 0,80	Muito boa
0,81 a 1,00	Excelente

Tabela 1– Limiares do índice Kappa utilizados.

Fonte: Silva et al. (2011).

## 2.4 Precipitação e vazão

O histórico da precipitação acumulada mensal foi obtida no posto meteorológico situado na cidade de Rondonópolis (posto nº83410), obtidas pelo site do INMET (<http://www.inmet.gov.br/>), compreendendo o período de monitoramento entre 2000 a 2015.

As vazões líquidas diárias do Ribeirão Ponte de Pedra são referentes à estação ANA nº 66455000, com dados obtidos na Hidroweb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>), compreendendo o período de monitoramento entre os anos de 1979 e 2003. As vazões foram ordenadas em sequência decrescente, plotados em função de sua probabilidade de não excedência, obtendo-se assim a curva de permanência do posto fluviométrico. Esta estação está situada a jusante das Pequenas Centrais Hidrelétricas Engenheiro José Gelázio e Rondonópolis, localizadas em cascata.

A série de dados foi usada para calcular a vazão de referência da bacia ( $Q_{95\%}$ ), bem como a disponibilidade hídrica para a outorga de captação (70% da  $Q_{95\%}$ ) e diluição (50% da  $Q_{95\%}$ ). Para o Estado de Mato Grosso, a análise de disponibilidade hídrica em corpos d'água em seu domínio é adotada como vazão de referência a  $Q_{95}$ , conforme Resolução CEHIDRO (Conselho Estadual de Recursos Hídricos) nº 27 de 09 de julho de 2009 (SEMA, 2009).



## 2.5 Qualidade de Água

Foram utilizados para os estudos da qualidade da água os dados dos Relatórios de Monitoramento Ambiental da área de influência direta das PCHs (Pequenas Centrais Hidrelétricas) Engenheiro José Gelázio e Rondonópolis, localizadas no Ribeirão Ponte de Pedra, obtidos junto a SEMA (Secretária Estadual de Meio Ambiente do Estado de Mato Grosso) e também fornecidos pela Tractebel Energia SA. Foi considerada a série de dados compreendida entre 2006 e 2013, em um ponto localizado a montante da PCH Engenheiro José Gelázio, no trecho lótico (Figura 1). Os dados referentes à outorga de uso da água foram obtidos no site da SEMA (SEMA, 2019), para os anos de 2007 a 2018.

Neste estudo, foram considerados 18 parâmetros da qualidade da água, quais sejam: temperatura da água, pH, cor, turbidez, alcalinidade total, dureza, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio Kjeldahl (NKT), fósforo total, ferro total, sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, sólidos sedimentáveis e *Escherichia coli*. Os resultados foram comparados com os padrões da Resolução Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente) nº 357 de 2005 para corpos d'água da classe 2 (MMA, 2017), como é o caso do Ribeirão Ponte de Pedra, considerando que não há enquadramento formal.

Foi calculado o índice de qualidade das águas (IQA), objetivando mensurar os parâmetros de qualidade de água de um corpo hídrico a fim de facilitar a entendimento do público (FREITAS et al., 2011). O IQA é o método utilizado pelos órgãos ambientais para avaliar a qualidade das águas e reflete principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de efluentes domésticos (CETESB, 2003), onde são utilizados nove parâmetros: temperatura, pH, OD, DBO, *Escherichia coli*, nitrato, fósforo total, sólidos totais ou resíduo total e turbidez. O IQA foi calculado de acordo com Cetesb (2003) e a escala de valor adotada para a qualidade da água, que varia de 0 a 100, foi a usada órgão gestor dos recursos hídricos de Mato Grosso (SEMA, 2014): ótimo  $91 < IQA \leq 100$ ; boa  $71 < IQA \leq 90$ ; média  $51 < IQA \leq 70$ ; ruim  $21 < IQA \leq 50$ ; muito ruim  $00 < IQA \leq 20$ .

## 3 | RESULTADOS

### 3.1 Uso e ocupação da bacia

A classificação supervisionada da bacia do Ribeirão Ponte de Pedra resultou em quatro classes, com valor de 0,71 no Índice Kappa, considerada muito boa.

A bacia apresenta extensa área de uso antrópico (75,31%), em sua maioria utilizada por culturas temporárias (34,77%), seguido por pastagem (29,84%) e solo descoberto (10,70%), que neste caso apresenta características de solo mecanizado em fase de preparo para plantio. Apenas uma pequena área (0,9%) de cobertura

florestal remanescente foi identificada (Figura 2a). No entanto, vale destacar que 23,77% da área não foram classificadas em nenhuma das classes acima. As maiores incertezas podem ser visualmente constatadas nas áreas de vegetação ciliar ao longo dos corpos d'água (Figura 2b).

