

# AMAZÔNIA

## DIÁLOGOS INTEGRADOS DE GESTÃO FLUVIAL E RECURSOS HÍDRICOS

PATRÍCIA SOARES DE MARIA DE MEDEIROS  
NARA LUÍSA REIS DE ANDRADE  
JOÃO GILBERTO DE SOUZA RIBEIRO  
NUBIA DEBORAH DE ARAÚJO CARMELLO  
FERNANDA BAY HURTADO  
ROSALVO STACHIW  
LALINE GARCIA GOMES  
TIAGO DE OLIVEIRA LIMA

(ORGANIZADORES)

# AMAZÔNIA

DIÁLOGOS INTEGRADOS DE  
GESTÃO FLUVIAL E RECURSOS  
HÍDRICOS

PATRÍCIA SOARES DE MARIA DE MEDEIROS  
NARA LUÍSA REIS DE ANDRADE  
JOÃO GILBERTO DE SOUZA RIBEIRO  
NUBIA DEBORAH DE ARAÚJO CARMELLO  
FERNANDA BAY HURTADO  
ROSALVO STACHIW  
LALINE GARCIA GOMES  
TIAGO DE OLIVEIRA LIMA

(ORGANIZADORES)

**Direção Editorial**

Fernanda Pereira Martins

**Organizadores**

Patrícia Soares de Maria de Medeiros  
João Gilberto de Souza Ribeiro  
Nara Luísa Reis de Andrade  
Nubia Deborah de Araújo Caramello  
Fernanda Bay Hurtado  
Rosalvo Stachiw  
Laline Garcia Gomes  
Tiago de Oliveira Lima

**Revisão textual**

Ana Luisa Camino

**Projeto Gráfico, Diagramação e Capa**

Editora Zion

**Imagem da capa**

Lana Ferreira Lopes

**Bibliotecária**

Aline Grazielle Benitez - CRB - 1/3129



O conteúdo deste livro está sob a Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não Comercial-SemDerivações 4.0 Internacional

Copyright© dos autores.

Copyright© da edição Editora Zion.

Todos os direitos desta edição são reservados à Editora Zion.

site: [www.editorazion.com.br](http://www.editorazion.com.br)

e-mail: [contato@editorazion.com.br](mailto:contato@editorazion.com.br)

O conteúdo dos capítulos que compõem esta obra são de inteira responsabilidade dos seus respectivos autores, os quais tem propriedade intelectual sobre a mesma. Os autores também se responsabilizam pelo cumprimento das normas da ABNT NBR6023.

Todos os direitos desta edição estão reservados aos autores, organizadores e editores, sendo, portanto, proibida a reprodução desta obra sem a autorização da Editora Zion. É permitida a livre distribuição da publicação, bem como sua utilização como fonte de pesquisa, desde que sejam seguidas as normas da ABNT NBR6023.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Amazônia [livro eletrônico]: diálogos integrados de gestão fluvial e recursos hídricos. Ituiutaba, MG: Editora Zion, 2022.

PDF.

Vários autores

Vários colaboradores

Bibliografia

ISBN 978-65-84537-03-3

DOI 10.29327/560517

1. Amazônia - Aspectos ambientais 2. Bacias hidrográficas - Amazônia

3. Recursos hídricos - Conservação 4. Recursos hídricos - Desenvolvimento.

22-104054

CDD-304.209811

**Índice para catálogo sistemático:**

1. Amazônia: Meio ambiente: Preservação: Ecologia  
304.209811

## **ORGANIZADORES**

---

### **Patrícia Soares de Maria de Medeiros**

Doutora e mestre em Biologia Experimental pela Universidade Federal de Rondônia; graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Brasília (UnB). Docente do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Rondônia, UNIR.

### **Nara Luísa Reis de Andrade**

Doutora e mestre em Física Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT; graduada em Engenharia Sanitária pela UFMT. Docente do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Rondônia, UNIR.

### **João Gilberto de Souza Ribeiro**

Doutor e mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais; graduado em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais. Docente do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Rondônia, UNIR.

### **Nubia Deborah de Araújo Caramello**

Doutora em Geografia pela Universidade Autônoma de Barcelona; mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Rondônia; graduada em Pedagogia pela Universidade Federal de Rondônia. Docente do Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Amapá.

### **Fernanda Bay Hurtado**

Doutora em Biologia Experimental pela Universidade Federal de Rondônia; mestre pelo programa de Pós-graduação em Química Aplicada pela Universidade Estadual de Maringá; graduada em Química Bacharelado e Licenciatura pela Universidade Estadual de Maringá. Docente do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Rondônia, UNIR

### **Rosalvo Stachiw**

Doutor em Ciências pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná; mestre em Ciências pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná; graduado em Química pela Universidade Federal de Mato Grosso. Docente do Departamento de Química da Universidade Federal de Rondônia, UNIR.

### **Laline Garcia Gomes**

Mestranda em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pelo ProfÁgua, campus UNIR Ji-Paraná; pós-graduada em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Faculdade Panamericana de Ji-Paraná – UNIJIPA; especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Faculdade Panamericana de Ji-Paraná- UNIJIPA; graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Rondônia- UNIR

### **Tiago de Oliveira Lima**

Técnico em laboratório do Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental da Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR). Acadêmico do curso Licenciatura em Química no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia.





# COMITÊ CIENTÍFICO

---

ALDEMIR AZEVEDO (IFBA)  
ALINE DOS SANTOS BETIOLO (Prefeitura Municipal de Nova Brasilândia D'Oeste)  
ALYNE FOSCHIANI HELBEL (MP-RO)  
ANA LÚCIA DENARDIN DA ROSA (ProfÁgua – Unir)  
AROL ROJAS (UFC)  
BRUNO ELIAS ROCHA LOPES (Seduc-RO)  
CARMEN ÉRICA LIMA DE CAMPOS GONÇALVES (IFAM)  
CLAUDIA CLEOMAR ARAUJO XIMENES CERQUEIRA (Unir)  
CLAUDIOMIR SILVA SANTOS (IFSuldeminas)  
CRISTIANO POLETO (ProfÁgua - UFRGS)  
DAIANA GARCEZ (ProfÁgua – UFRGS)  
DANIELA FIGUEIREDO (PPGRH – UFMT)  
DANSTIN NASCIMENTO LIMA (Centro Educacional São Lucas)  
EDUARDA MEDRAN RANGEL (IFSul)  
ELAINE ALVES DOS SANTOS (UERJ)  
ESTELA FERNANDES E SILVA (SMED-Rio Grande)  
ETHOL EXIME (Unioeste)  
FÁBIO LUIZ WANKLER (ProfÁgua – UFRR)  
FELIPE ZAVASKI (Unicesumar)  
FERNANDA BAY HURTADO (ProfÁgua – Unir)  
GUSTAVO LUIS SCHACHT (UFRB)  
JEAN CARLO LAUGHTON DE SOUSA (IFNMG)  
JEFERSON ALBERTO LIMA (Unir)  
JHERSYKA BARROS BARRETO (UFCG)  
JOÃO GILBERTO DE SOUZA RIBEIRO (ProfÁgua – Unir)  
LEONICE DOMINGOS DOS SANTOS CINTRA LIMA (PPGCA – Universidade Brasil)  
LUCIJANE ABREU (ProfÁgua – UnB)  
LUIS LIMA (Unir)  
MARIA MADALENA FERREIRA (Unir)  
MAURÍCIO DA SILVA (UFPeI)  
NACACIO LEOCADIO DO NASCIMENTO (CBNB)  
NARA LUISA REIS DE ANDRADE (ProfÁgua – Unir)  
NORTON CAETANO (Unir)  
NUBIA CAMELLO (IFAP-AP/ProfÁgua – Unir)  
POMY YARA ROMANCINI MEIRELLES (UERJ)  
ROSALVO STACHIW (PGCA – Unir)  
ROSMARIE REINEHR (PPGAS – UERGS)  
TAIANE APARECIDA RIBEIRO NEPOMOCENO (Unioeste)  
TAINÃ FIGUEIREDO CARDOSO (EMBRAPA)  
TATHYANA RODRIGUES LEAL ROCHA (Governo de Rondônia)  
TATIANE EMILIO CHECCHIA (Unir)  
THALITTA COTA (SEDAM-RO)  
TIAGO CAMINHA DE LIMA (IFAP)  
TIAGO ROBERTO SILVA SANTOS (IFRO)  
TRENT BIGGS (Universidade Estadual de San Diego)  
VIVIANE DORNELES (IFSul)  
WESCLEN VILAR NOGUEIRA (FURG)

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>13</b>
<b>PREFÁCIO .....</b>	<b>15</b>
<b>APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>17</b>

### EIXO 1

#### **GESTÃO E GOVERNANÇA DE RECURSOS HÍDRICOS**

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>20</b>
PANORAMA NACIONAL DA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE GESTÃO POR ENTIDADES DE APOIO TÉCNICO E EXECUTIVO	
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>50</b>
O QUE FOI FEITO PARA DESPOLUIR A BAÍA DE GUANABARA? UMA RETROSPECTIVA HISTÓRICA	
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>76</b>
A REGULAMENTAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO E O IMPACTO NAS RELAÇÕES SOCIAIS	
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>94</b>
O DIREITO FUNDAMENTAL À ÁGUA: A INFLUÊNCIA DA ORDEM INTERNACIONAL NO ORDENAMENTO JURÍDICO BRASILEIRO	
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>120</b>
OUTORGA DE DIREITO DE USO DA ÁGUA COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE	
<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>136</b>
ATRIBUIÇÕES DAS ENTIDADES EXECUTIVAS JUNTO AOS COMITÊS DE BACIA HIDROGRÁFICA DO ESTADO DE SANTA CATARINA	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>145</b>
O MUNICÍPIO DE PARINTINS E O SEU PAPEL SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>153</b>
DESCONFORMIDADES DOS CORPOS HÍDRICOS DE CARAGUATATUBA/SP EM RELAÇÃO À CLASSE DE ENQUADRAMENTO	

## **EIXO 2**

### **SEGURANÇA HÍDRICA NO CAMPO E NA CIDADE**

<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>163</b>
AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA CONTAMINAÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS POR RESÍDUOS DE MINERAÇÃO NO MUNICÍPIO DE BARCARENA (PA) A PARTIR DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL DA COMUNIDADE LOCAL	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>182</b>
BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS DE BELÉM E MARITUBA-PA: UMA AVALIAÇÃO DO RISCO DE INUNDAÇÃO	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>198</b>
INTERFERÊNCIA DO VAZAMENTO DA USINA TERMOELÉTRICA RIO MADEIRA NOS POÇOS DO BAIRRO NACIONAL - PORTO VELHO/RO	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>222</b>
IMPACTOS SOBRE O LAGO DO MACURANY NA CIDADE DE PARINTINS-AM	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>239</b>
UTILIZAÇÃO DE <i>HOPLIAS MALABARICUS</i> COMO BIOINDICADOR DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CATOLÉ GRANDE, BA	

<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>246</b>
O USO DE ECOBARREIRAS PARA CAPTURA DO RESÍDUO SÓLIDO FLUTUANTE: ESTUDO DE CASO DA BAÍA DE GUANABARA	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>275</b>
AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS EM UMA REPRESA UTILIZADA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO EM SOROCABA-SP	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>282</b>
DIAGNÓSTICO DA BACIA DO RIBEIRÃO CACAU, ALVORADA DO OESTE, RO: RESULTADOS PRELIMINARES	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>290</b>
OCORREU DECOADA NO RIO SÃO MIGUEL, SERINGUEIRAS/RO NO ANO DE 2020?	

### **EIXO 3**

#### **TEORIA E MÉTODOS DE PESQUISA EM RECURSOS HÍDRICOS**

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>299</b>
ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO, EVAPOTRANSPIRAÇÃO E BALANÇO HÍDRICO CLIMÁTICO DO MUNICÍPIO DE TUPÃ-SP	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>319</b>
REDES NEURAIS ARTIFICIAIS NA PREVISÃO HIDROCLIMÁTICA DE VAZANTE EM TRÊS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ACRE	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>350</b>
VALIDAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE DO HERBICIDA 2,4-D E DE SEU METABÓLITO 2,4-DCP POR CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>373</b>
ANÁLISE DO USO, OCUPAÇÃO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SALGADINHO, EM CACOAL – RO	

<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>388</b>
MEDIÇÃO DE VAZÃO COM <i>ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER</i> NO ESTREITO DE ÓBIDOS	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>394</b>
LEVANTAMENTO BOTÂNICO DAS LEGUMINOSAS PRESENTES EM ÁREAS ALTERADAS EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DA VEGETAÇÃO ARBÓREA	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>403</b>
APLICAÇÃO DO TUBO GEOTÊXTIL NA PROTEÇÃO DE MARGENS FLUVIAIS	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>411</b>
HIDROTEC – <i>STARTUP</i> COMO PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA POR MEIO DE BIOTECNOLOGIAS	

#### **EIXO 4**

### **EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE: AÇÕES GOVERNAMENTAIS, ONGS E DIÁLOGOS ENTRE OS POVOS NA AMAZÔNIA**

<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>421</b>
EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA: UMA EXPERIÊNCIA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>435</b>
PRINCÍPIOS E PRÁTICAS DE AÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>463</b>
OS RECURSOS HÍDRICOS NOS CURRÍCULOS DE ENSINO TÉCNICO	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>479</b>
EMBALAGENS <i>ECO-FRIENDLY</i> : SUA IMPORTÂNCIA NA PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	

<b><i>CAPÍTULO 30</i></b> .....	<b>497</b>
EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE NA COMUNIDADE EXTRATIVISTA DO ALTO JURUÁ - VILA RESTAURAÇÃO	
<b><i>CAPÍTULO 31</i></b> .....	<b>507</b>
POLÍTICAS PÚBLICAS EM AÇÕES VOLTADAS À AGRICULTURA FAMILIAR E SAÚDE AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO BRANCO E COLORADO	
<b><i>CAPÍTULO 32</i></b> .....	<b>514</b>
BACIA DO RIO MUQUI SOB A ÓTICA DE ESTUDANTES LOCAIS NA SEMANA DO MEIO AMBIENTE	
<b><i>CAPÍTULO 33</i></b> .....	<b>524</b>
MÉMOIAS DA PAISAGEM FLUVIAL DE ROLIM DE MOURA CONTADA POR NOSSOS AVÔS	
<b><i>CAPÍTULO 34</i></b> .....	<b>533</b>
EDUCAÇÃO AMBIENTAL NAS ESCOLAS INDÍGENAS DA TERRA INDÍGENA RIO BRANCO	
<b><i>CAPÍTULO 35</i></b> .....	<b>543</b>
DIETA DE LONTRAS E AÇÕES ANTRÓPICAS	

## **EIXO 5**

### **SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS**

<b><i>CAPÍTULO 36</i></b> .....	<b>552</b>
FORMAÇÃO HISTÓRICA DO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE-SP E A EVOLUÇÃO DO SEU SISTEMA DE SANEAMENTO BÁSICO	
<b><i>CAPÍTULO 37</i></b> .....	<b>576</b>
PRESTAÇÃO REGIONALIZADA DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO E A UNIVERSALIZAÇÃO DO ACESSO À ÁGUA	



<b>CAPÍTULO 38 .....</b>	<b>583</b>
A TDCI COMO FERRAMENTA PARA EDUCAÇÃO AMBIENTAL SUSTENTÁVEL E CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	
<b>CAPÍTULO 39 .....</b>	<b>592</b>
PROCESSO DE DIÁLISE E SUAS IMPLICAÇÕES PARA OS RECURSOS HÍDRICOS: UMA ABORDAGEM SOBRE SUSTENTABILIDADE EM SAÚDE	
<b>CAPÍTULO 40 .....</b>	<b>600</b>
PERSPECTIVAS PARA O REÚSO DOS EFLUENTES TRATADOS NO MUNICÍPIO DE PETROLINA – PE	
<b>CAPÍTULO 41 .....</b>	<b>608</b>
PROPOSIÇÃO DE CURVA-NÚMERO PARA O MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ – RO	
<b>CAPÍTULO 42 .....</b>	<b>615</b>
O BIOFILTRO DE BALDE PLÁSTICO E ÁGUA POTÁVEL: A INTERDISCIPLINARIDADE COMO FERRAMENTA DE TRANSFORMAÇÃO SOCIAL E SUSTENTÁVEL	