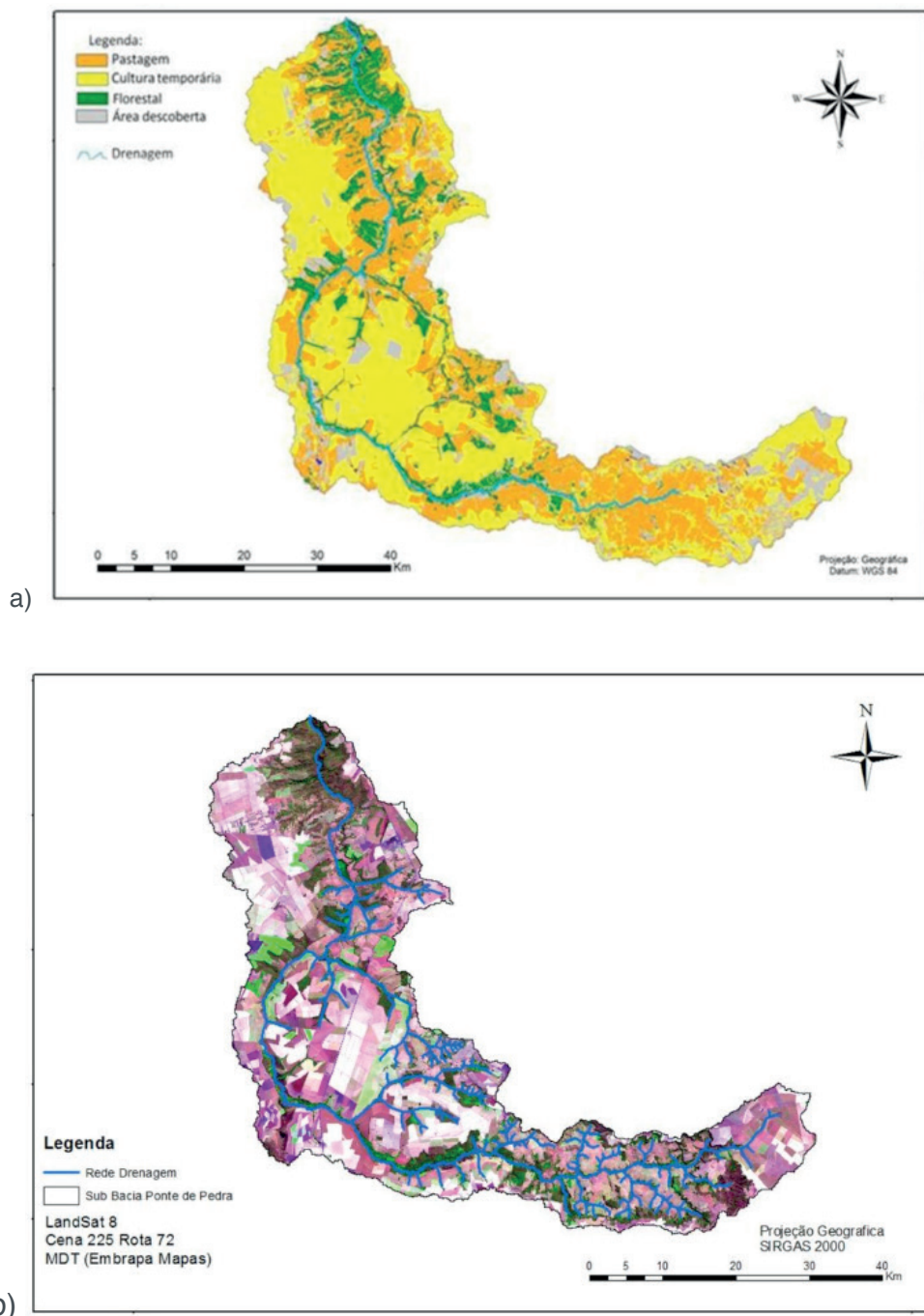


Figura 2 - **a)** Uso e ocupação do solo da Bacia do Ribeirão Ponte de Pedra; **b)** Imagem Landsat-8 em composição colorida RGB (*red, green and blue*) das bandas 4, 3 e 2, referente a bacia do Ribeirão Ponte de Pedra, em agosto de 2015.

### 3.2 Regime hidroclimático e disponibilidade hídrica

A bacia apresenta precipitação mediana anual de  $1.245 \text{ mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ , sendo que 49% ocorrem no verão (máximo em janeiro, 270 mm) e apenas 2% no inverno (mínimo em julho e agosto, 0 mm), o que demonstra uma marcante sazonalidade climática (Figura 3). Esta sazonalidade é o principal fator controlador do regime hidrológico do Ribeirão Ponte de Pedra, porém com defasagem de um mês entre as medianas

mensais da chuva e da vazão, comprovada pelo maior coeficiente de correlação entre estes parâmetros ( $r=0,87$ ). Assim, a maior mediana da vazão é registrada em março ( $54,0 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ) e menor em agosto ( $19,0 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ) (Figura 3).

A variabilidade histórica das vazões diárias apresentou uma elevada amplitude, com vazão máxima de  $96,30 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ , mínima de  $2,70 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  e com mediana de longo termo de  $24,90 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  (Figura 4). A vazão de referência ( $Q_{95}$ ), calculada para o exutório da bacia, foi de  $11,80 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  (Figura 4), sendo que a vazão outorgável para usos consuntivos (70% da  $Q_{95}$ ) e para diluição de efluentes (100% da  $Q_{95}$ ), equivalem a  $8,26 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  e  $11,80 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ , respectivamente.

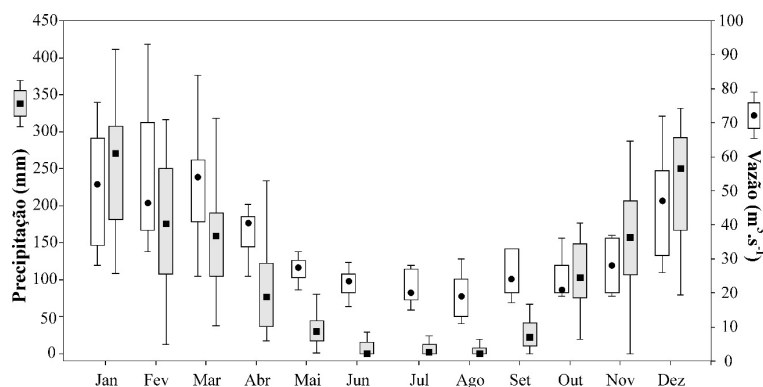


Figura 3 – Variação mensal mediana da precipitação na cidade de Rondonópolis no período de 2000 a 2015 (posto nº83410; Fonte: INMET) e da vazão líquida mediana mensal do Ribeirão Ponte de Pedra no período entre 1995 a 2006 (posto nº6545500; Fonte: Hidroweb/ANA).