## **EIXO 6**

### **CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS**

<b>CAPÍTULO 43 .....</b>	<b>622</b>
ÁGUAS DA BACIA DO RIO MACHADO SOB A ÓTICA DA RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005	
<b>CAPÍTULO 44 .....</b>	<b>648</b>
ANÁLISE DAS LEITURAS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS EM PONTOS DOS RIOS ABUNÃ E MAMORÉ: UM COMPARATIVO COM A RESOLUÇÃO CONAMA 357	

<b>CAPÍTULO 45</b> .....	<b>673</b>
ÍNDICE DO ESTADO TRÓFICO (IET) E QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE UM MANANCIAL DE ABASTECIMENTO PÚBLICO EM JI-PARANÁ/RO	
<b>CAPÍTULO 46</b> .....	<b>692</b>
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUAPORÉ: QUALIDADE DA ÁGUA FRENTE À RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005	
<b>CAPÍTULO 47</b> .....	<b>714</b>
CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOMORFOMÉTRICA DA MICROBACIA DO RIO ÁGUA BOA, AMAZÔNIA OCIDENTAL, BRASIL	
<b>CAPÍTULO 48</b> .....	<b>736</b>
QUALIDADE DA ÁGUA DOS BEBEDOUROS DO IFRO, CAMPUS COLORADO DO OESTE – RONDÔNIA/BRASIL	
<b>CAPÍTULO 49</b> .....	<b>763</b>
ANÁLISE DA QUALIDADE DO CORPO HÍDRICO DO RIO ANTA ATIRADA, NO MUNICÍPIO DE ROLIM DE MOURA/RO: UMA REVISÃO	
<b>CAPÍTULO 50</b> .....	<b>779</b>
ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA A PARTIR DE DADOS DE ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS DA BACIA DO RIO JAMARI-RONDÔNIA	
<b>CAPÍTULO 51</b> .....	<b>801</b>
ANÁLISE DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS E FLUVIOMÉTRICOS DAS ESTAÇÕES MOCIDADE E FAZENDA PARAÍSO – RIOS URARICOERA E TACUTU EM RORAIMA	
<b>CAPÍTULO 52</b> .....	<b>824</b>
INSTRUMENTO PARA GESTÃO HÍDRICA: SISTEMA DE INFORMAÇÕES DA PRODUÇÃO IRRIGADA NO ESTADO DE RONDÔNIA	

<b>CAPÍTULO 53</b> .....	<b>837</b>
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DA MICROBACIA URBANA DO IGARAPÉ DOIS DE ABRIL, JI-PARANÁ (RO)	
<b>CAPÍTULO 54</b> .....	<b>845</b>
CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NO AÇUDE JATOBÁ, PATOS, PARAÍBA	
<b>CAPÍTULO 55</b> .....	<b>852</b>
A IMPORTÂNCIA DO USO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO	
<b>CAPÍTULO 56</b> .....	<b>861</b>
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MORFOMÉTRICA DA BACIA DO RIO PIRARARA – CACOAL/RO	
<b>CAPÍTULO 57</b> .....	<b>872</b>
CARACTERIZAÇÃO DA QUANTIDADE DE OUTORGA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM MINAS GERAIS – ESTADO DA ARTE	
<b>CAPÍTULO 58</b> .....	<b>882</b>
INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO MUNICÍPIO DE CANAVIEIRAS–BAHIA	
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>891</b>

## AGRADECIMENTOS

Diante do objetivo de oportunizar o encontro e a troca de saberes entre atores de todos os setores da sociedade sob o tema agregador “Água”, foi proposto, a partir de diálogos presentes no **V Simpósio de Recursos Hídricos** e no **I Congresso Internacional de Diálogo Fluvial na Amazônia**, o registro de algumas das importantes contribuições realizadas ao longo desses produtivos encontros.

Esta construção, desde a concepção das ideias até a concretização da presente obra, contou, em seu caminho, com incontáveis contribuições, cada uma, ao seu modo, fundamental para a concretização desta proposta. E, em relação a este caminhar coletivo, os organizadores desta obra expressam sua gratidão a todos os que doaram um pouco de seu tempo, conhecimento e energia para que chegássemos a este momento de registrar, em formato de E-book, tanto conhecimento gerado.

Agradecemos aos componentes das seis comissões formadas para a realização do evento; aos membros da comissão científica e, em especial, aos autores, por compartilharem conosco seus achados acadêmicos e científicos. Registramos ainda os agradecimentos às 23 instituições de ensino que aqui se fizeram representar — e que contemplam as cinco regiões brasileiras —, aos 21 grupos de pesquisa cujo trabalho enriqueceu este projeto, dentre estes, grupos nacionais e internacionais; e a representantes de órgãos gestores, Organizações da Sociedade Civil de Interesse Público, associações e sindicatos, que foram parceiros nesta jornada.

Que esta rede continue se fortalecendo e frutificando, regada a e regida pelo elemento integrador, fonte eterna de vida: **ÁGUA**.

Para conhecer um pouco mais sobre esta construção a várias mãos, acesse Cooperação e Organização no site: <[V Simpósio de Recursos Hídricos & I Congresso Internacional Diálogo Fluvial \(unir.br\)](#)>

“O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos - ProfÁgua , projeto CAPES/ANA AUXPE nº 2717/2015.”

## PREFÁCIO

Quando o Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, mestrado este lançado em novembro de 2015 no final da **Década Internacional da Água** – homologada em 2005 pela Organização das Nações Unidas – ONU, e que à época teve como subtítulo “Água, fonte de vida” –, a região Sudeste estava tentando sair de uma crise hídrica que afetara diretamente a maior metrópole da América Latina, a cidade de São Paulo, e se havia discutido muito sobre quais providências deveriam ser tomadas, e como, para evitar situações similares no futuro. Com o ProfÁgua, nascia uma esperança de que a Década Internacional da Água não tivesse sido em vão.

A Universidade Federal de Rondônia – UNIR, Campus de Ji-Paraná, ingressou no grupo de universidades que compõem o ProfÁgua em 2017. Naquela época, a CAPES e o Conselho Gestor do Curso vislumbraram a possibilidade de crescimento e aprimoramento da capacitação em recursos hídricos no interior de Rondônia, com grupo de jovens e determinados professores e pesquisadores, em sua maioria oriundos do Departamento de Engenharia Ambiental, que apresentavam uma vocação para o novo e muitas ideias que poderiam mudar a feição da região e mostrar gradativamente o potencial existente no interior da Amazônia.

Neste momento em que o país mais uma vez atravessa uma crise hídrica em algumas regiões, tendo sido observado, em diversos biomas brasileiros, um decréscimo da superfície de água, e quando se sabe que no país como um todo houve uma diminuição da ordem de 15%, nota-se a importância da concepção e realização de eventos como o V Simpósio de Recursos Hídricos & I Diálogo Fluvial Internacional na Amazônia, que serviram como base para a confecção deste livro. Esses eventos são indícios de que a pesquisa e a ciência foram, são e sempre serão um farol norteador



dos rumos que devem ser tomados dentro da gestão dos recursos hídricos no Brasil.

O livro aborda, ao longo dos seus seis capítulos, estudos de casos de gestão e governança de recursos hídricos; a questão da segurança hídrica no campo e na cidade; teoria e métodos de pesquisa em recursos hídricos; educação ambiental e sustentabilidade: ações governamentais, ONGs e diálogos entre os povos na Amazônia, até fechar com a maior quantidade de contribuições num tema mais amplo, que é a caracterização qualitativa e quantitativa das águas superficiais e subterrâneas. Assim, pode-se afirmar que este livro apresentará o tripé sobre o qual deve estar alicerçada a gestão dos recursos hídricos no Brasil: a quantidade, a qualidade e o uso e conservação do solo.

Uma publicação desta natureza denota firmemente a força que existe não só nas universidades públicas deste país, como também na interiorização do ensino e da capacitação de nível superior, pública e de qualidade — cuja importância deve ser sempre valorizada.

No momento em que nos deparamos com uma diminuição sistemática dos recursos hídricos superficiais, notadamente em regiões que sempre tiveram abundância, a relevância deste livro se dá pelo fato de que ele é ponta-de-lança de estudos e pesquisas direcionadas para a região que detém a maior quantidade de água no território brasileiro.

**Deve-se, no Brasil, ter em mente, sempre, que a questão dos Recursos Hídricos necessita ser uma política de Estado, e não de governo.**

Prof. Jefferson Nascimento de Oliveira  
Coordenador Geral do ProfÁgua

## APRESENTAÇÃO

A Amazônia sempre será lembrada pela necessidade e urgência de sua preservação. Tudo que nela existe e dela depende tem a água como meio fundamental de sobrevivência. É aqui, na Amazônia, que está a maior reserva de água doce do mundo. Ela, a água, está presente nas coisas vivas, nos rios, no solo, subsolo, e paira sobre nossas cabeças (rios voadores). De tão abundante que ele é, podemos achar que este bem nunca irá desaparecer. Ledo engano. O ciclo das águas da Amazônia é frágil: se a floresta continuar sendo derrubada, por exemplo, o “celeiro hídrico mundial” deixará de existir.

O espaço amazônico contemporâneo vem sendo cada vez mais ocupado, e os impactos antrópicos também ficam mais e mais evidentes. Ao mesmo tempo, administrar os usos múltiplos da água torna-se um desafio, pois os conflitos aumentam na mesma proporção que aumenta a demanda por água. Foi dentro deste contexto que surgiu, em 2011, o **I Simpósio de Recursos Hídricos**, com o tema **recursos hídricos e diálogos socioambientais**. O evento promoveu um amplo debate sobre a temática, oficinas de capacitação em gestão de recursos hídricos e trouxe à tona a necessidade da criação e implantação dos Comitês de Bacias Hidrográficas em Rondônia, já previstas na Lei Complementar 255/2002.

A ausência de comitês em Rondônia traduzia-se na inexistência de articulação entre poder público, gestores e sociedade, e na falta de autonomia legal de gestão das águas nas bacias hidrográficas. O sucesso do primeiro evento em promover aquilo que ficou conhecido como “**diálogo hídrico**” resultou em ações efetivas do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, como a criação e implantação de diversos comitês de bacias hidrográficas — merecendo destaque o Comitê de Bacias do Rio Branco e Colorado, região com potencial de conflitos pelos diversos usos da

água: agricultura, pecuária, irrigação, pequenas centrais hidrelétricas, uso urbano.

Os eventos que se sucederam em 2013, com a temática **desafios e perspectivas para gestão das águas**, em 2015, cujo tema foi **instrumentos para gestão de recursos hídricos**, e em 2018, que refletiu sobre o tema **contribuições científicas para gestão hídrica**, tiveram como maior resultado o fortalecimento do diálogo hídrico multidisciplinar, despertando o comprometimento da sociedade em prol dos recursos hídricos.

Veio, então, 2021 com o **V Simpósio de Recursos Hídricos**. Só o fato de chegarmos até aqui já é uma prova de compromisso de todos com águas. Isso ficou mais evidente quando o evento promoveu em conjunto o **I Congresso Internacional de Diálogo Fluvial na Amazônia**, trazendo um olhar especial para o rio. Sendo assim, o evento apresentou a temática **diálogos integrados de gestão fluvial e recursos hídricos**. Ficou mais amplo, mais atores foram convidados para o diálogo, e o evento tornou-se internacional. Na ocasião, também promoveu-se o lançamento de obras com a temática gestão fluvial e recursos hídricos: Coleção Rios de Rondônia, Base Legal para a Gestão de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia (2002 a 2019), Bacias Hidrográficas e Seus Comitês (Cartilha Dr. Botinho), Nossas Águas, Nossos Rios - educação ambiental para as águas no contexto Amazônico: Ji-Paraná, Aventura no Monte Cigarra.

Estamos no caminho certo para garantir água de qualidade e em quantidade para esta e as futuras gerações? Parece que sim! Mas, para tornar isso verdadeiro é preciso continuar a promover o diálogo hídrico, e nós, os organizadores desta obra, convidamos você a fazer parte disso.

# Eixo 1

## Gestão e governança de recursos hídricos



**Foto:** Amapá, registro fotográfico de **Marta dos Santos Furtado**

# CAPÍTULO 1

## PANORAMA NACIONAL DA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE GESTÃO POR ENTIDADES DE APOIO TÉCNICO E EXECUTIVO

**Deise Cristiane Maier<sup>1</sup> & Guilherme Fernandes Marques<sup>2</sup>**

### INTRODUÇÃO

As Nações Unidas (2015) definiram 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), que trazem, no seu objetivo 6, “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos”. Diante disso, é evidente a necessidade de uma estrutura de gestão capaz de entregar resultados finalísticos à sociedade, especialmente no tocante à disponibilidade hídrica e proteção contra eventos críticos. As limitações da estrutura de gestão atual no Brasil são evidenciadas pelas recentes crises hídricas, conforme já apontado pela Agência Nacional de Águas - ANA (2017).

Dentre os entes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), previstos na Lei das Águas, Lei 9.433/97 (BRASIL, 1997), de grande relevância neste contexto, destacam-se as Agências de Água, que não chegaram a ser criadas no Brasil conforme o modelo previsto. Em resposta, verificamos no

---

<sup>1</sup> Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pela UFRGS – IPH. dcmaier@hotmail.com

<sup>2</sup> Pós-doutorado na Université Laval (Canadá) sobre otimização dinâmica e dinâmica dual estocástica aplicada a sistemas hidrelétricos. Professor Associado do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) - UFRGS. guilherme.marques@ufrgs.br

país soluções alternativas diversas, conforme os diferentes contextos sociopolíticos regionais. Existe então uma necessidade de conhecer melhor as possibilidades destes arranjos, envolvendo as demandas dos comitês, quantidades de projetos e organização das equipes de trabalho.

A história, o contexto de criação e a existência das diferentes entidades de apoio aos comitês refletem experiências distintas conforme o capital social e os desafios encontrados em cada bacia. Entretanto, o objetivo comum sempre envolve a efetividade das ações, presença na bacia hidrográfica e a execução de “serviços de gestão” que são atividades de governança necessários para atender os objetivos da Lei 9.433/97 (MARQUES et al., 2018).

A execução desses serviços por diferentes arranjos de apoio aos comitês, como o destacado em Pavão et al. (2013) e Costa et al. (2018), trouxe fortalecimento para a gestão participativa, tornando a gestão de recursos hídricos mais integrada e eficiente para a recuperação da qualidade ambiental da bacia. Buscou-se, assim, conhecer as percepções de gestores e especialistas na temática de estruturação dos arranjos organizacionais.

Dentre as alternativas de arranjos institucionais existentes, diferentes modelos jurídicos são segregados, conforme Granziera (2007): Agência de Água (autarquia, fundação pública e consórcio público de direito público) e Entidades Delegatárias (associação civil sem fins lucrativos, fundação de direito privado, consórcio público com personalidade jurídica de direito privado). Nesse contexto, o objetivo deste artigo foi obter um panorama nacional de modelos e práticas para a prestação de serviço de gestão por entidades de apoio técnico e executivo.

## **ASPECTOS METODOLÓGICOS**

Inicialmente foi realizada uma revisão da legislação na temática referente à entidade de apoio técnico e executivo aos



comitês. Em seguida, buscou-se retratar os arranjos nacionais existentes mediante uma pesquisa documental nos sítios eletrônicos das instituições.

As técnicas metodológicas de entrevistas e questionários eram compostas de perguntas abertas e sem pretensão estatística. As questões foram semiestruturadas conforme a sequência apresentada no Apêndice A deste artigo. O processo de obtenção das respostas foi realizado entre os meses de outubro/2019 e setembro/2020, e compreendeu os dois públicos listados a seguir:

a. Responsáveis por agências e entidades equiparadas. Enfoque nas estruturas de gestão existentes, especialmente órgãos gestores e entidades delegatárias. De forma geral, as questões foram referentes aos fatores que contribuem a complexidade da gestão, as limitações e vantagens do modelo existente, a fonte de recursos para custeio, a contratação de gerenciadoras e a divisão entre atividades finalísticas e administrativas. No intuito de entender como se organizam administrativamente para atuar de forma mais eficiente.