### 3.3 Outorgas de uso da água

Em relação aos atos de outorgas, existem oito concedidas entre 2007 e 2015, sendo duas de usos não consuntivos (diluição) e seis de usos consuntivos (captação), que contabilizam uma vazão total outorgada de  $2,78 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  (Tabela 3). Deste volume, 92% ( $2,54 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ) é utilizado para irrigação, 5% ( $0,138 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ) para diluição de efluentes industriais e 3% ( $0,09 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ) é captado para outros usos. Desta maneira, considerando a indissociabilidade entre a qualidade e a quantidade da água, e mantido os usos atuais, o Ribeirão Ponte de Pedra possui uma vazão outorgável de  $5,70 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$  ainda disponível para captação ou para diluição.

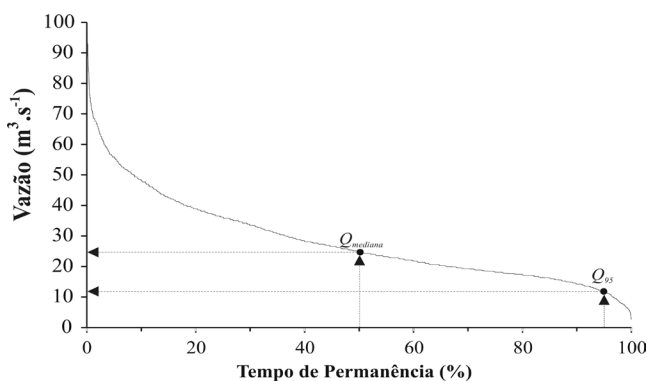


Figura 4 – Curva de permanência observada para o Ribeirão Ponte de Pedra no período entre 1995 a 2006 (posto nº6545500; Fonte: Hidroweb/ANA). Legenda:  $Q_{95}$  = vazão de referência utilizada no Estado de Mato Grosso;  $Q_{mediana}$  = vazão mediana.

Além dos usos consuntivos citados na Tabela 2, destaca-se que no Ribeirão Ponte de Pedra, a montante do local de avaliação da qualidade da água neste estudo, estão em operação desde 2007 as Pequenas Centrais Hidrelétricas Eng<sup>o</sup> José Gelázio da Rocha e Rondonópolis, situadas em sistema de cascata. Em toda a bacia, ocorre ainda uso da água para dessedimentação animal em pequenas e médias propriedades ao longo do ribeirão e afluentes, de difícil quantificação.

Modalidade	Finalidade	Curso d'água	Vazão outorgada (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
Diluição	Indústria	Córrego da Onça	0,11925*
Diluição	Indústria	Córrego da Onça	0,01855*
Captação	Outros	Ribeirão Ponte de Pedra	0,044
Captação	Outros	Ribeirão Ponte de Pedra	0,022
Captação	Outros	Ribeirão Ponte de Pedra	0,022
Captação	Irrigação	Ribeirão Ponte de Pedra	0,596
Captação	Irrigação	Ribeirão Ponte de Pedra	0,476
Captação	Irrigação	Ribeirão Ponte de Pedra	1,469

Tabela 2 – Outorgas concedidas na bacia do Ribeirão Ponte de Pedra para águas superficiais, para as modalidades, finalidades e vazão outorgada nos cursos d'água.

Legenda: \*vazão de diluição de efluente; Fonte: SEMA (2018)

### 3.4 Qualidade da água

As águas do Ribeirão Ponte de Pedra podem ser caracterizadas por uma temperatura mediana de 24,8°C, com concentrações de oxigênio dissolvido satisfatória (7,00 mg.L<sup>-1</sup>), com 100% dos resultados acima do limite mínimo estabelecido pela Resolução Conama 357/05. O pH foi levemente ácido (5,79), condizente com o baixo resultado de outros parâmetros, como a dureza (2,00 mg.L<sup>-1</sup>) e a condutividade elétrica (5,6 µS.cm<sup>-1</sup>), além disso a predominância de íons H<sup>+</sup> foi favorecido pela baixa capacidade de tamponamento do meio tendo em vista os baixos valores de alcalinidade (2,24 mg.L<sup>-1</sup>). Convém destacar que o pH foi o parâmetro com maior ocorrência de desacordo com a Resolução Conama 357/05, com 60% das amostras fora do limite estabelecido (Tabela 4).

Abaixa turbidez (10,24 UNT) atendeu em 100% os limites definidos pela legislação. A cor verdadeira foi relativamente moderada (76 mg.Pt.L<sup>-1</sup>), não atendendo em 53% das amostragens os limites da Resolução Conama 357/05 (Tabela 4). Este parâmetro tem relação com as moderadas concentrações de ferro dissolvidos observadas (0,34 mg.L<sup>-1</sup>), que determina diretamente o valor deste parâmetro e também não atenderam a legislação em 53% das amostragens. A concentração de sólidos totais também apresentou valores reduzidos (75 mg.L<sup>-1</sup>), composto principalmente pela fração dissolvida (62,6 mg.L<sup>-1</sup>), seguida pela fração em suspensão (10 mg.L<sup>-1</sup>) e sedimentável (0,1 mg.L<sup>-1</sup>). Da série de sólidos, a legislação estabelece limites apenas para os sólidos dissolvidos, que foi atendido em 100% das amostragens. A DBO foi baixa (2 mg.L<sup>-1</sup>) e atendeu em 100% das amostragens ao limite para rios de classe

2. A DQO apresentou concentração moderada (11 mg.L<sup>-1</sup>), indicando o aporte de material inorgânico da bacia ou orgânico refratário. Houve concentrações moderadas de nutrientes, tanto para NKT (0,50 mg.L<sup>-1</sup>) quanto para fósforo total (0,025 mg.L<sup>-1</sup>), sendo que este último parâmetro não atendeu os limites da legislação em 33% das amostragens. A concentração de *Escherichia coli* também apresentou valores moderados (1500 NMP/100 mL), não atendendo aos limites exigidos em 53% das amostragens (Tabela 3).