O questionário foi enviado para os gestores de instituições com funções de Agências de Água de diferentes escalas. Entretanto, responderam, nessa fase da pesquisa, os representantes da Agência Peixe Vivo (São Francisco), da Fundação Agência das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ), do Consórcio Ambiental Lagos - São João (Lagos - São João e Macaé e Rio das Ostras), ADASA (DF) e da AGERH (ES).

b. Especialistas em gestão de recursos hídricos. Entrevistas realizadas com a finalidade de resgatar a experiência de diferentes pontos de vista. O registro das respostas foi por anotação simultânea e uso de gravador com concordância dos entrevistados. A seleção de atores-chave foi por conhecimento no tema pesquisado, em escala local e nacional. Uma breve qualificação dos participantes dessa etapa:

- Consultores em gestão de recursos hídricos com experiência nacional e internacional;
- Doutores no tema com atuação em órgãos gestores estaduais;
- Especialistas em recursos hídricos e servidores da ANA, com experiência em Contrato de Gestão com entidades delegatárias.

As questões foram voltadas para verificar os indicadores de limitações e vantagens de modelos organizacionais de gestão das águas, qual modelo sugerem e quais as atribuições preponderantes de uma agência de água ou entidade equiparada. Além disso, para avaliar a possibilidade de contratação de gerenciadoras de projetos conforme perspectiva dos entrevistados.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Agências de Água e Entidades de Apoio Técnico e Executivo**

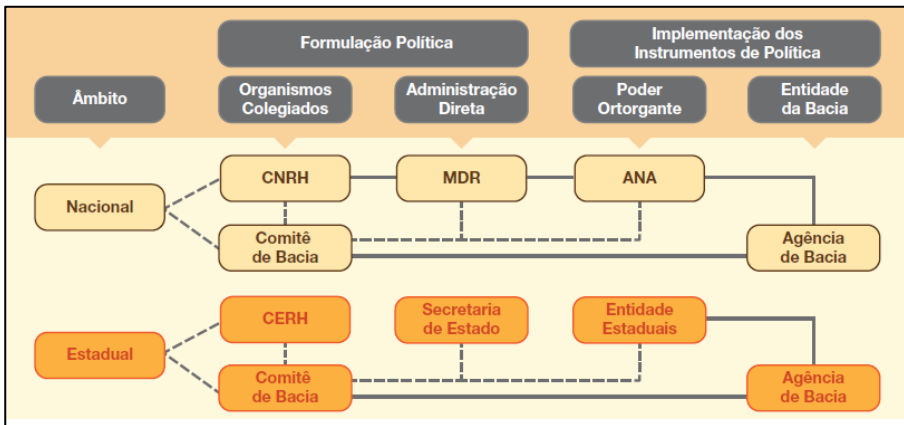
As entidades de apoio técnico e executivo originalmente propostas na Lei das Águas (BRASIL, 1997) são as Agências de Água. Elas têm a finalidade de exercer a função de secretaria executiva e com a mesma área de atuação de um ou mais Comitês de Bacia Hidrográfica, enquanto os Comitês são fóruns democráticos para os debates e tomada de decisões relacionadas a recursos hídricos.

A Lei n.º 9.433/1997 foi inspirada no sistema francês de gestão de recursos hídricos, instituído pela Lei das Águas de 16 de dezembro de 1964. Conforme citado pelo Banco Mundial (2018), na França a implementação foi simultânea a um arranjo institucional baseado sobretudo em três pilares: agências de água, comitês de bacia, e cobrança pelo uso da água/plano de bacia hidrográfica. Laigneau (2014) explica que as Agências foram criadas antes dos Comitês, abrangendo a totalidade do território francês, através de

um processo de cima para baixo. Conforme os autores supracitados, as Agências de Água na França são instituições centrais da gestão de água.

No cenário institucional brasileiro, no âmbito federal, a autarquia especial ANA assumiu as funções de órgão gestor dos recursos hídricos de domínio da União (BRASIL, 1997; ANA, 2014a). Criada pela Lei n.º 9.984, de 17 de julho de 2000, com a aprovação do Marco Regulatório do Saneamento (Lei 14.026/2020), passou a também emitir normas de referência para o setor, e passou ser chamada de Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.

Na Figura 1 é apresentada a interação entre os atores do SINGREH, destacando-se os organismos responsáveis pela formulação da política e implementação dos instrumentos nas bacias hidrográficas, como a presença das Agências de Bacia vinculadas aos Comitês de Bacia.



**Figura 1** - Sistema de Gerenciamento da Política Nacional de Recursos Hídricos\*.

**Fonte:** ANA, 2019a

\*Siglas: CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos, MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional, ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, CERH - Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

A criação das Agências de Bacia (a Lei 9.433/97 usa o termo “Agências de Água) é autorizada pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos ou pelos Comitês Estaduais de Recursos

Hídricos, mediante solicitação de um ou mais Comitês de Bacia (art. 42). Conforme o art. 43, a criação é condicionada à prévia existência do respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica e à viabilidade financeira assegurada pela cobrança do uso dos recursos hídricos em sua área de atuação (BRASIL, 1997). A aprovação prévia da cobrança pelo uso permite que o sistema de gestão da bacia seja estruturado e que haja recursos para a efetivação dos instrumentos da política, mesmo que não seja obrigatório (ANA, 2014b).

A Agência de Água, prevista na Lei das Águas em seu art. 33, tem como funções se encarregar das atividades operacionais do sistema. Conforme previsto (ANA, 2014a), a ANA presta serviços necessários à gestão, desde o diagnóstico da situação presente, por intermédio do monitoramento e produção de informações sobre as águas, até o fomento de ações normativas ou executivas deliberadas para garantir a sinergia dos usos. Deve incorporar à sua rotina a eficiência na aplicação dos recursos técnicos e financeiros à sua disposição, a eficácia no cumprimento de metas planejadas e a efetividade dos resultados no ambiente de sua atuação. O art. 41 da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) diz que as agências exercerão a função de secretaria executiva do respectivo ou respectivos comitês e o art. 44 declara suas competências (BRASIL, 1997). Em síntese, as atribuições das agências podem ser distribuídas em temas administrativos, técnicos e regulatórios. Além de atribuições de supervisão, execução e acompanhamento (ANA, 2014a).

No Brasil, em nível federal foi regulamentada a Lei 10.881/2004 (BRASIL, 2004), na qual é estabelecida a possibilidade de serem feitos contratos de gestão celebrados entre a ANA e entidades sem fins lucrativos enquadradas no art. 47 da PNRH (requisitos para criação de uma Agência de Água). Essas entidades equiparadas às Agências de Água são também chamadas de entidades delegatárias. Alguns estados seguiram o mesmo caminho, editando suas Leis Estaduais (Rio de Janeiro em 2010 e

Minas Gerais em 2019). Contudo, outros estados, a exemplo do Rio Grande do Sul, não permitiram tal possibilidade, restando a Agência de Água como o único formato legal para a função de secretaria executiva dos comitês.

A solução possibilitada com promulgação da Lei Federal n.º 10.881/2004 está presente na maioria das bacias hidrográficas interestaduais, em que existe comitê e está em operação a cobrança pelo uso dos recursos hídricos (ANA, 2014a). Conforme Silva & Amorim (2019), na União optou-se pelas entidades delegatárias de funções de Agência de Água, que firmam contratos de gestão com a ANA.

A opção pelas Entidades Delegatárias (EDs), de acordo com Soalheiro e Romano *et al.* (2018), é uma medida paliativa na busca de fornecer aos comitês de bacia o apoio técnico-executivo de que precisam para o exercício de suas atividades deliberativas e para a execução das decisões por eles tomadas. Para exemplificar, são apontadas as EDs e respectivas bacias hidrográficas atendidas: AGEVAP - Paraíba do Sul, Agência Peixe Vivo - São Francisco, Fundação Agência PCJ- Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá e IBio AGB Boce - Rio Doce (ANA, 2020).

Por conseguinte, existe a possibilidade de haver organismos públicos e entidades privadas em funções de agência de água. A diferença é que o organismo público pode efetuar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, criada por lei específica, pode exercer poder de polícia (outorga, fiscalização e aplicação de penalidades) e aquisições e contratações, inclusive de pessoal, seguindo leis gerais para organismos públicos. Já uma entidade privada não pode efetuar a cobrança pelo uso, que depende de dispositivo legal, e não pode exercer poder de polícia. Entretanto, como instituição privada, possui maior flexibilidade para contratações de pessoal e aquisições (ANA, 2014a). Constante, Zanatta e Seibt (2019) apontam ainda a diferença no parâmetro relação com o SINGREH, no qual a Agência de Água (pública) é integrante, enquanto uma Entidade

Delegatária (privada) não seria integrante do Sistema. Já quanto aos aspectos operacionais, a diferença consiste no funcionamento permanente e provisório, respectivamente.

Ressalta-se que foi graças ao Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, CBH PCJ, que surgiu a figura “Agência de bacia” no Brasil, através da Lei n.º 7.663, de 30/12/91 (Estadual Paulista), que versa em seu artigo 29 sobre a possibilidade de criação da entidade jurídica, com estrutura administrativa e financeira própria, denominada Agência de Bacia.

É importante mencionar que há arranjos já existentes que passam a ter as funções de Agências de Água ou organismos criados para esta função. Como por exemplo a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), criada em 1993 com a finalidade de gerenciar a oferta de recursos hídricos do Estado do Ceará (COGERH, 2020).

Atualmente, outros arranjos encontram-se em fase de desenvolvimento, discussão e implementação no Brasil, a exemplo do Estado de Santa Catarina, que possui Entidades Executivas custeadas pelos recursos da compensação financeira do setor hidrelétrico, baseado na Lei Federal n.º 13.019/2014, e visa firmar uma parceria via termo de colaboração entre o ente estatal e uma organização da sociedade civil sem fins lucrativos (CONSTANTE; ZANATTA; SEIBT; 2019).

As funções desempenhadas pelos diferentes arranjos se diferem. As Entidades Delegatárias podem executar todas as funções das Agências de Água, exceto efetuar a cobrança. Em síntese, as EDs exercem funções como elaborar o Plano de Recursos Hídricos, propor o enquadramento e valores a serem cobrados, gerir o sistema de informações, entre outras funções. Já as Entidades Executivas possuem um rol mais limitado de atribuições, mais voltado para o papel de secretaria executiva, celebração de convênios e contratação de serviços (CONSTANTE; ZANATTA; SEIBT; 2019).



O quadro do Apêndice B contempla as alternativas adotadas no Brasil, a área abrangida, os respectivos modelos jurídicos e as particularidades em sua estruturação. As informações que constam nesse apêndice foram obtidas através da pesquisa documental em páginas eletrônicas e relatórios das instituições. Estes resultados estão divididos conforme a abrangência territorial:

- Estadual (COGERH - Ceará, AGERH – Espírito Santo e IAT - Paraná);
- Bacias interestaduais (Agência Peixe Vivo, AGEVAP, IBIO AGB Doce e Agência das Bacias PCJ);
- Demais modelos (ADASA – DF, ECOPEF – Entidade Executiva e AGERPARDO).

Destaca-se o modelo de estruturação das entidades com o apoio de uma Unidade Descentralizada (UD), que se refere à unidade executiva para atendimento exclusivo de um comitê com uma sala em cidade diferente da sede (KPMG, 2018). Este arranjo está presente na AGEVAP (Agência da Bacia do Rio Paraíba do Sul). Esta Associação contém uma unidade central com atividades meios e finalísticas e UD's com equipe para atender os comitês com as funções de secretaria administrativa e de atividade finalísticas.

Devido à diversidade de contextos sociopolíticos, econômicos e legais, são encontrados arranjos onde diferentes funções de apoio técnico-executivo e também de gestão são cumpridas por organismos diversos, desde entidades privadas com escopo mais limitado, passando por entidades privadas que receberam delegação mais ampla de funções de agência, até os casos onde inexistente qualquer outra entidade, e todo o apoio técnico-executivo é prestado por um outro ator do SINGREH: o órgão gestor estadual.

## **Percepções obtidas nas entrevistas e nos questionários**

Os resultados apresentados nesta seção retratam as respostas dos questionários aplicados aos gestores de entidades de apoio técnico e executivo de diferentes modelos jurídicos e das entrevistas realizadas com especialistas em gestão de recursos hídricos.

### **Gestores de Agências de Água e entidades equiparadas**

As respostas aos questionários são identificadas quanto ao modelo organizacional, que inclui cinco diferentes arranjos respondentes: Agência estadual (Autarquia); Associação civil; Autarquia de regime especial; Empresa de economia mista; e Fundação de direito privado. Cabe esclarecer que as respostas de um representante da Agência/ED nem sempre refletem o ponto de vista de toda a empresa, nem se pode generalizar as respostas para todas as entidades de mesmo modelo jurídico. Esta pesquisa propôs obter um panorama geral das experiências, para isto os itens seguintes estão divididos por assuntos das principais questões abordadas.

#### *I. Fatores que contribuem para a complexidade da gestão*

Questionados quanto aos fatores que contribuem para a gestão ser mais cara e mais complexa, dentre as respostas destacam-se: insuficiência de estrutura adequada às demandas por gestão de recursos hídricos; insuficiência de base de dados hidrológicos consistentes, informações e sistemas de suporte à decisão para o apoio à gestão (*Agência estadual – Autarquia*). A resposta da *Empresa de economia mista* mencionou que “as delegatárias enxugaram o orçamento ao máximo, e todas as ações têm sido realizadas com o máximo de economia”.

Por outro lado, a *Fundação de direito privado* destacou a complexidade no processo de planejamento e acompanhamento

da execução das ações previstas no Plano de Recursos Hídricos. Além disso, também há a necessidade de atendimento às demandas da Secretaria Executiva dos Comitês, o que envolve uma diversidade de temas em discussão e o gerenciamento da participação dos membros em reuniões de Câmaras Técnicas e Plenárias.

A *Associação Civil* respondeu que o que torna a gestão mais onerosa e complexa é o fato de o recurso ser público e a entidade ser obrigada a adotar procedimentos da gestão pública. Segundo a Associação, é sabido que, embora seja muito importante a transparência na aplicação dos recursos da cobrança, a burocracia na contratação de projetos e serviços torna os custos mais altos e morosos.

A resposta da *Autarquia de regime especial* mencionou o custo inicial de instalação para funcionamento e a necessidade de contratar profissionais técnicos, tanto na área administrativa (elaborar TR, gestão financeira) como para as áreas fim (engenheiros e outros especialistas para elaborar projetos e fiscalizar a execução de obras).

## II. Principais limitações do modelo de apoio existente

Na sequência, as limitações destacadas pelos respondentes foram: o repasse dos recursos (*Empresa de economia mista*); a indução da criação de comitês de bacia antes de um sistema de informações consolidado para as bacias e de mecanismos de sustentabilidade financeira; a ausência de responsabilidades mais diretas para a gestão pública municipal (prefeituras); as dificuldades legais associadas à aplicação de recursos financeiros para o funcionamento do sistema de gestão (*Agência estadual – Autarquia*); e o fato de o valor obtido com a cobrança pelo uso da água ser muito baixo, insuficiente para manter uma estrutura de agência de bacia (*Autarquia de regime especial*).

A *Associação civil* citou o fato de ser uma entidade civil de direito privado, mas ter que adotar as normas da gestão pública, o que torna o processo muito complexo. Conforme o entrevistado, este modelo híbrido não está normatizado ainda, os procedimentos são novos e estão sendo criados à medida que são necessários. Está sendo um processo de aprendizagem para todos os envolvidos na gestão de recursos hídricos no país.

A principal limitação do modelo adotado de *Fundação de direito privado* pela legislação paulista é a impossibilidade de celebrar-se Contrato de Gestão com o Estado de Minas Gerais para o desempenho das funções de Entidade Equiparada na Bacia PJ. Além disso, também não há atualmente na legislação paulista a possibilidade de uma Agência de Bacia exercer suas funções para mais de uma unidade de gestão no estado de São Paulo.

A *Autarquia de regime especial* disse que, pela Lei das Águas do Distrito Federal - DF (Lei 2725/2001), o órgão gestor de recursos hídricos deve desempenhar o papel de agência de bacia até que seja criada uma agência de fato. No caso do DF, a Adasa tem uma boa estrutura e contribuí para que os comitês do DF funcionem regularmente. A Adasa também contribuiu para a preparação de projetos para o DF, e assim obteve recursos da cobrança realizada no CBH Paranaíba. Mas estão certos de que essa forma de atuar não atende a realidade de outros comitês.

### III. *Principais vantagens do modelo existente*

Questionou-se quanto às vantagens de cada modelo. Neste quesito, a *Empresa de economia mista* manifestou a maior liberdade de contratação, execução e fiscalização. Na mesma linha, a *Associação civil* declarou que, embora existam as dificuldades com a burocracia inerentes aos procedimentos públicos, existe também a vantagem da autonomia nas decisões da aplicação dos recursos, em conjunto com os comitês. Esta autonomia proporciona mais

agilidade na execução dos projetos para a implementação do Plano de Recursos Hídricos da Bacia.

Por outro lado, as demais respondentes citaram mais aspectos de cunho da gestão descentralizada e participativa quando fizeram menção à integração com o sistema de gestão ambiental e adoção de metas de qualidade para corpos d'água (*Agência estadual – Autarquia*). A Agência de Bacias é criada a partir da decisão do respectivo Comitê de Bacias (conforme estabelecido na Lei Estadual paulista n.º 10.020/98). Assim, toda a composição dos Conselhos Deliberativo e Fiscal das Agências de Bacias tem a **participação de membros dos Comitês, facilitando a integração, a cooperação e a governança em âmbito da bacia hidrográfica** (*Fundação de direito privado*). E, ainda, agilidade na execução administrativa e a facilidade de obtenção de informações técnicas para os CBHs (*Autarquia de regime especial*).

#### IV. *Fontes do custeio administrativo, além dos recursos da cobrança*

As fontes de recursos diferenciam-se conforme os diferentes modelos organizacionais. Foram apontados: eventual apoio municipal (*Empresa de economia mista*); fontes de recursos públicos de orçamentos da união, estado e municípios; doações ou acordos de empréstimos com organismos internacionais e doações privadas (*Agência estadual – Autarquia*); e outras fontes de recursos advindos da ANA, por meio de programas como o Procomitês (*Autarquia de regime especial*).

Para a *Associação civil* e *Fundação de direito privado*, todo o custeio administrativo advém dos recursos da cobrança. Foi salientada a diferença de percentual limite entre recursos provenientes da cobrança pelo uso dos recursos hídricos de rios de domínio da União e do estado de São Paulo, que, do montante arrecadado, podem ser utilizados até 7,5% e 10%, respectivamente, para pagamento de despesas do quadro de pessoal, administrativas, financeiras e tributárias.

V. *Projeto ou atividade demanda mais tempo e recursos*

Nesta questão, foram feitas referências à prestação de conta (*Empresa de economia mista*) e aos serviços de secretaria dos CBHs, que demandam muito tempo e recursos (*Autarquia de regime especial*). Também foram citadas ações que representam 75% do Plano Plurianual de Aplicações (PPA), como o combate às perdas hídricas, coleta, afastamento e tratamento de esgoto, sistemas de informações e recuperação, conservação e proteção de mananciais (*Fundação de direito privado*); processos de planejamento da bacia, monitoramento de águas superficiais e subterrânea, e cadastramento de usuários e análise de balanço hídrico por bacia como subsídio à outorga (*Agência estadual – Autarquia*).

A *Associação civil* explicou que não existe esta relação de proporcionalidade. Nem sempre um projeto que demanda mais tempo é o que tem maior investimento. Ela exemplifica que uma obra de recuperação hidroambiental tem investimento mais alto e demanda menor tempo na execução.

VI. *Contratação de gerenciadoras e porcentagem em relação a equipe própria*

O gerenciamento de projetos (fiscalização da execução) pode ocorrer por duas modalidades: gerenciamento por terceiros e gerenciamento interno pela própria equipe (KPMG, 2018). Nos modelos em que há contratação de empresas gerenciadoras, foi citado que isto representa cerca de 55% do quadro de colaboradores da Agência, para a *Fundação de direito privado*, e 80%, para a *Empresa de economia mista*. Esta última ainda explicou que para cada comitê foi contratado 1 técnico, 2 administrativos e 2 estagiários. Ainda pelos comitês estão agregados 1 coordenador técnico, 1 administrativo, 1 secretaria executiva e estrutura própria de 2 colaboradores administrativos.

A *Associação civil* informou que adota o modelo de contratação de gerenciadora desde 2011, explicando que as

empresas gerenciadoras são contratadas por demanda de projetos, que são definidos a partir de chamamentos públicos por demanda induzida ou espontânea. A gerenciadora é contratada para apoiar as atividades da equipe própria e não para substituir ou exercer as atividades de responsabilidade da entidade. Inclusive, os profissionais da gerenciadora são fiscalizados pela equipe da Agência.

Não há contrato com gerenciadoras para os seguintes modelos entrevistados: *Agência estadual – Autarquia* e *Autarquia de regime especial*.

#### VII. *Questões referentes à atividade fim e meio e aos serviços de gestão*

O enquadramento das despesas em finalísticas (atividade fim) e administrativas (atividade meio) é detalhado no art. 1º da Resolução ANA nº 2018 de 15 de dezembro de 2014. Essa mesma resolução também traz limites para remunerações de dirigentes e empregados das EDs.

Nessa questão, a *Associação civil* ressalta que as atividades da área meio são administrativa, financeira e jurídica para o apoio ao desenvolvimento das atividades finalísticas. As atividades finalísticas são da área técnica e secretaria executiva de apoio ao funcionamento dos comitês.

Quanto aos serviços de gestão realizados, a *Associação civil* citou os serviços de secretaria executiva dos comitês: planejamento, organização e mobilização para reuniões e eventos dos comitês; os serviços de comunicação para o fortalecimento institucional do comitê e divulgação das ações desenvolvidas na bacia; e desenvolvimento, contratação e execução de projetos visando à implementação do Plano da Bacia.

#### VIII. *Recomendações na temática*

Principalmente, foi pontuado que uma equipe bem formada e bem treinada nos processos administrativos é muito

aconselhável. Os recursos da cobrança devem ser aplicados em poucos projetos estruturantes, evitando-se a pulverização dos recursos em projetos pequenos que exijam esforço de execução similar ao de um grande projeto (*Autarquia de regime especial*).

## **Especialistas em Gestão de Recursos Hídricos**

Esta etapa de entrevista com especialistas na temática resultou nos tópicos sintetizados a seguir. Os respondentes são citados com uma referência numérica.

### *I. Complexidade da Gestão*

Quanto ao questionamento do que torna a gestão mais complexa, as respostas foram: o conflito pelo uso da água futuro/atual - real ou potencial, o arranjo político-institucional, as bacias compartilhadas, e a capacidade econômica financeira. Foi citado o exemplo de diferenças entre as bacias Paraíba do Sul e São Francisco (entrevistado 1). O entrevistado 6 considerou que o sistema por si só é caro, pois demanda muitas reuniões e câmaras técnicas.

Outro entrevistado destacou que a gestão é complexa e cara, pois são realizados: coleta de informação, desenvolvimento e aplicação matemática, análise econômica (entrevistado 4). O mesmo entrevistado, comparando as agências francesas às brasileiras, disse que uma só agência francesa tem mais pessoal (equipe) que todas as brasileiras juntas. Esclareceu, ainda, que demora tempo para entrar em consenso. Já o entrevistado 2 ressaltou a dificuldade de conseguir trabalhar em outra escala (tanto geográfica como institucional) e solidariedade financeira. Além disso, o uso do dinheiro público foi citado entre os fatores de complexidade (entrevistados 2 e 5).

Nessa mesma linha, segue trecho referente ao entrevistado 3:



A falta de foco para atingir os objetivos se torna onerosa pois a conta negativa da falta de gestão dos recursos hídricos e a “fatura” sempre chega junto com eventos extremos (secas/inundações) em ciclos que se repetem. Não aprender com os erros do passado, nos empobrece. E não podemos dizer que é falta de conhecimento. Cada vez temos mais acesso à informação e conhecimento. Temos que aprender a aplicá-los, transformarmos em políticas públicas efetivas, envolver mais as pessoas a pensar e agir no seu entorno, nosso caso, bacia. Reconhecer esta unidade de gestão e falar menos e agir mais para que esta conta não fique cada vez mais onerosa (Entrevistado 3).

Em nível federal, as entrevistas mostram que há muitos comitês com a mesma área e com decisões diferentes, envolvendo diferentes órgãos gestores. E também as agências com muitas demandas, incluindo-se a pulverização de projeto como fator para complexidade e aumento de custos da gestão (entrevistado 6). Na hora em que o legislador optou por gestão descentralizada trouxe muita complexidade. O desnivelamento educacional dos atores para tomar decisões. Por exemplo, o segmento usuário tende a ser mais organizado, mais qualificado (capital humano), já o poder público e a sociedade civil são mais difusos. Associa-se o custo alto, por ser gestão descentralizada e participativa (entrevistado 7).

## II. *Atribuições preponderantes de uma Agência de Água*

Do ponto de vista de um entrevistado, foi citado:

Dar suporte técnico aos comitês, captar recursos, contratar projetos, serviços e obras relacionadas ao plano da bacia, ter indicadores de efetividade das ações para que sua função seja percebida pelos atores da bacia, e trabalhar com ética e transparência para garantia de confiabilidade e continuidade de captação de

recursos para fins comuns que visem a segurança hídrica da bacia (entrevistado 3).

Outro entrevistado reforçou que “o comitê tem a representação e é preciso ser subsidiado por estudos técnicos. Entretanto os 7,5% não alcançam toda estrutura, gerando assim terceirização, que não é muito eficaz” (entrevistado 4).

### *III. Modelo organizacional de agência sugerido pelos entrevistados*

Quanto ao modelo que sugeriram, nota-se que no Brasil temos várias experiências, cada um tem suas vantagens e dificuldades. Desta forma, foi apontado que o gargalo maior é que o dinheiro da cobrança seja aplicado como dinheiro público. Para conseguir fazer gestão apesar de o dinheiro ser público, tem que ser uma instituição muito forte, com pessoas muito capacitadas (entrevistado 2). Dentre as dificuldades do modelo de entidade delegatária, foi citada: “Não tem poder de comando-controle e não tem flexibilidade no setor privado. Mas, não existe espaço para Agência pública, só para bacias estratégicas” (entrevistado 1). Outro disse que “Deveria ter só um CBH/Agência atuando no mesmo território. A ED tem um papel importante para transição para órgão público. Para o futuro deveria ser criado uma Agência pública, mas com sustentabilidade financeira” (entrevistado 6).

Na sequência, segue trecho de outra entrevista:

A premissa ilusória que a diversidade do Brasil tenha só um modelo de Agência. Tem espaço para as ED (privadas) e Agência de Água (pública), principalmente em locais onde não há capacidade de pagamento. Mas vai depender de um modelo institucional e da capacidade de pagamento daquela região. O que compromete a sustentabilidade financeira é a própria ausência da noção de escala para se promover a gestão. Na França, não há Agência de Bacia, mas Agência de Região Hidrográfica. Deveria ser assim, por

agregação sucessiva, até verificar a vocação/perfil da região... (entrevistado 7).

O entrevistado 7 complementou que a fragmentação dificulta o ganho de escala e a implementação das ações. A desarticulação entre estado e governo federal encarecem o sistema e traz poucos resultados. No entanto, ele considera que há pequenos núcleos de poder dentro dos comitês satisfeitos, mesmo não tendo a possibilidade de implementar suas ações por falta de viabilidade financeira (entrevistado 7).

Outro entrevistado sugeriu o modelo que foi proposto para a Bacia Alto Iguaçu, onde cada setor dominaria uma instância. Nesse modelo, os usuários seriam os gestores, utilizando-se assim a inteligência específica de cada um (entrevistado 1). A experiência que o Paraná desenvolveu era um sistema em que usuários (que pagavam) formariam uma agência. Sendo assim, o recurso seria privado e não haveria a necessidade de cumprir-se a Lei das Licitações. A Agência realizaria Contratos de Gestão (CG) com os comitês. O modelo proposto não foi adiante por troca de governo estadual, que considerou uma “privatização de águas”. Esta alternativa da Bacia Alto Iguaçu avançou muito rápido, porém fracassou no final (entrevistado 4). O entrevistado 4 considerou que o modelo do Paraná é uma possível saída. Inclusive, complementou que vale a pena testar o modelo proposto no Comitê Pardo (RS), considerando-se o rateio de custos por projetos.

Como sugestão, o entrevistado 3 citou o modelo de uma organização jurídica de direito privado sem fins lucrativos. Dentre os benefícios/potenciais desse modelo: autonomia, desburocratização, transparência, proximidade com a bacia, baixo custo de operação, capacidade de parcerias locais para funcionamento e efetividade.

IV. *Contratação de gerenciadoras para gestão de projetos*

Essa possibilidade é vista de diferentes formas, como é apresentado no ponto de vista dos entrevistados. “O referencial está na ponta, não tem problema. Mas é necessário ter o controle, ter uma “massa crítica” permanente. A rotatividade alta não gera confiança” (entrevistado 1). O entrevistado 5 citou o exemplo da Educação Ambiental, que deveria ser contratada de dentro da bacia, pois assim o capital permanece na bacia.

O entrevistado 6 relatou que o início das atividades de gerenciadoras nas entidades delegatárias foi positivo, pois tirou a necessidade de contratar quadro próprio e permitiu contratar a gerenciadora conforme fosse variando a demanda que o comitê ia fazendo à entidade de apoio. Portanto, quando se aciona uma gerenciadora de projetos se direciona. Outro ponto positivo da gerenciadora é que essa contratação não é considerada parte do custeio (limitado a 7,5% do valor arrecadado com cobrança pelo uso da água bruta) pela ANA, aliviando o custo operacional da agência, que antes ficava dentro da estrutura. Essa contratação é financiada dentro dos 92,5% remanescentes, porque o limite de 7,5% (limite para custeio administrativo) não é alto, mal conduz para preencher o quadro de direção de uma agência, porque é preciso ter pessoas com uma bagagem profissional grande para realizar projetos e a responsabilidade de utilizar dinheiro público. Considerando-se só o salário da diretoria, já é consumido grande parte do recurso (7,5%). Desta forma, aumentaria o desembolso ao aumentar a mão de obra destinada à execução dos projetos. O entrevistado ressalta a contratação de gerenciadoras não só para a parte técnica, mas para a financeira também (entrevistado 6).

Diferentemente do último entrevistado, este outro pontua a questão da escala. Se tem um comitê de pequeno porte com baixa arrecadação, é provavelmente inviável economicamente. Portanto, sem escala, se justificaria a contratação de gerenciadoras, seria mais eficaz/eficiente, pois são usadas de

forma *ad hoc*, e não haveria um custo fixo para poder manter o pessoal. Mas por outro lado, se tem uma bacia com potencial de arrecadação muito bom, mesmo pequena, não se justifica essa contratação. O entrevistado cita o exemplo das bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ), que possuem um alto nível de especialização/expertise, e que nenhuma gerenciadora atenderia às suas exigências. Mas quando se vai para outras bacias, como a bacia São Francisco, exemplo oposto, não tem viabilidade para aquela escala. É tão grande e tem tantas demandas que há muita dificuldade de fazer seu gerenciamento. Eles têm uma agenda difusa com diversidade de assuntos, e provavelmente não terá equipe para atender todas as demandas, a exemplo de projetos hidroambientais que demandam diferentes especialistas, sendo saída contratar gerenciadoras (entrevistado 7).