Parâmetros	VMP	Mediana	Frequência de não atendimento a legislação (%)
Temperatura (°C)	-	24,8	-
pH	6,0 a 9,0	5,79	60
Cor (mgPt.L <sup>-1</sup> )	75	76	53
Turbidez (NTU)	100	10,24	0
Alcalinidade (mg.L <sup>-1</sup> )	-	2,24	-
Dureza (mg.L <sup>-1</sup> )	-	2,0	-
Condutividade elétrica (µS.cm <sup>-1</sup> )	-	5,6	-
Oxigênio dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> )	> 5,0	7,0	0
Demanda Química de Oxigênio (mg.L <sup>-1</sup> )	-	11	-
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg.L <sup>-1</sup> )	5,0	2	0
Nitrogênio Kjeldahl (mg.L <sup>-1</sup> )	-	0,500	-
Fósforo Total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,10	0,025	33
Ferro dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> )	0,3	0,340	53
Sólidos Totais (mg.L <sup>-1</sup> )	-	75	-
Sólidos Suspensos (mg.L <sup>-1</sup> )	-	10	-
Sólidos Dissolvidos (mg.L <sup>-1</sup> )	500	62,6	-
Sólidos Sedimentáveis (mg.L <sup>-1</sup> )	-	0,1	-
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	1000	1500	53

Tabela 3 – Parâmetros descritores da qualidade da água do Ribeirão Ponte de Pedra e percentual de atendimento aos padrões da legislação.

Legenda: \*VMP=Valor Máximo Permitido, conforme Resolução 357/05 Conama para corpos d'água da Classe 2.

Os resultados do Índice de Qualidade de Água (IQA) apresentaram valores entre 42 e 76, indicando que o Ribeirão Ponte de Pedra apresentou qualidade regular em 53% das amostragens, boa em 27% e ruim em 20% das amostragens (Figura 5).

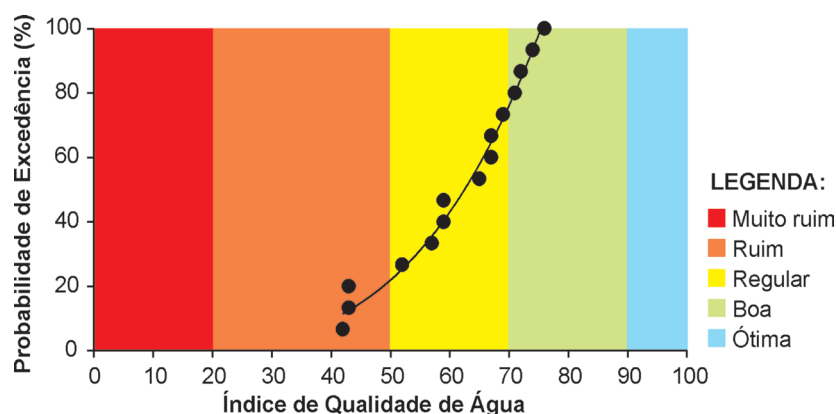


Figura 5 – Classificação do Índice de Qualidade de Água do Ribeirão Ponte de Pedra.

## 4 | DISCUSSÃO

A supressão da vegetação nativa na bacia hidrográfica do Ribeirão Ponte Pedra para fins agropecuários provocou um déficit de áreas de reserva legal, pois atualmente aproximadamente 1% de vegetação é remanescente, a maioria localizada na porção baixa da bacia, no Parque Estadual Dom Osório Stöffel, quando deveria ser cerca de 20% em toda a bacia para cumprir os requisitos legais estabelecidos no Novo Código Florestal (Lei nº 12.651/12; BRASIL, 2017). Porém, embora a vegetação remanescente seja extremamente reduzida, tem sido mantida nas escarpas (áreas com maior declividade) e trechos das margens dos rios (matas ciliares) e, parte do que foi detectado como pastagem, inclui também veredas e campos limpos, formações naturais do Cerrado (Savana) que ocorrem na bacia. Na área deste Parque esta vegetação ocupa cerca de 5%, sendo provável que este percentual se mantenha em toda a bacia. Isso tem evitado que ocorram fortes alterações na qualidade da água, pois a mata ciliar, entre as suas funções, diminui e filtra o escoamento superficial, impedindo ou minimizando o carreamento de sedimentos e nutrientes para o sistema aquático, contribuindo, dessa forma, para a manutenção da qualidade e da quantidade de água nas bacias (QUEIROZ et al., 2010).

O uso e a ocupação do solo nesta região são favorecidos pelos eixos rodoviários da BR-364 e da BR-163, que desde o início da década de 1970 abriu caminhos para o processo de colonização do Cerrado Mato-grossense (SANTOS, 2012). Recentemente, na bacia do Ribeirão Ponte de Pedra foi instalado um porto seco (Ferronorte), associado à indústria de beneficiamento de grãos, a qual utiliza tributários do Ribeirão Ponte de Pedra para a diluição de efluentes. Também está prevista a expansão da área urbana até este porto, localizado à cerca de 15 km da sede do município.

Os dados pluviométricos para o período considerado nesse estudo demonstram a sazonalidade regional, com dois períodos distintos, corroborando com estudos na bacia do rio Vermelho, que mostrou que o clima local é úmido e seco, e concentra a maior parte da pluviosidade de outubro a março, enquanto a estiagem tem início em abril e se prolonga até setembro e, com outros estudos para região sul mato-grossense (SETTE et al., 2002; FANTIN-CRUZ, 2015; SOUZA; LOVERDE-OLIVEIRA, 2014).