#### V. *Recomendações dos entrevistados*

Por fim, seguem as principais sugestões realizadas por parte dos entrevistados referentes às temáticas dissertadas nesta pesquisa: nem toda a gestão se faz apenas com dinheiro, um exemplo sendo os consórcios (entrevistada 1); utilizar o apoio de universidades, abrir-se para outros setores, como saneamento (entrevistado 2); ter reunião do CBH só com pauta, assim, os custos de mobilização mudariam (entrevistado 5); evitar a pulverização de ações, pois mesmo na contratação de gerenciadora é necessário pessoal interno para acompanhar; tentar explicar aos comitês que há projetos que podem ser conduzidos pela equipe mínima própria (entrevistado 6); não criar um modelo único; necessidade de reconciliar, e o comitê focar em políticas predeterminadas (entrevistado 7).

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os modelos e as práticas de apoio aos comitês pesquisados retratam soluções positivas em prol de uma gestão de recursos

hídricos integrada e eficiente. Todavia, gestores de entidades citam limitações como falta de sustentabilidade financeira, responsabilidade dos entes e diferentes legislações estaduais.

Sob a perspectiva dos especialistas na temática, as principais dificuldades apontadas foram o arranjo político-institucional, a capacidade econômica financeira, a escala, o uso de recurso público e a existência de conflitos. Ainda, citaram-se a falta de foco, o desnivelamento educacional dos atores e a fragmentação da gestão. Essas dificuldades de implementação da política de recursos hídricos corroboram aspectos apresentados em OCDE (2015), principalmente a necessidade de fortalecer a capacidade técnica e financeira das instituições e a implementação plena da cobrança pelo uso da água.

Quando se trata de modelos jurídicos, os entrevistados mencionam que a escolha depende do modelo institucional e da capacidade de pagamento da bacia. As opções sugeridas foram consórcio, organização de direito privado e agência pública para bacia estratégica. A indagação sobre tratar-se de organismo público ou entidade privada e a escala a ser adotada refletiu que não há um arranjo único, mas um mosaico de modelos de Agências de Água e entidades, de acordo com as particularidades de escalas regionais.

Para fins de aplicação dos instrumentos de gestão e atuação de comitês/agências, deve ser considerado o território que transpassa os limites políticos estaduais e federais (ANA, 2019b). Esta diferente dominialidade é um fator de complexidade pontuado nas entrevistas, que citam também o uso do dinheiro público e as diferentes demandas dos comitês. Neste sentido, a OCDE (2015) indica que no arcabouço institucional é necessário que o estado seja um “integrador” e que a descentralização da governança da água seja orientada pela subsidiariedade e solidariedade.

Em suma, como soluções para arranjos de apoio aos comitês, pontuaram-se: evitar a pulverização de ações, ter equipe bem treinada, constituir uma instituição forte, ter pessoas capacitadas, reunião do comitê só com pauta, utilizar o apoio de universidades e focar em políticas predeterminadas. O custeio das entidades é visto como uma lacuna que contribui para limitar a capacidade de gestão, impedindo a utilização dos demais recursos já existentes. A sugestão neste sentido foi realizar ações com gerenciamento de projetos por terceiros. Porém, perceberam-se indagações sobre a contratação de gerenciadoras quanto ao capital intelectual/humano permanente nas entidades e a terceirização de serviços de gestão.

Outro ponto conjecturado foi a divisão de custos em atividades meio e finalísticas. Deve-se considerar neste quesito a recomendação em Marques *et al.* (2018) de reclassificar e reorganizar essas despesas, pois este fator interfere nos custos da entidade e na definição de projetos e ações pelos comitês. Todavia, evitar a pulverização de projetos, como ressaltado nas entrevistas e corroborado em Silva & Amorim (2019), que afirmam que entre os fatores que prejudicam a sustentabilidade das entidades e dos comitês, quando desprovidos de uma ação coordenada, está a fragmentação territorial e pulverização dos recursos em águas de distintos domínios.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Pessoal Nível Superior – CAPES – Código de Financiamento 001. Agradecemos ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N.º. 2717/2015, pelo apoio técnico-científico aportado até o momento.

## REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas. Agência de Água – o que é, o que faz e como funciona. Brasília. 100 p. **Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos**, v.4. 2014a. ISBN: 978-85-89629-95-9

ANA. Cobrança pelo uso de recursos hídricos. Brasília, 80 p. il. **Capacitação em Gestão de Recursos Hídricos**; v.7. ISBN: 978-85-89629-97-3. 2014b.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017: relatório pleno**. Brasília: ANA, 169 p., 2017.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Cobrança pelo uso dos recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2019a. 80p. Disponível em: <[https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/ana\\_encarte\\_cobranca\\_conjuntura2019.pdf](https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/ana_encarte_cobranca_conjuntura2019.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2021.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. 2019: informe anual / Agência Nacional de Águas**. Brasília: ANA. 2019b. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Agências de água**. 2020. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/agencias-de-agua/agencias-de-agua>>. Acesso em: 05 out. 2020.

BANCO MUNDIAL. VOLUME II - Tema 1: **Modelo de Gestão face às Realidades Hidroclimáticas**. Brasília.131p. ISBN: 978-85-88192-43-0. 2018. Disponível em: <<http://documents1.worldbank.org/curated/en/689521578422937287/pdf/Tema-1-Modelo-de-Gestao-face-as-Realidades-Hidroclimaticas.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2019.



BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997.** 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm)>. Acesso em: 18 fev. 2020.

BRASIL. **Lei nº 10.881, de 9 de junho de 2004.** 2004. Dispõe sobre os contratos de gestão entre a Agência Nacional de Águas e entidades delegatárias das funções de Agências de Águas relativas à gestão de recursos hídricos de domínio da União e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.881.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.881.htm)>. Acesso em: 30 mar. 2020.

COGERH. **Companhia de Gestão de Recursos Hídricos: Histórico.** 2020. Disponível em: <<https://portal.cogerh.com.br/historico/>>. Acesso em: 11 jul. 2020.

CONSTANTE, V. T.; ZANATTA, T.; SEIBT, C. R. **Avaliação dos modelos institucionais de apoio aos comitês de bacia: um olhar sobre as agências de água, entidades delegatárias e entidades executivas.** 2019. In: XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS, 2019. Anais [...]. Foz do Iguaçu. (ISSN 2318-0358).

COSTA A. C. et al. **Aplicação dos Recursos da Cobrança pela Entidade Delegatária: O Caso da Bacia do Rio Paraíba do Sul.** In: III SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL, 2018. Anais [...]. Juiz de Fora - MG. p. 1-09.

GRANZIERA, M. L. M. **Estudo de alternativas para o modelo jurídico-institucional da Agência da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco.** 2007. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/Agencias/Textos/PRODUTO4-AGENCIASF-FINAL.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2020.

KPMG. **Desenvolvimento de Metodologia para Estimar o Custeio Administrativo de Entidades Delegatárias de Funções de Agência de Água.** 2018. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/gestao-da-agua/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/agencias-de>>

agua/documentos-relacionados-agencias-de-agua>. Acesso: 12 mar. 2020.

LAIGNEAU, P. A. **Tristes Águas Francesas: olhar a história das agências e comitês na França desde os trópicos**. 2014. Tese de Doutorado em Antropologia Social – UFRGS, 336p. Porto Alegre – RS.

MARQUES, G. F.; FREITAS, P.; MOLEJON, C.; FORMIGA-JOHNSON, R. M. **Diálogos para o aperfeiçoamento da Política e do Sistema de Recursos Hídricos no Brasil**. v. V – Tema 4: Sustentabilidade Financeira. Brasília: BANCO MUNDIAL, 151 p., 2018. Disponível em: <<http://documents1.worldbank.org/curated/en/831541578425644105/pdf/Tema-4-Sustentabilidade-Financeira.pdf>>. Acesso em: 04 de ago. 2020.

NAÇÕES UNIDAS. **Conheça os 17 objetivos do desenvolvimento sustentável da ONU**. 25 de set. 2015. Disponível em:< <https://nacoesunidas.org/pos2015>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

OCDE - ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Governança dos Recursos Hídricos no Brasil**. Paris: OECD Publishing, 2015. Disponível em: <[https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ocde\\_governanca\\_dos\\_recursos\\_hidricos\\_no\\_brasil\\_2015.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ocde_governanca_dos_recursos_hidricos_no_brasil_2015.pdf)>. Acesso em: 18 ago. 2020.

PAVÃO, W. S. et al. **O Contrato de Gestão com Entidades Delegatárias no Estado do Rio de Janeiro: Um Instrumento de Fortalecimento da Gestão Participativa dos Recursos Hídricos**. In: XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS, 2013. Anais [...]. Bento Gonçalves - RS. p. 1-08.

SILVA, O. F.; AMORIM, M. A. **Implementação da Política de Recursos Hídricos em Comitês De Bacias Hidrográficas Interestaduais – O Papel Político e a Sustentabilidade Financeira**. 2019. In: XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS, 2019. Anais [...]. Foz do Iguaçu. (ISSN 2318-0358).

SOALHEIRO E ROMANO, L.; FORMIGA-JOHNSON, R. M.; SILVA FILHO, C. C.; HERMS, F. W. OLIVEIRA, J. N. (Org.). **Base legal para o contrato de gestão das águas (1991-2017)**. São Carlos: RiMa Editora, 2018.

## **APÊNDICE A**

### **Principais questões abordadas nas entrevistas e questionários**

#### **Questões para os gestores das Agências de Bacia e entidades equiparadas**

1. Dentre as atribuições da agência ou entidade, quais fatores ou elementos que mais contribuem para tornar a gestão mais cara, mais complexa?
2. Qual é vosso modelo organizacional?
3. Quais principais limitações do modelo para a gestão de recursos hídricos?
4. Quais principais vantagens do modelo existente?
5. Além dos recursos da cobrança, quais as fontes do custeio administrativo?
6. Qual projeto ou atividade demanda mais tempo e recursos?
7. Existe contratação de gerenciadoras? Qual porcentagem em relação a equipe própria?
8. Como é realizado a segregação em atividades meio e fim?
9. Quais as ações em escalas de bacia hidrográfica e de região?
10. Quais serviços de gestão são realizados?
11. Recomendações dos gestores para a temática (opcional)

#### **Questões para Especialistas em Gestão de Recursos Hídricos**

1. O que torna a gestão mais cara, mais complexa do seu ponto de vista?
2. Quais as atribuições preponderantes de uma agência de água?
3. Qual é o modelo organizacional sugerido?
4. Quais dificuldades/limitações e benefícios/potenciais do modelo para a gestão de recursos hídricos?
5. Posicionamento quanto ao gerenciamento de projetos.
6. Recomendações dos entrevistados (opcional)

**APÊNDICE B****Quadro 1.** Modelos de Entidade de Apoio Executivo e Técnico aos Comitê de Bacia

Experiências de entidades de apoio aos comitês		Unidades de gestão/ano criação	Modelo jurídico	Observações
União	ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico	Brasil 2000	Autarquia sob regime especial	Órgão Gestor Nacional - bacias de domínio da União
Estadual	COGERH - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos	Ceará 1993	Sociedade de economia mista	8 (oito) Gerências Regionais - 654 colaboradores
	AGERH - Agência Estadual de Recursos Hídricos	Espírito Santo 2013	Autarquia personalidade jurídica de direito público	Autonomia administrativa e financeira
	IAT - Instituto Água e Terra	Paraná 2009 (Instituto das Águas do Paraná)	Órgão executivo gestor do Sistema. Concessão de outorgas, SI, Planos e Secretaria executiva	Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Paraná
DF	ADASA - Coordenação de Agência de Bacias Hidrográficas (CABH)	Distrito Federal 2004 (Estado e Município)	Agência reguladora e fiscalizadora do ciclo completo do uso da água (água e saneamento)	Atuação em usos da água, distribuição de gás canalizado, petróleo.
Bacias	AGEVAP - Agência da Bacia do Rio Paraíba do Sul	CEIVAP 2002	Associação de direito privado	10 Unidades Descentralizadas (UDs) 73 colaboradores

				Escola de Projetos
	Instituto BioAtlântica	Bacia do Rio Doce 2002	Associação civil sem fins lucrativos	22 colaboradores
	Agência Peixe Vivo	Comitê Federal da B. H. do Rio São Francisco 2006	Associação civil	CBH estadual (2) e Federal (2) 19 colaboradores
	Agência das Bacias PCJ	Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2009	Fundação de direito privado	Gerenciadoras 47 colaboradores
Bacias estaduais	ECOPEF Santa Catarina	CBH do Rio das Antas – Peperiguaçu, do Rio Chapecó – Irani, Rio Jacutinga e Contíguos e Rio do Peixe 2007	Entidade Executiva OSCIP – Em 2018 firmou Termo de Colaboração para prestação de serviços de suporte aos comitês	Funções: secretaria executiva, comunicação social e capacitação. Atua também em UC e outros projetos.
	AGEPARDO - Associação Pró-Gestão das Águas	Bacia Hidrográfica do Rio Pardo 2020	Direito Privado; Sem cobrança na bacia	Contratar serviços e realizar convênios; Mobilização social

## CAPÍTULO 2

# O QUE FOI FEITO PARA DESPOLUIR A BAÍA DE GUANABARA? UMA RETROSPECTIVA HISTÓRICA

**Pomy Yara Romancini Meirelles<sup>3</sup>**

### INTRODUÇÃO

Especula-se que milhões de dólares foram investidos no saneamento ambiental da Baía de Guanabara, no entanto os resultados são questionados por muitos críticos e estudiosos do tema. Qual o montante investido na despoluição dos corpos d'água ao longo dos anos? Quais os objetivos específicos dos projetos executados? Quais foram os impactos positivos? E mais: houve impactos positivos após a execução dos projetos? Essas e outras perguntas norteiam a elaboração deste artigo.

Não se pretende aqui apresentar ao leitor uma crítica ao modelo adotado para a despoluição dos recursos hídricos. Para tal análise, faz-se necessária a utilização de conceitos de alta complexidade das ciências econômicas, da economia política e da geopolítica, dentre outras áreas, pois, como é sabido, as execuções de grandes obras de infraestrutura a partir de empréstimos internacionais nos países da América Latina tinham em si outros interesses que não apenas sua realização.

O objetivo é apresentar uma análise descritiva dos dois principais investimentos em esgotamento sanitário na bacia hidrográfica da Baía de Guanabara ao longo dos últimos 30 anos e

---

<sup>3</sup> Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro. [pomyyara@gmail.com](mailto:pomyyara@gmail.com)

o impacto desses investimentos nos índices de saneamento, especificamente nos esgotos sanitários. Muito se especula sobre o que realmente foi executado. As informações, até o presente, estavam espalhadas pelos gabinetes dos órgãos responsáveis por suas execuções, e não era possível encontrar em um só documento as informações sobre os detalhes de cada ação, seus objetivos, o que foi alcançado e o valor alocado para cada uma dessas ações.

Para que se tenha uma visão mais ampla desse tema, primeiramente apresentam-se os principais projetos e programas desenvolvidos para melhoria da qualidade dos recursos hídricos na bacia hidrográfica da Baía de Guanabara desde o início da segunda metade do século XX. A análise aprofunda-se nos principais programas desenvolvidos nos últimos 30 anos, ou seja, o Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG) e o Programa de Saneamento dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara (PSAM).

O foco da análise do PDBG recai sobre as ações relativas à coleta e ao tratamento de esgotos. Apresentam-se ao leitor dados relevantes sobre o aspecto financeiro do programa. Com informações sobre o orçamento inicial previsto para as obras e o orçamento realmente executado, o artigo apresenta um panorama do que foi entregue em 2015, data oficial de encerramento do programa. Já quanto ao segundo projeto analisado, o PSAM, são analisadas as ações na área de saneamento, com foco naquelas realizadas diretamente em esgotos sanitários, comparando-se o que foi previsto com o que foi realizado. No final, apresenta-se um panorama geral do aspecto financeiro do programa.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A delimitação temporal de análise engloba os investimentos aplicados em despoluição dos recursos hídricos da bacia hidrográfica da baía de Guanabara nos últimos 30 anos, e por



consequência os principais investimentos analisados são: 1- PDBG (programa de despoluição da Baía de Guanabara) e 2 - PSAM (Programa de Saneamento Ambiental dos municípios do entorno da Baía de Guanabara).