A variação fluviométrica, com menor volume de água, em agosto na seca, e os maiores volumes, em março na época chuvosa, refletem esta sazonalidade de chuvas e seguem o mesmo padrão descrito por Nunes da Cunha et al. (2014) para diferentes rios formadores do Pantanal Norte, que em conjunto promovem os pulsos sazonais de inundação anual (monomodal), responsável pela manutenção do funcionamento ecológico desta planície de inundação.

As chuvas atuam como fator integrador entre o ecossistemas terrestre e aquático da bacia de drenagem, transportando para os cursos d'água sedimentos e substâncias orgânicas e inorgânicas tanto de origem natural quanto das atividades

antrópicas. A conversão de vegetação natural em áreas agrícolas e pastagens para animais, especialmente das matas ciliares, além de reduzir essa integração, aumenta a quantidade de material transportado, através do aporte difuso aos corpos d'água, o que torna difícil a sua quantificação. As relações complexas entre as atividades humanas e a qualidade de água, evidenciam que o gerenciamento dos componentes terrestres e aquáticos não pode ser tratado separadamente, e que a unidade espacial mais apropriada para uma gestão conjunta é a da bacia hidrográfica (ARAÚJO; ZEILHOFER, 2011).

No Ribeirão Ponte de Pedra, os principais indicadores das alterações da qualidade da água pelas atividades antrópicas em sua bacia hidrográfica foram cor verdadeira, ferro dissolvido, fósforo total e bactérias *Escherichia coli*, cujos resultados foram entre 33 a 53% acima dos padrões da legislação para rios de classe 2. Isso indica o efeito dos efluentes difusos, oriundos da atividade agropecuária, ampliado pela supressão das matas ciliares em alguns trechos do rio, bem como do uso da água para a diluição dos efluentes industriais de fontes pontuais, devidamente outorgados (ou não). Com exceção de *E. coli*, os demais parâmetros da qualidade água são correlacionados entre si e refletem basicamente o uso e ocupação do solo na bacia, porém, o fósforo total pode ser oriundo destes dois tipos de fontes.

Souza e Loverde-Oliveira (2014) e de Araújo e Zeilhofer (2011) também encontraram elevadas concentrações de fósforo na bacia dos rios Vermelho, Cuiabá e São Lourenço, atribuídas principalmente ao aporte de efluentes domésticos de áreas urbanas e deflúvios agrícolas. Rocha, Freitas e Silva (2014) observaram que entre as seis variáveis influenciadas pelo transporte e pela lixiviação de materiais, a redução da cobertura vegetal com exposição do solo e o manejo inadequado, estão cor, turbidez, ferro total e fósforo total.

Vale mencionar que a presença predominante de gado na bacia, especialmente nas áreas de preservação permanente (como observado *in loco*) “inibe o desenvolvimento de brotos de árvores e a ciclagem de nutrientes e acelera o processo de degradação do solo em virtude da compactação, influenciando diretamente na qualidade dos recursos hídricos” (SANTOS; HERNANDEZ, 2013).

O fósforo é transportado principalmente através de partículas finas de sedimento, as quais ele se adsorve ou se complexa com o ferro (GODOI et al., 2011), também presente nos sedimentos. Estas partículas de sedimento, conferem cor à água, também conferida pelo ferro que ocorre em elevadas concentrações nos solos da bacia do Ribeirão Ponte de Pedra (Latosolos). Neste sentido, como as concentrações elevadas de fósforo foram acompanhadas de aumento na cor e na concentração de ferro, pode-se inferir que a principal fonte deste composto é oriunda da erosão e do intemperismo natural dos solos e rochas da bacia de drenagem, ampliado pelo intenso uso do solo e supressão da vegetação nativa, que aumentam o escoamento superficial e os processos erosivos.

É fato que uma ocupação desordenada tende a ocasionar ou mesmo agravar

os processos erosivos, por isto a necessidade de acompanhamento técnico é imprescindível, com análises criteriosas para aprovação de empreendimentos e, sobretudo práticas conservacionistas no processo de implantação dos mesmos (BAHAR; CARVALHO, 2012).

Por outro lado, estes fatores na bacia do Ribeirão Ponte de Pedra não comprometeram as concentrações de sólidos e de turbidez da água, denotando que a maior parte das partículas transportadas para este corpo d'água encontra-se na forma dissolvida e/ou coloidal, ou seja, partículas finas e, geralmente, menores do que  $1\mu\text{m}$ , não detectáveis nas análises de sólidos e turbidez, mas nas análises de cor verdadeira, como mencionado acima. As baixas concentrações de sólidos e turbidez foram semelhantes aos valores encontrados no Rio Correntes (FANTIN-CRUZ et al., 2015) e distintos aos registros para o Rio Vermelho e São Lourenço (ARAÚJO; ZEILHOFER 2011; SOUZA; LOVERDE-OLIVEIRA 2014; LIMA et al., 2015), ambos tributários do Pantanal. O Rio Vermelho apresentou elevados valores de turbidez e de sólidos, embora seja o rio principal para o qual o Ribeirão Ponte de Pedra converge, ambos são distintos, pois drenam áreas com pedologia diferenciada, o que lhes confere diferentes características físicas (tamanho das partículas) e químicas da água (concentração). Já o Rio Correntes tem maior similaridade quando comparados os terrenos drenados e as características limnológicas dos cursos d'água.

Vale destacar ainda que as baixas concentrações de DBO, menores do que o limite máximo da legislação ( $5,0\text{ mg.L}^{-1}$ ) e a origem do fósforo, permitem inferir que a maior parte deste composto no Ribeirão Ponte de Pedra está na forma inorgânica e que, tendo em vista as baixas concentrações dos tipos nitrogenados, este fósforo tem reduzido potencial em causar problemas de eutrofização nos ecossistemas aquáticos.