1 - PDBG: foram realizadas buscas referente aos relatórios, contratos, extratos do Banco Interamericano de Desenvolvimento e demais documentos oficiais relacionados ao PDBG, e como resultado obtiveram-se os seguintes documentos: relatório base do programa de despoluição da baía de Guanabara – primeira etapa (BR – 0072/1993); cooperação técnica: programa de saneamento básico da Baía de Guanabara (empréstimo 782/OC-BR & 916/SF-BR – 2006); relatório de auditoria operacional no programa de Despoluição da Baía de Guanabara – 2006; extrato das licitações internacionais. Em seguida foram planilhados, cronologicamente, as ações previstas e o valor para cada uma delas.

2 - PSAM: foram analisados os documentos disponibilizados pelo banco Interamericano de Desenvolvimentos – BID relacionados a seguir: contrato de empréstimo n.º 2646/OC – BR entre o Estado do Rio de Janeiro e o Banco Interamericano de Desenvolvimento, partes I, II, III, IV, V e VI, de 2012; planos de aquisições de 2011, 2012, 2013, 2014 e 2015; relatórios de monitoramentos de progresso de 2011, 2012, 2013 e 2014; proposta de préstamo – Programa de Saneamento Ambiental de Los Municipios Del Entorno de La Bahía de Guanabara (PSAM) 2011; Informe de Gestión Ambiental y Social, 2011; Perfil de Proyecto; Relatório de auditorias 2014 e 2015; Cooperação Técnica para fortalecimento da Governança e da Gestão da Baía de Guanabara – Relatório final, 2017. Em seguida apresenta-se um panorama do que foi previsto e o que realmente foi executado.

## **OS PRINCIPAIS INVESTIMENTOS PARA MELHORIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA**

Seguindo a tendência nacional de adquirir empréstimos internacionais para obras de infraestrutura em geral, os principais investimentos em esgotamentos sanitários na bacia hidrográfica da Baía de Guanabara tiveram como principal fonte de financiamento empréstimos internacionais fornecidos pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Para esse fim, o primeiro empréstimo é datado de 1962. Os principais objetivos dos empréstimos eram a ampliação da infraestrutura de saneamento básico na bacia e, por consequência, a melhoria na qualidade dos corpos d'água e na qualidade de vida da população.

O Quadro 1 apresenta os valores acumulados dos investimentos por ano de aquisição, considerando-se os quatro componentes: esgotamento sanitário, resíduos sólidos, drenagem urbana e fortalecimento institucional. Não foram registrados grandes empréstimos nas décadas de 1970 e 1980, período que justamente registrou o maior crescimento populacional em toda a história da bacia hidrográfica.

**Quadro 1.** Investimento em recursos hídricos na bacia hidrográfica ao longo das décadas

<b>Ano</b>	<b>Investimentos em dólares</b>
1962	22.473.000,00
1970	0,00
1980	0,00
1989	120.000.000,00
1990	84.000.000,00
1992	1.169.000.000,00
2012	452.167.570,00
<b>Total</b>	<b>1.847.640.570,00</b>

**Fonte:** Elaborado pela autora.

Constata-se que, ao longo de cinco décadas, investiram-se recursos significativos no saneamento dos rios drenantes à Baía de Guanabara, que, porém, não foram suficientes para atender à

demanda da população, que cresceu vertiginosamente. Na década de 1970, 73,7% do incremento populacional provinha da imigração de outras regiões para o Rio de Janeiro. Calcula-se que 1,5 milhão de pessoas dirigiram-se para a região em 1970 (AMADOR, 2013).

Os empréstimos internacionais exigiam contrapartida nacional, ou seja, os valores estariam disponíveis desde que o governo local dispusesse de uma quantia para complementar o empréstimo. No Quadro 2, encontram-se informações mais detalhadas sobre os valores dos empréstimos e o valor da contrapartida nacional.

**Quadro 2.** Fontes de investimentos em recursos hídricos na bacia hidrográfica

<b>Fontes (em dólares)</b>				
<b>Ano</b>	<b>Projeto</b>	<b>Empréstimo Internacional</b>	<b>Contrapartida Nacional</b>	<b>Outras fontes</b>
1962	Melhorias no sistema de coleta e tratamento de esgotos do Estado da Guanabara	11.000.000,00	11.000.000,00	-
1989	Programa Reconstrução Rio	60.000.000,00	60.000.000,00	-
1990	Programa Ambiente Rio	42.000.000,00	42.000.000,00	-
1992	Programa de Despoluição da Baía de Guanabara - PDBG	350.000.000,00	443.000.000,00	294.200.000,00*
2012	Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara – PSAM	451.980.000,00	187.570,00	-
	<b>Total</b>	<b>914.980.000,00</b>	<b>638.460.570</b>	<b>294.200.000,00</b>

\*Cofinanciamento de um banco japonês.

**Fonte:** Elaborado pela autora.

Apresentam-se, em linhas gerais, os principais objetivos dos projetos mencionados no Quadro 2 em ordem cronológica. Percebe-se que os projetos não possuem uma ligação uns com os outros, obviamente todos possuem um objetivo comum, que é o saneamento da bacia hidrográfica, mas não existe um plano macro direcionando suas ações. É como se cada um desses projetos se iniciasse do ponto zero. Abaixo, as informações consideradas pertinentes foram elencadas (COELHO, 2007).

- a) 1962 – Empréstimo internacional para a ampliação de obras para abastecimento, coleta e tratamento de água e esgoto: construção de novas redes de esgotos sanitários nas bacias dos rios Faria-Timbó, Irajá, Ilha do Governador (incluindo estações elevatórias e de tratamento), Jacarepaguá e Pedra de Guaratiba, num total de 700 km de coletores; reforma das instalações prediais e de suas ligações à rede pública, utilizando-se concorrência pública para grandes números de instalações compulsórias; interceptor oceânico da Zona Sul para transportar por gravidade todos os esgotos da zona litorânea, desde o centro da cidade (rua Santa Luzia) até o Arpoador.
- b) 1989 – Programa Reconstrução Rio: correção das consequências calamitosas do verão de 1988, no qual choveu, em 24 h, 230 milímetros; desenvolvimento da drenagem urbana; esgotamento sanitário; remoção de resíduos sólidos e reflorestamento.
- c) 1990 – Programa Ambiente Rio: ampliação do sistema Guandu em 7m<sup>3</sup>/s e ampliação da rede sanitária de São Gonçalo.
- d) 1992 – Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG): despoluição da Baía de Guanabara; recuperação da Baía de Guanabara e programas ambientais complementares.

- e) 2003 – Ampliação do abastecimento e coleta e tratamento de esgotos do município de Niterói. Empréstimo do BNDES para a empresa Águas de Niterói: ampliação do sistema de abastecimento de água e ampliação do sistema de coleta e tratamento de esgotos.
- f) 2012 – Programa de saneamento ambiental dos municípios do entorno da Baía de Guanabara (PSAM): obras e equipamentos para coleta e tratamento de esgotos; melhoria operacional e desenvolvimento institucional e sustentabilidade das políticas públicas municipais de saneamento.

As ações surgem em decorrência das necessidades e das urgências que vão emergindo no cotidiano da região que engloba a metrópole. Não existe um planejamento global para a execução das obras: elas vão ocorrendo de acordo com as exigências que se impõem, ora por catástrofe, ora por forte grau de poluição dos corpos d'água e degradação da vida humana, e que afetam com maior frequência as regiões periféricas.

A seguir, apresentam-se detalhadamente o Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG) e o Programa de Saneamento dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara (PSAM).

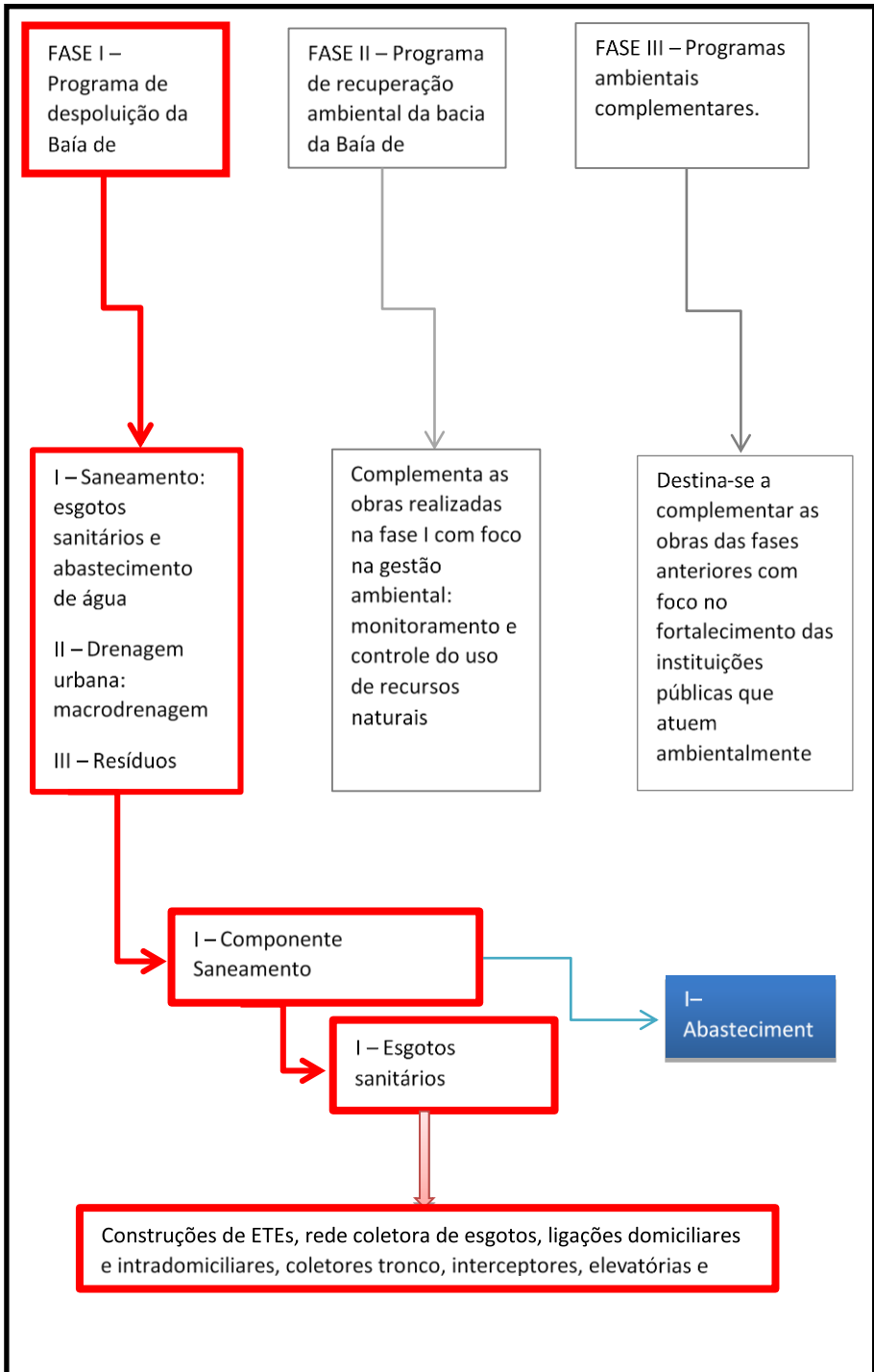
### **Programa de despoluição da Baía de Guanabara (PDBG)**

O PDBG foi pensado como a grande solução para os problemas da Baía de Guanabara por meio do saneamento dos corpos d'água que deságuam nela. No início da década de 1980, foi apresentado à sociedade. Considerado um projeto amplo e complexo, utilizando recursos financeiros avultados, previa a realização de obras de grande porte, que incluíam: a construção das estações de tratamento de esgoto de Alegria, Vigário Geral, Sarapuí, Niterói e São Gonçalo, todas contando com tratamento

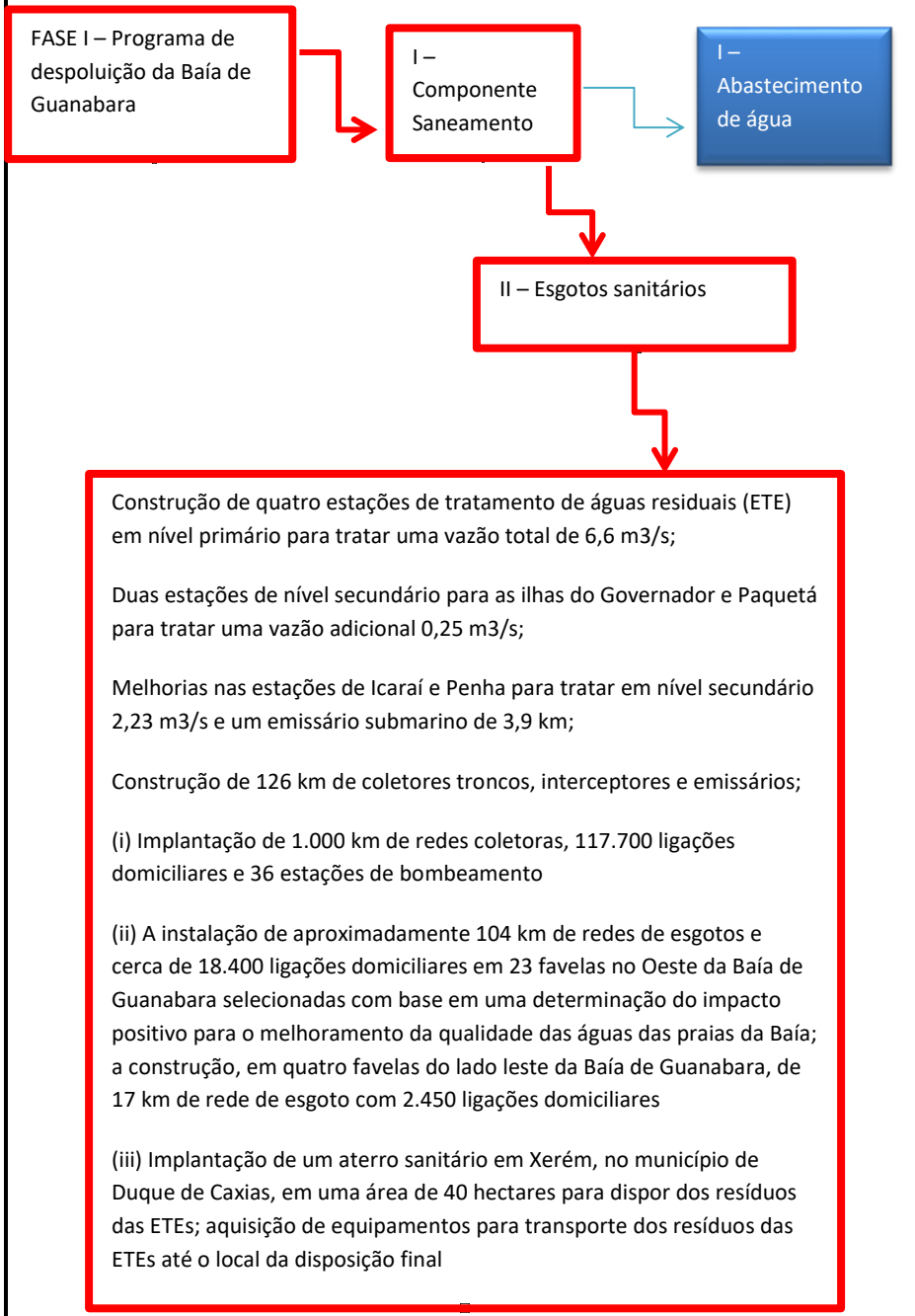
secundário de esgotos; a desativação dos aterros sanitários da orla da Baía de Guanabara; a implantação da estação depuradora de águas de lavagem de porões de navios; melhorias gerais das docas; um programa permanente para controle de erosão e enchentes na Serra dos Órgãos e na Baixada Fluminense e continuação dos aterros do Projeto Rio, além de dragagens e correções do assoreamento em focos localizados (AMADOR, 2013). Porém, na assinatura do contrato de empréstimo, em 1992, o escopo do projeto foi amplamente alterado.