Com relação ao pH, os resultados ligeiramente ácidos e um pouco abaixo do valor mínimo em 60% das amostras, semelhantes às águas do Rio Corrente (FANTIN-CRUZ et al., 2015), são reflexo das condições geopedológicas da bacia, onde predominam solos ácidos (Latosolos). Esta característica da água é ainda um dos fatores que tende a manter o fósforo complexado ao ferro (GODOI et al., 2011) desfavorecendo sua disponibilidade no meio aquático para os organismos produtores (fitoplâncton), corroborando com o mencionado acima, de que é reduzido o potencial de eutrofização do Ribeirão Ponte de Pedra. Por outro lado, a deposição deste fósforo no sedimento, principalmente nos reservatórios hidrelétricos (PCHs Eng<sup>o</sup> José Gelázio e Rondonópolis) podem favorecer a ocorrência e proliferação de macrófitas aquáticas nestes ambientes, como já vem sendo registrado, causando prejuízos econômicos à geração de energia elétrica, devido ao assoreamento e redução do volume de água armazenado.

As bactérias *Escherichia coli* apresentaram uma concentração moderada, não atendendo aos limites exigidos pela legislação em 53% das medições. Por se tratar de uma bacia totalmente rural, este valor elevado pode estar relacionado com a presença de criação animal, bem como aos efluentes que vem sendo diluídos no



rio, como citado anteriormente. Nos locais destinados a pastagem de gado, como não há controle da eliminação dos excrementos, os mesmos podem seguir para os canais adjacentes podendo também ocasionar a contaminação dos corpos hídricos (GARCÍA-GARCÍA et al., 2012; LIMA et al., 2015).

Os valores de fósforo e *E. coli* foram os principais responsáveis pelos baixos resultados do IQA, juntamente com o pH. Estes resultados indicam moderada alteração da qualidade da água (com exceção do pH), relacionada principalmente aos tipos predominantes de usos do solo e da água na bacia, condição que pode comprometer alguns usos múltiplos da água que ocorrem na bacia, como balneabilidade e dessedentação animal, como previsto pela legislação, permitindo inferir que há risco potencial de haver aumento progressivo na deterioração da qualidade da água, considerando a ampliação de usos na bacia, com a área urbana próxima e outras atividades impactantes.

Por outro lado, as condições à manutenção da biota aquática, de maneira geral, foram satisfatórias, como indicado pelos resultados de oxigênio dissolvido acima do limite mínimo da legislação, bem como de NKT, que é um parâmetro resultante da soma entre n.orgânico e n.amoniacal, este último tóxico à biota em concentrações acima de 3,7 mg/L, muito superior a mediana observada no Ribeirão Ponte de Pedra somente para o NKT. Isso permite afirmar que a mediana de n.amoniacal, mesmo não tendo sido avaliada, certamente é menor ou igual a este baixo resultado (0,500 mg.L<sup>-1</sup>).

Para atender as demandas de uso da água, além da qualidade da água, é indispensável considerar a disponibilidade hídrica, que segundo Cruz (2001), é o volume que pode ser utilizado nas diversas atividades sem comprometer o meio ambiente aquático. Na gestão deste recurso espera-se garantir água com qualidade e quantidade para os usos imediatos, futuros e mitigar conflitos (PEREIRA, 2012). Nesse contexto, a instituição do instrumento da outorga de recursos hídricos é uma ferramenta de gestão, pois estabelece limites e critérios para concessão de direito do uso da água.

A disponibilidade hídrica da bacia em estudo, onde estão outorgados 33% para usos consuntivos e 15% para não consuntivos, indica disponibilidade para captação 67% do total. Isto, em princípio, demonstra que há potencial de ampliação de usos da água, especificamente para irrigação já praticada nessa bacia em função da predominância do uso agrícola e pecuária. Além disso, ainda estão disponíveis 85% para diluição, o que poderia atender a previsão de aumento da demanda para este uso, frente à expansão urbana prevista para esta bacia. No entanto, embora ainda haja disponibilidade hídrica, trata-se de uma bacia com volume de água reduzido, especialmente na estiagem, criando implicações para a outorga da água. Convém mencionar ainda que as alterações na qualidade da água em relação aos padrões da legislação implica na necessidade de uma análise da quantidade de água a ser outorgada, pois tanto a ampliação da diluição quanto da captação para usos

consuntivos podem aumentar o comprometimento desta qualidade e, por conseguinte, os próprios usos múltiplos da água, inclusive aqueles não consuntivos existentes na bacia, como a geração de energia elétrica.

## 5 | CONCLUSÕES

Os resultados, mediante os métodos adotados e análises realizadas, foram satisfatórios em demonstrar as correlações entre os usos do solo e da água com os recursos hídricos. O método de classificação dos usos do solo indicou que cerca de 75% da área de drenagem da bacia do Ribeirão Ponte de Pedra está comprometida com uso antrópico, sem a devida proteção de reserva legal e áreas de preservação permanente. Essa condição, aliada aos usos da água, mesmo os outorgados, refletiu em alterações da qualidade da água, que foi classificada entre ruim e regular em 73% do tempo, e ocorrência de cinco variáveis de qualidade de água em desacordo com os limites estabelecidos pela Resolução Conama nº 357 para corpos de água classe II. Os principais indicadores destas alterações foram cor verdadeira, ferro dissolvido e fósforo total, que refletem os usos inadequados do solo na bacia, e as bactérias *Escherichia coli*, que reflete os usos da água na diluição de efluentes de origem pontual ou difusa, outorgados ou não. Estes indicadores demonstram já haver conflitos na bacia, entre estes usos da água e os demais previstos para rios de classe 2, como balneabilidade, e entre os usos do solo e a geração de energia elétrica, considerando o registro de processo de assoreamento dos reservatórios das duas PCHs em operação no Ribeirão Ponte de Pedra.

A supressão da vegetação nativa e o avanço da agropecuária e da urbanização, que implicam em aumento das demandas por água na bacia poderá, em médio prazo, acelerar e aumentar os impactos sobre os recursos hídricos, bem como ampliar os conflitos. Ao mesmo tempo, a tendência de aumento na supressão da vegetação, especialmente nas áreas de nascentes, poderá também comprometer a quantidade de água, causando insegurança hídrica que, por sua vez, reduzirá o fato de diluição dos efluentes lançados no Ribeirão, sendo mais um aspecto de deterioração e de conflito da qualidade da água.

A análise integrada realizada neste trabalho, relacionando os aspectos qualitativos da água com as atividades antrópicas, tendo como unidade a bacia hidrográfica do Ribeirão Ponte de Pedra, gerou importantes subsídios à gestão dos recursos hídricos, que podem embasar medidas preventivas e/ou corretivas a serem adotadas pelos diferentes segmentos sociais da bacia, tanto público quanto privado, evitando assim a ampliação dos impactos, a ocorrência de crises e conflitos e o comprometimento da segurança hídrica.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ARAÚJO, G. C.; ZEILHOFER, P. Padrões Espaciais da Qualidade da Água na Bacia do Rio Cuiabá e Rio São Lourenço – Mato Grosso. *HYGEIA, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*. v. 7, n. 13, p. 55-70, 2011.
- BAHR, G.C.; CARVALHO, S.M. Identificação da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Uvaranal, como subsídio ao Projeto de Expansão Urbana de Telêmaco Borba – PR. *Revista Ra'e Ga*, 26 (2012), p.157-181.
- BRASIL. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei n. 12.651/2012 Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm). Acesso em: janeiro de 2017.
- CANDIDO, A. K. A. A. Tratamento de imagens orbitais e suborbitais para caracterização ambiental da cabeceira do rio São Lourenço-MT. Dissertação (Programa de Pós- Graduação em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT, 2012.
- CANDIDO, A. K. A. A.; SANTOS, J. W. M. C. Avaliação de métodos de delimitação automática da sub-bacia da bacia hidrográfica do rio manso-MT a partir de MDE. *Anais... Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR*. Curitiba, p.1121-1128, 2011.
- CETESB, Secretaria dos Serviços e Obras Públicas. Água: qualidade, padrões de potencialidade e poluição. São Paulo: CETESB, 2003.
- CRUZ, J. C. Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais. 189f. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- FANTIN-CRUZ, I.; PEDROLLO, O.; GIRARD, P.; ZEILHOFER, P.; HAMILTON, S. K. Effects of a Diversion Hydropower Facility on the Hydrological Regime of the Correntes River, a Tributary to the Pantanal floodplain, Brazil. *Journal of Hydrology*. (Amsterdam), v. 531, p. 810-820, 2015.
- FIGUEIREDO, S. B. Avaliação da Qualidade da Água da Sub-Bacia do Rio Cuiabá-MT Aplicando Análise Multivariada. 2012. 140 f. Dissertação (Programa de Pós- Graduação em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT.
- FREITAS, E. V. C.; BARRETO, F. M. S.; NUNES, A. B. A.; ALENCAR, M. F. Índice de Qualidade da Água Bruta do Açude Gavião – Município de Pacatuba. *Anais... 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2011.
- GARCÍA-GARCÍA, P. L.; MARTÍNEZ-JERÓNIMO, F.; VÁZQUEZ, G.; FAVILA, M. E.; NOVELO-GUTIÉRREZ, R. Effects of land use on water quality and *Ceriodaphnia dubiaria* production. *Hidrobiologica*, v. 22, n. 3, p. 229-243, 2012.
- GODOI, R.H.M. et al. Caracterização dos sistemas iônicos e particulado no reservatório. In: CUNHA, C.L.N.; CARNEIRO, C.; GOBBI, E.F.; ANDREOLI, C.V. Eutrofização em reservatórios: gestão preventiva. Estudo Interdisciplinar na Bacia do Rio Verde, PR. Curitiba: Editora UFPR, 2011. 171-188 pp.
- GOMES-SILVA, P. A. J.; LIMA, S. D.; GOLIN, R.; FIGUEIREDO, D. M.; LIMA, Z. M.; MORAIS, E. B.; DORES, E. F. G. C. Qualidade da água de uma microbacia com fins de abastecimento público, Chapada dos Guimarães, MT. *Holos*. Ano 30, v. 4, 2014.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Downloads Geociências. Disponível em: <<http://>

downloads.ibge.gov.br/downloads\_geociencias.htm>.

ICMBio-Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Reservas Particulares do Patrimônio Natural. RPPN Parque Ecológico João Basso. Disponível em: <http://sistemas.icmbio.gov.br/simrppn/publico/detalhe/589/>. Acesso em: julho de 2017.

JESUZ, C.R.; CABRAL, I.L.L. A morfodinâmica da Bacia Hidrográfica do Rio Tenente Amaral MT. *Revista Ra'e Ga*. v. 38, p-321-334. 2016.

LIMA, C. R.; ZEILHOFER, P.; DORES, E. F.; FANTIN-CRUZ, I. Variabilidade espacial da Qualidade de Água em Escala de Bacias - Rio Cuiabá e São Lourenço, Mato Grosso. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 20, p. 168-178, 2015.

MACHADO, R.B.; HARRIS, M.B.; SILVA, S.M.; RAMOS NETO, M.B. Human impacts and environmental problems in the Brazilian Pantanal. In: *The Pantanal: Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland*. Sofia-Moscou: Pensoft, 2011. 719-740 p.