O PDBG foi iniciado oficialmente em 1992, envolvendo uma cooperação técnica entre a agência de cooperação técnica do Japão e o BID. Não é possível, contudo, precisar quando o PDBG se encerrou, pois, mesmo após a emissão do relatório final do BID em 2006, algumas obras continuaram sendo executadas. Em 1992 o programa previa três grandes ações, conforme resumido no Quadro 1, e foi dividido em três fases macro com as respectivas ações: Fase 1 – programa de despoluição da Baía de Guanabara; Fase 2 – programa de recuperação ambiental da bacia da Baía de Guanabara; Fase 3 – programas ambientais complementares.

Mesmo com a alteração em 1992, o PDBG foi um projeto robusto e complexo, contendo inúmeras ações para a despoluição da Baía de Guanabara – desde coleta e tratamento de esgotos até mapeamento digital e fortalecimento das instituições. Neste artigo, o foco incide sobre as ações de esgotamento sanitário, consideradas pela autora como as mais concretas para mensurar e analisar os resultados, além de serem aquelas que produzem um resultado prático mais evidente na qualidade dos corpos d'água. A Figura 1 apresenta o resumo das ações previstas para a execução do PDBG e a Figura 2 apresenta os detalhes da Fase I (ação de esgotamento sanitário).



**Figura 1** – Desenho-síntese do PDBG



**Figura 2** – Detalhamento fase I componente I do PDBG



## A primeira fase do PDBG

Para melhor compreensão do que foi o PDBG, é importante demonstrar o tamanho da ambição do programa. Havia três objetivos principais para a execução do PDBG: a) limpar a Baía de Guanabara e a área adjacente a ela, ou seja, sanear todos os rios que nela deságuam e realizar investimento no tratamento e na disposição dos resíduos sólidos, além de realizar ações para diminuição da poluição industrial; b) melhorar a qualidade de vida dos habitantes da Baía de Guanabara por meio do fornecimento de água potável e da prevenção de inundações; c) fortalecer as instituições governamentais locais cujas atividades pudessem exercer impacto positivo sobre a baía.

A primeira fase do PDBG englobava ações previstas para o componente esgotos sanitários e foi o que demandou maior volume de recursos financeiros e o que previa maior impacto positivo sobre a baía. A seguir, o Quadro 3 apresenta com detalhes os objetivos previstos para essa fase.

**Quadro 3.** Ações e objetivos da Fase I

<b>Fase 1 do PDBG</b>	
<b>Ação</b>	<b>Objetivos previstos</b>
Coleta e tratamento de esgotos	i. aumento de domicílios ligados à rede de esgotos (de 35% para mais de 50%)
	ii. aumento do volume de esgotos tratados, de 14% para 51%
Abastecimento de água potável	i. abastecimento de água confiável a mais de um milhão de habitantes
	ii. aumento de redes e ligações de água a 15 favelas, beneficiando 52.500 habitantes
	iii. aumento de domicílios dotados de hidrômetros na área da bacia, de 25% para 70%

Coleta e disposição de resíduos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. coleta de lixo em áreas de difícil acesso</li> <li>ii. reabilitação de duas estações de transferência de resíduos sólidos</li> <li>iii. estações de reciclagem e incineração</li> <li>iv. fortalecimento institucional dos municípios na coleta e na disposição de lixo e na supervisão de empresas privadas</li> <li>v. aumento da coleta de lixo de 68% para 90%</li> </ul>
Drenagem de rio e canais	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. construção de diversas obras para prevenir as inundações e melhorar o transporte na região do rio Acari</li> <li>ii. aquisição de equipamento para a manutenção do canal do Cunha</li> <li>iii. atendimento de 150.00 pessoas que vivem em uma das áreas mais sujeitas a inundações da baía</li> </ul>
Programas ambientais complementares	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. controle da poluição industrial</li> <li>ii. controle das condições ambientais da baía</li> <li>iii. educação ambiental para a população da área</li> <li>iv. redução da descarga industrial na baía e fomento de programas de gestão e educação ambiental</li> </ul>
Mapeamento digital e desenvolvimento institucional de municípios	<ul style="list-style-type: none"> <li>i. modernização dos sistemas de informação dos municípios e melhorias na sua capacidade de planejamento</li> <li>ii. fornecimento de mapas digitais da área e treinamento no uso dessa informação</li> <li>iii. melhoria da capacidade de arrecadação de impostos</li> </ul>
<p>Total: US\$ 793 milhões, incluindo US\$ 294,2 milhões em cofinanciamento da agência Japonesa.</p>	

**Fonte:** Elaborado pela autora

**Fase I - Componente saneamento: esgotos sanitários**

A meta geral prevista para a ação de esgotos sanitários era o aumento do número de domicílios ligados à rede coletora de esgotos, de 35% para mais de 50%, e o aumento do volume de esgotos tratados que entravam na baía, de 14% para 51%. A fim de alcançá-la, os níveis de tratamento, as localizações e as dimensões das respectivas estações foram estabelecidos com base no impacto que exerceriam sobre a qualidade das águas, de acordo com um modelo matemático de 1979, atualizado com uma análise de custo/benefício máximo. As estações de tratamento, os coletores, as linhas-tronco e as conexões deveriam ser instalados em áreas de maior densidade demográfica e industrialização da baía, nas quais a qualidade da água se encontrava em estado de degradação severa (BID, 1993).

O componente saneamento previa a realização de cinco grandes obras na ação esgoto sanitário (Quadro 4), todas elas envolvendo a construção das estações de tratamento, a ampliação da rede coletora e a instalação de emissários submarinos e ligações domiciliares. Essas são as ações que envolveram maior quantidade de recursos financeiros de todo o projeto. Projetava-se então que as estações produziram 720 m<sup>3</sup> diários de lodos (com 55% de sólidos) e, para a correta destinação final, foram previstas a implantação de um aterro sanitário em Xerém, no município de Duque de Caxias, e a aquisição de equipamento para transporte desses rejeitos desde as estações de tratamento até o local de sua disposição final.

A Companhia de Água e Esgoto do Estado do Rio de Janeiro (CEDAE) foi o órgão responsável pela execução do componente saneamento, e estava sob sua responsabilidade executar as obras necessárias para coleta, transferência e tratamento dos efluentes líquidos (domésticos e industriais) e a disposição dos lodos produzidos nas estações de tratamento.

No Quadro 4, apresentam-se os valores previstos para a construção de cada estação e a população beneficiada. Pode-se

constatar que a estação de tratamento de esgoto Alegria foi aquela que recebeu o maior investimento e previa o maior impacto positivo: estimada em US\$ 69,8 milhões, impactaria 1.530.000 pessoas.

**Quadro 4.** Valores e população atendida por estação de tratamento

<b>Estação</b>	<b>População atendida</b>	<b>Valor previsto</b>
Alegria	1.530.000	US\$69,8 milhões
Estação Sarapuí	431.000	US\$13,4 milhões
Estação Pavuna	410.000	US\$17,7 milhões
Estação de São Gonçalo	234.000	Não declarado
Estação Icaraí – Melhorias	Não declarado	US\$3,6 milhões
Ampliação da estação da Ilha do Governador	197.000	Não encontrado
Estação da Ilha de Paquetá	12.500	Não encontrado
Melhorias na estação da Penha	576.000	US\$2,3 milhões

**Fonte:** BID, 1993.

### **Previsto versus executado PDBG**

É muito importante conhecer exatamente o que se pretendia com as obras do PDBG, os recursos envolvidos e os principais resultados esperados, porém mais importante ainda é saber se realmente esses objetivos foram alcançados. Para melhor compreensão do que foi realmente realizado, adotou-se a divisão das ações em construção de tratamento de esgotos (Quadro 5) e construção/ampliação de rede coletora de esgotos (Quadro 6).

**Quadro 5.** Previsto x realizado nas estações de tratamento de esgoto PDBG

<b>Previsto 1994</b>	<b>Entregue 2006</b>	<b>Utilizado 2016</b>
Construção de quatro estações de tratamento de águas residuais (ETEs) em nível primário para tratar uma vazão total de 6,6 m <sup>3</sup> /s.	Execução da ETE Alegria (5,0 m <sup>3</sup> /s)	2,2 m <sup>3</sup> /s
	ETE Sarapuú (1,5 m <sup>3</sup> /s).	0,45 m <sup>3</sup> /s
	ETE Pavuna (1,5 m <sup>3</sup> /s)	0,22 m <sup>3</sup> /s
	ETE São Gonçalo (0,765 m <sup>3</sup> /s) em nível secundário	0,18 m <sup>3</sup> /s
	Capacidade total de tratamento das estações instaladas: 8,8 m <sup>3</sup> /s	Capacidade de total utilizada: 3,05 m <sup>3</sup> /s
Duas estações de nível secundário para as ilhas do Governador e Paquetá para tratar uma vazão adicional 0,25 m <sup>3</sup> /s	Capacidade de tratamento secundária na ETE Ilha do Governador ampliada em 0,325 m <sup>3</sup> /s (de 0,2 m <sup>3</sup> /s para 0,525 m <sup>3</sup> /s) e implantado o sistema de secagem térmica	0,37 m <sup>3</sup> /s
	Executada a ETE Ilha de Paquetá (0,027 m <sup>3</sup> /s) e implantado emissário submarino com 2,5 km de extensão (300 mm)	0,027 m <sup>3</sup> /s
Melhorias nas estações de Icaraí e Penha para tratar a nível secundário 2,23 m <sup>3</sup> /s e um emissário submarino de 3,9 km	Executadas as melhorias na ETE Icaraí (1,1 m <sup>3</sup> /s), e implantado o emissário submarino com 3,9 km de extensão para lançamento do efluente final da ETE Icaraí	0,97 m <sup>3</sup> /s

**Fonte:** Elaborado pela autora.

Igualmente relevante é ressaltar que a capacidade total das estações instaladas em 2006 ficou acima do previsto no projeto inicial. No entanto, dez anos após o fim do programa, a capacidade utilizada das estações se encontra bem abaixo de sua capacidade instalada.

O previsto para a construção da rede coletora de esgotos não foi alcançado, conforme se observa no Quadro 6, porém, em 2006, quando foi apresentado o relatório final do BID, algumas obras ainda estavam em execução.

**Quadro 6.** Previsto x realizado em relação à rede coletora

<b>Previsto para 1994</b>	<b>Entregue em 2006</b>
Construção de 126 km de coletores troncos, interceptores e emissários	105 km foram executados
Implantação de 1.000 km de redes coletoras	603 km executados
117.700 ligações domiciliares	54.842 executadas
36 estações de bombeamento	21 executadas
Instalação de aproximadamente 104 km de redes de esgotos e cerca de 18.400 ligações domiciliares em 23 favelas no oeste da Baía de Guanabara selecionadas com base em uma determinação do impacto positivo para o melhoramento da qualidade das águas das praias da baía; construção de 17 km de rede de esgoto com 2.450 ligações domiciliares em quatro favelas do lado leste da Baía de Guanabara	Atendidas 32 favelas com a implantação de 74 km de redes coletoras e 14.000 ligações domiciliares de esgoto
Implantação de um aterro sanitário em Xerém, município de Duque de Caxias, em uma área de 40 hectares para dispor dos resíduos das ETEs	Com a impossibilidade de implantação de aterro exclusivo para lodo em Xerém, optou-se pela implantação de unidades de secagem térmica nas ETEs Alegria, Sarapuí, Pavuna, São Gonçalo, Penha e Ilha do Governador, e posterior disposição final no aterro de Gramacho, operado pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB)

**Fonte:** Elaborado pela autora.

## Aspectos financeiros PDBG

O orçamento inicial do programa era de US\$793 milhões, sendo US\$ 350 milhões de empréstimo do BID, US\$ 294,2 milhões de cofinanciamento da agência japonesa e US\$ 148,8 milhões de contrapartida nacional. No início do empréstimo, o valor da contribuição local era menor (Quadro 7).

**Quadro 7.** Resumo dos empréstimos para financiamento do PDBG

<b>Mutuário</b>	<b>Estado do Rio de Janeiro</b>
Fiador	Governo Federal
Órgão Executor:	CEDAE
BID – CO/FOE	US\$350 milhões
Cofinanciamento (OECF)	US\$ 294,2 milhões
Contribuição Local	US\$ 148,8 milhões
<b>Total</b>	<b>US\$ 793 milhões</b>

**Fonte:** BID, 1993.

De acordo com o relatório do Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro (TCE/RJ), publicado em agosto de 2006, o valor total executado pelo programa foi revisto para US\$1.169 bilhão, representando um aumento de 48% sobre o projeto inicial (BITTENCOURT, SILVA, et al., 2006). Conforme detalhado no Quadro 7, a contribuição do BID representou 44,1% do custo total previsto inicialmente, ou seja, mesmo com um aumento de 48% no valor final apurado pelo TCE/RJ, o montante desembolsado pelo BID não sofreu alteração. Esse valor manteve-se igual ao longo da execução do programa, entretanto foram assinadas sete prorrogações de prazo – a última se deu em 05 de maio de 2005. Quanto ao montante desembolsado pela agência japonesa (US\$ 294,2 milhões), o recurso também não sofreu alteração e financiou 100% das construções das estações de tratamento de esgoto, 100% das despesas com estudos, projetos e supervisão dessas construções e 35% do previsto para a implantação das redes coletoras de esgoto (BITTENCOURT, SILVA, et al., 2006).

Segundo o relatório dos auditores do TCE/RJ, os recursos da contribuição local, após as prorrogações, foram atualizados para US\$ 443 milhões e foram utilizados para cobrir 100% dos custos da categoria engenharia e administração, 51,4% dos custos sem destinação específica e 100% dos juros durante o período da execução (BITTENCOURT, SILVA, et al., 2006). A previsão inicial de desembolso local era de US\$ 148,8 milhões. Com os atrasos nas obras, e depois de sete prorrogações contratuais, o valor total de contribuição local passou a ser de US\$ 443 milhões – um acréscimo de US\$ 294,2 milhões.

Os termos e as condições estabelecidos para o atendimento ao contrato de empréstimo consistiram em uma prévia amortização em 25 anos e um período de desembolso de 5 anos (Quadro 8).

**Quadro 8.** Termos e condições dos empréstimos para financiamento do PDBG

	<b>Empréstimo CO</b>	<b>Empréstimo FOE</b>
Prazo de amortização	25 anos	25 anos
Período de desembolso	5 anos	5 anos
Taxa de juros	Variável	3%
Inspeção e supervisão de crédito	1%	1%
Comissão de crédito	0,75 % a.a.	-

**Fonte:** BID, 1993.

### **Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do entorno da Baía de Guanabara (PSAM)**

O PSAM foi inicialmente estruturado para dar continuidade às obras do PDBG utilizando fontes de financiamento do BID. O contrato foi assinado em 20 de março de 2012, tendo como órgão executor a Secretaria Estadual do Ambiente (SEA), que, por sua vez, criou a unidade executora do programa denominada UEPSAM, que é a responsável por sua administração e tem como objetivo o



desenvolvimento de tarefas de gerenciamento geral, controle, acompanhamento, fiscalização, supervisão e avaliação da execução do programa e administração do Contrato de Empréstimo n.º 2646/OC-BR.

A meta do PSAM consistiu na diminuição da degradação ambiental mediante o aumento da coleta e o tratamento de esgotos na zona urbana da Baía de Guanabara. Para tanto, foram previstas a construção e a ampliação de sistemas de coleta, transporte e tratamento de esgoto (BID, 2011). O programa foi estruturado em três componentes principais: Componente 1 – obras e aquisição de equipamentos para construção e ampliação da rede de esgotos; Componente 2 – melhoria operacional e desenvolvimento institucional; Componente 3 – sustentabilidade das políticas públicas municipais de saneamento.