MARTINS, S. V. Recuperação de matas ciliares. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 220 p.

MATO GROSSO. SEMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Resolução CEHIDRO nº 29. Disponível em: [http://www.sema.mt.gov.br/index.php?option=com\\_docman&Itemid=280&limitstart=60](http://www.sema.mt.gov.br/index.php?option=com_docman&Itemid=280&limitstart=60). Acesso em: julho de 2017.

MENDONÇA, F.; SANTOS, L. J. C. Gestão da água e dos recursos hídricos no Brasil: avanços e desafios a partir das bacias hidrográficas: uma abordagem geográfica. *Revista Geografia*, v. 31, n. 1, p.103-118, 2006.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Resoluções Conama. Resolução CONAMA nº 357 de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: fevereiro de 2017.

NIEWEGLOWSKI, A. M. A. Indicadores de qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Toledo-PR. Curitiba: Dissertação (Pós-Graduação em Agronomia) Universidade Federal do Paraná. 2006.

NUNES DA CUNHA, C.; JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; LOURIVAL, R.; WITTMANN, F.; KANDUS, P.; LACERDA, L. D.; BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; MALTCHIK, L.; SCHÖNGART, J.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; AGOSTINHO, A. A. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. *Aquatic Conservation*, v. 24, p. 5-22, 2014.

OLIVEIRA FILHO, P. C.; DUTRA, A. M.; CERUTI, F. C. Qualidade das Águas Superficiais e o Uso da Terra: Estudo de Caso Pontual em Bacia Hidrográfica do Oeste do Paraná. *Floresta e Ambiente*. v.19,n.1, p. 32-43,2012.

QUEIROZ, M. M. F.; IOST, C.; GOMES, S. D.; BOAS, M. A. V. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. *Revista Verde (Mossoró – RN)*. v. 5, n.4, p. 200 -210, 2010.

ROCHA, C.H.B; FREITAS, F.A.; SILVA, T.M. Alterações em variáveis limnológicas de manancial de Juiz de Fora devido ao uso da terra. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.18, n.4, p.431–436, 2014.

SANTOS, J. W. M. C. Ritmo Climático e Sustentabilidade sócio-ambiental da agricultura comercial da soja no Sudeste de Mato Grosso. *Revista do Departamento de Geografia*, v.17, 61-82, 2011.

SANTOS, G.O.; HERNANDEZ, F.B.T. Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.17, n.1, p.60–68, 2013

SEMA-SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE. Outorga. Disponível em: [http://www.sema.mt.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=48&Itemid=96](http://www.sema.mt.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=48&Itemid=96). Acesso em: janeiro de 2019.

SEMA- SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE. Unidades de Conservação. Disponível em: [http://www.sema.mt.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=155&Itemid=288](http://www.sema.mt.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=155&Itemid=288). Acesso em: julho de 2017.

SEMA- SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE. Plano de Manejo do Parque Estadual Dom Osório Stoffel. Rondonópolis: IGPlan/Sema, 2013.

SEPLAN-MT– Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. Atlas de Mato Grosso. Cuiabá: Entrelinhas. 2011. 100 p.

SETTE, D. M.; TARIFA, J. R.; GRIPP, W. G. O ritmo das chuvas e da qualidade das águas do rio Vermelho em Rondonópolis-MT. *Intergeo*. Ano 2. n. 2, p. 92-101, 2002.

SILVA, A. M. Vazões mínimas e de referência na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. *Bras. Eng. Agríc. Ambiental*. v. 10, n.2, p. 374-380, 2006.

SILVA, A. R.; TOMASIELLO, D. B.; PRADO, B. R.; VIEIRA, M. A.; BARBARISI, B. F.; ORTIZ, M. J. Extração da cobertura vegetal de áreas urbanas utilizando imagens do satélite GeoEye-1. *Anais... XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba-PR*. p.1576-1583, 2011.

SIQUEIRA, R. M. B.; HENRY-SILVA, G. G. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e o funcionamento dos ecossistemas fluviais. *Boletim da Associação Brasileira de Limnologia*, v. 39, n. 2, 2011.

SOUZA, A. V. V.; LOVERDE-OLIVEIRA, S. M. Análise da qualidade da água do rio Vermelho em Mato Grosso: no período de cheia no ano de 2014. *Revista Biodiversidade*, v. 13, p. 115-126, 2014.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transaction of the American Geophysical Union*. v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

TERRADO, M.; BORRELL, E.; CAMPOS, S.; BARCELO, D.; TAULER, R. Surface-water-quality indices for the analysis of data generated by automated samplings network. *Trends in Analytical Chemistry*, v. 29, no. 1, p. 40-52, 2010.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em micro bacia sob uso agrícola e urbano. *Scientia Agrícola*, v. 59, n.1, p. 181-186, 2002.

TRAUTWEIN, C.; SCHINEGGER, R.; SCHMUTZ, S. LANPREF: landscape - pressure - fish - cascades. NOAA NWFSC Monster Seminar JAM, APR 28, NW Fisheries Science Center, Seattle, WA, USA. 2012.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. A Água. *Publifolha*, 120 p. 2005.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. Topodata: seleção de coeficientes geoestatísticos para o refinamento unificado de dados SRTM. São José dos Campos: INPE, 2008. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: fevereiro de 2018.

VIEIRA, E. M.; ALMEIDA, F. T.; ALVES, M. G. Uso do MDT e Bacias de contribuição (Watershed) na seleção de pontos para o monitoramento da contaminação agrícola. São José dos Campos: INPE, p. 3427-3432. 2005. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/tid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.22.05/doc/3427.pdf>. Acesso em: março de 2018.

## **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