### **Componente 1 - Obras e equipamentos para coleta e tratamento de esgoto**

Esse componente envolvia o sistema Cidade Nova e previa a construção de interceptores, coletores, estações de bombeamento e rede de esgotos, correspondendo a cerca de 33.000 novas conexões domiciliares, bem como a adequação da rede de esgoto interligada aos coletores já existentes (Tijuca e São Cristóvão), correspondendo a cerca de 26.000 novas conexões domiciliares e 93.000 conexões reabilitadas. Estava prevista no escopo do Componente 1 a instalação de interceptores, coletores, estações de bombeamento, estações de tratamento de esgoto (ETE) e rede de esgoto para o Sistema Alcântara, no município de São Gonçalo, e para os Sistemas Pavuna e Sarapuí, na região da Baixada Fluminense, atendendo a uma população de aproximadamente 1.000.000 de habitantes.

## **Componente 2 - Melhoria operacional e desenvolvimento institucional**

Esse componente pretendia auxiliar institucionalmente as ações voltadas ao saneamento dos municípios inseridos na bacia hidrográfica, apoiar o desenvolvimento do sistema de regulação dos serviços de saneamento no Estado do Rio de Janeiro e apoiar o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) para ampliar sua capacidade de gestão e monitoramento da qualidade das águas da Baía de Guanabara.

## **Componente 3 - Sustentabilidade das políticas públicas municipais de saneamento**

As ações desse componente envolviam: i) o apoio à preparação de planos municipais de saneamento no âmbito da implementação da política de saneamento básico, dotando-os de instrumentos de planejamento e gestão em ações de saneamento básico e ii) o apoio à modernização da gestão fiscal daqueles municípios, melhorando sua capacidade de captação de recursos para que pudessem desenvolver projetos de investimento complementar em saneamento.

O PSAM deu continuidade às ações do PDBG, que, por sua vez, concentrou esforços, principalmente, na construção de estações de tratamento de esgotos e emissários para lançamento dos efluentes. Todavia, a baixa taxa de domicílios ligados à rede coletora fez com que o sistema fosse subutilizado. A projeção inicial de capacidade total das estações de tratamento era de 6,6 m<sup>3</sup>/s. Entretanto, com alterações no projeto inicial, e com base em informações disponibilizadas pelo INEA, pela CEDAE e pelo BID, a capacidade total das estações era de 8,2 m<sup>3</sup>/s. Até o fechamento do relatório final do BID em 2006, apenas uma parte dela estava sendo utilizada (3,05 m<sup>3</sup>/s). Isso ocorreu, em grande medida, em função de os domicílios não estarem ligados à rede geral.

Para que se tenha uma ideia da situação, deve-se considerar que, em 2000, dos 16 municípios inseridos na bacia, apenas quatro tinham índices de domicílios ligados à rede coletora de esgoto acima dos 60% – Nilópolis (79,5%), Niterói (73%), Rio de Janeiro (78%), São João de Meriti (66,7%) –, e em 2010 esse índice subiu para nove municípios – Belford Roxo (72,75%), Duque de Caxias (77,3%), Mesquita (87,47%), Nilópolis (96,9%), Niterói (87,1%), Nova Iguaçu (77,75%), Rio de Janeiro (90,93%), São Gonçalo (68,28%) e São João de Meriti (90,27%) (MEIRELLES, 2018). O PDBG não conseguiu realizar nem 50% do total previsto para ligações domiciliares: das 117.700 ligações projetadas, apenas 54.842 foram executadas.

**Quadro 9.** Previsto x realizado do Componente 1 do PSAM  
**Sistema Cidade Nova**

<b>Previsto</b>	<b>Realizado em</b>	
junho/2018	junho/2018	%
construção do coletor tronco em aproximadamente 3.500 metros	2.766,64 metros	63,05

**Sistema Alcântara**

<b>Previsto em metros</b>	<b>Realizado em</b>	
junho/2018	junho/2018	%
Construção de 92 mil metros de rede de esgoto	44 mil metros	48

**Fonte:** Elaborado pela autora.

No entanto, o fato de os domicílios estarem ligados à rede coletora de esgotos não significa que esses efluentes estejam recebendo algum tipo de tratamento. O município de Itaboraí, por exemplo, tem 40,44% dos domicílios ligados à rede geral de esgotos, porém o índice de esgoto tratado era de apenas 6,6% em 2010, e em Cachoeiras de Macacu o índice de coleta e sem

tratamento é de 55,8%, em Duque de Caxias 60,9% dos esgotos coletados não recebem nenhum tipo de tratamento, em Guapimirim, 47,2%, Magé, 39%, Mesquita, 68,3%, Nilópolis, 95,9%, Nova Iguaçu, 75,1%, Rio Bonito, 63,5%, Rio de Janeiro, 15,8%, São Gonçalo, 45,7%, São João de Meriti, 46,3%, e Tanguá, 50,6%. O município de Niterói apresenta o índice de 0% dos esgotos coletados a não receber nenhum tipo de tratamento (MEIRELLES, 2018). Diariamente, são lançados 20 m<sup>3</sup>/s de esgotos domésticos na Baía de Guanabara (COELHO, 2007).

Não foram encontradas informações sobre a execução das demais ações previstas para o Componente 1. O baixo desempenho na estruturação do programa, que, segundo a nota técnica da Secretaria de Estado de Fazenda e Planejamento e da Subsecretaria de Política Fiscal do Rio de Janeiro, dificultou a realização de licitações internacionais e obtenção de licenças de execução de obras, e a crise econômica desencadeada no Rio de Janeiro em 2016 são algumas das justificativas que podem ser encontradas.

### **Aspectos financeiros PSAM**

O custo total do programa foi de US\$ 639.550 milhões, sendo US\$ 451.980 milhões em forma de empréstimo do BID e US\$ 187.570 milhões de contrapartida nacional. O prazo previsto para desembolso dos recursos financeiros era de cinco anos contados a partir da data de assinatura do contrato. No Quadro 10, apresenta-se o valor acumulado previsto para cada ação do PSAM, e o montante previsto para obras representa o segundo maior gasto: US\$ 562,92 milhões.

**Quadro 10.** Valores por ação PSAM

Categorias	Em milhões de US\$			Em porcentagens		
	CP*	BID	Total	CP*	BID	Total
Engenharia e Administração	14,25	42,75	57,00	25%	75%	8,9%
Unidade Executora	0,38	1,13	1,50	30%	70%	0,2%
Apoio à Gestão, Supervisão e Estudos	13,38	40,13	53,50	30%	70%	8,4%
Comunicação Social	0,50	1,50	2,00	30%	70%	0,3%
Custos Diretos	155,31	407,61	562,92	28%	72%	88,0%
Obras	138,51	388,41	526,92	26%	74%	82,4%
Desenvolvimento Institucional	4,80	11,20	16,00	30%	70%	2,5%
Sustentabilidade das Políticas Públicas Municipais de Saneamento	12,00	8,00	20,00	60%	40%	3,1%
Custos concorrentes	0,18	1,62	1,80	10%	90%	0,3%
Auditoria, Avaliação e Monitoramento	0,18	1,62	1,80	10%	90%	0,3%
Custos Financeiros	17,83	0,00	17,83	100 %	0%	2,8%
Juros	15,28	-	15,28	100 %	0%	2,4%
Comissão de Compromisso	2,55	-	2,55	100 %	0%	0,4%
Total	187,57	451,98	639,55	29%	71%	100%

\*Contrapartida

**Fonte:** PWC, 2014.**CONCLUSÃO**

No final do século XIX e no início do século XX, a cidade do Rio de Janeiro, tanto em território como em população, adotava uma gestão moderna para coleta e tratamento de esgoto, seguindo

o modelo das principais metrópoles do mundo. Porém, já na segunda metade do século XX, o estado de degradação ambiental da Baía de Guanabara era conhecido e criticado mundialmente. O rápido crescimento populacional sem o devido investimento em saneamento levou a situações calamitosas dos recursos hídricos da bacia hidrográfica.

Uma análise histórica do censo demográfico mostra que em 1960 a região da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara apresentava uma população aproximada de 4,5 milhões de habitantes. Em 1970, eram 6,5 milhões. Na década seguinte, já se registravam aproximadamente 8,5 milhões de habitantes. Justamente nesse momento crítico, de forte migração populacional, nenhum investimento em coleta e tratamento de esgoto foi registrado na região. Por isso, a década de 1980 é considerada a década perdida em termos de saneamento no Brasil, e na bacia hidrográfica da Baía de Guanabara não foi diferente.

De acordo com informações oficiais do BID, ao longo de cinco décadas quase dois bilhões de dólares foram investidos nos recursos hídricos da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara, incluindo abastecimento de água, esgoto sanitário, coleta e disposição adequada de resíduos sólidos, drenagem urbana e fortalecimento das instituições ligadas ao saneamento. Os principais objetivos dos investimentos eram a ampliação da rede coletora de esgotos e a construção de estações de tratamento de esgoto. Em 1990, a extensão da rede coletora de esgotos era de aproximadamente 4.000 km (SNIS, 2016), contudo é importante destacar que o município do Rio de Janeiro detinha 3.687 km, equivalentes a 92,2 % do total existente na bacia.

As estações de tratamento de esgoto construídas durante a execução do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG) não estão operando com sua capacidade máxima, e um dos motivos é a baixa extensão da rede coletora ligada aos domicílios. Além disso, a concentração de rede no município do Rio de Janeiro

também é uma das causas da subutilização das estações de tratamento de esgotos que se situam na região da Baixada, com baixo índice de domicílios ligados à rede.

Ademais, os dois programas de despoluição (PDBG e PSAM) não foram suficientes para a completa despoluição dos recursos hídricos drenantes à Baía de Guanabara. Porém, é inegável o avanço nos índices de coleta e tratamento de esgoto. Em 1992, apenas 14% do total de esgotos gerados na bacia eram tratados em três principais estações (Penha, Ilha do Governador e Pavuna). O *Atlas Esgotos – despoluição de bacias hidrográficas*, produzido pela Agência Nacional de Águas (2017), aponta que, em 2013, 53% dos esgotos gerados na bacia hidrográfica da Baía de Guanabara eram tratados. Isso indica que, apesar dos altos investimentos realizados para despoluir essa bacia, o problema ainda está longe de ser solucionado. Ainda assim, é incontestável que houve avanço no tratamento dos esgotos.

Em conclusão, pode-se afirmar que o modelo adotado pelo Estado brasileiro para a solução dos problemas acarretados pelo não tratamento dos esgotos domésticos, que utiliza empréstimos internacionais de grande porte e requer contrapartidas nacionais igualmente altas, revela-se ineficiente e surte baixo impacto na qualidade das águas. Sendo assim, é necessária e urgente a adoção de medidas mais eficientes para a minimização dos efeitos da poluição por lançamento de esgotos não tratados nos corpos d'água da bacia, para que, dessa forma, se conquiste a tão desejada despoluição da Baía de Guanabara por carga orgânica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADOR, E. D. S. **Baía de Guanabara: ocupação histórica e avaliação ambiental**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2013.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas Esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Brasília, 2017. p. 92.

BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento. **Programa de Saneamento Básico da Bacia da Baía de Guanabara**. Brasília, 1993. p. 119

BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento. **Perfil do projeto**. Brasília, 2011b. p. 25.

BITTENCOURT, A. L. C. et al. **Auditoria operacional no Programa de Despoluição da Baía de Guanabara**. Rio de Janeiro: Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro, 2006. p. 21

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. Brasília: SNSA/Ministério das Cidades, 2016. Disponível em: [http://etes-sustentaveis.org/wp-content/uploads/2018/03/Diagnostico\\_AE2016.pdf](http://etes-sustentaveis.org/wp-content/uploads/2018/03/Diagnostico_AE2016.pdf). Acesso em: 25 ago. 2021.

COELHO, V. M. B. **Baía de Guanabara: uma história de agressão ambiental**. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2007.

MEIRELLES, P. Y. R. **Análise dos investimentos em esgotamento sanitário na Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara**. Dissertação de mestrado. UERJ. 2018.

NOTA TÉCNICA, SENFAZ/SUPOF 13/2017. **Inclusão do Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara – PSAM no plano de recuperação fiscal do ERJ**.

Disponível em:

[http://www.transparencia.rj.gov.br/transparencia/content/conn/UCMServer/path/Contribution%20Folders/site\\_fazenda/transpFiscal/notas\\_tecnicas\\_supof/.pdf](http://www.transparencia.rj.gov.br/transparencia/content/conn/UCMServer/path/Contribution%20Folders/site_fazenda/transpFiscal/notas_tecnicas_supof/.pdf). Acessado em: 26/08/2021.

PWC, P. A. I. **Relatório dos auditores independentes sobre informações financeiras do PSAM**. Governo do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 157. 2014.



## CAPÍTULO 3

### A REGULAMENTAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO E O IMPACTO NAS RELAÇÕES SOCIAIS

**Cristiane Brandão dos Santos<sup>4</sup>, Camila Moreno de Paula<sup>5</sup>, Katia Rossi Gotardi Piccin<sup>6</sup> & José Carlos de Oliveira<sup>7</sup>**

#### INTRODUÇÃO

Na década de 1970 o setor do Saneamento Básico enfrentou a falta de normatização, os vencimentos de contratos de concessões nas esferas estaduais e municipais e o déficit em seus investimentos. Consequentemente, esta situação propiciou o processo de interlocução entre organizações públicas e privadas para estabelecer diretrizes destinadas ao Saneamento Básico, que determina a Lei n.º 11.445/2007 (ARSESP, 2010, p. 11).

Essa regulamentação estabelece o Marco Regulatório, que traz as prerrogativas denominadas como diretrizes, e que determina quem fará o planejamento, quem exercerá a função do serviço e como será a prestação de serviço. No que lhe concerne, atribui ao Município renovar os contratos de concessão com os Estados, que ele promova a licitação para contratos com outras empresas, ou crie empresas municipais, ou preste diretamente os serviços. Consequentemente, institui o porquê e quando formalizar a prestação de serviço, já que o tipo da prestação controla a regulação e a formalização do acordo entre as partes.

---

<sup>4</sup> Mestranda do Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) -Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho - UNESP. brandao.santos@unesp.br

<sup>5</sup> Mestranda do ProfÁgua, UNESP. cm.paula@unesp.br

<sup>6</sup> Mestranda do ProfÁgua, UNESP. katia.gotardi@unesp.br

<sup>7</sup> Professor da UNESP, campus de Franca. jose.c.oliveira@unesp.br

As diretrizes para o saneamento básico e o papel da ANA no novo marco regulatório sob ótica da universalização, modicidade tarifária, equilíbrio econômico e mecanismos compensatórios introduzem o quanto incide a tutela de interesses gerais (sociedade local, empresas, órgãos e governos) na prestação de determinado serviço, que é de interesse público. Por isso, está em pauta o desenvolvimento do processo de regionalização do serviço de saneamento. Este processo é colocado em vigor quando a regulamentação do sistema detalha o planejamento da prestação de serviços segundo a Lei dos Consórcios Públicos (Lei n.º 11.107/2005), que, neste caso, regula, fiscaliza e remunera a prestação e deve ser esboçada através do Plano Municipal de Saneamento – PMS (Governo de São Paulo, 2010).

## **ANÁLISE E COMENTÁRIOS**

O processo de relações sociais se baseia na construção de regras, práticas e adaptações para o bom convívio, isto é, se remete às funções de se governar – a governança. Os pilares da governança proferem administrar um conjunto de interesses na ótica do bem comum e de caráter coletivo. Por sua vez, a coletividade retrata hábitos, costumes, diferenças socioeconômicas e culturais que se articulam entre diversos atores e setores numa sociedade.

### **O Papel da ANA**

Através da Lei n.º. 9984/2000 a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico configurou-se como supervisora, arroladora de estratégias e promotora da regulação do setor a curto prazo (ABAR, 2019). Como agente fomentador do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, garantirá informações oportunas, confiáveis à sociedade, assim como suporte à tomada de decisões e ao desempenho dos demais entes do SINGREH, aos

órgãos gestores estaduais, comitês e agências de bacias (ANA, 2018, p. 5).

O papel de controle consiste na concessão de outorga do direito de uso dos recursos hídricos em águas de domínio da União, verificando-se a utilização adequada, conforme a classificação dos corpos hídricos, e a proteção dos mananciais diante do uso em volumes adequados. Na Lei nº 12058/2009, em virtude da função de regular e fiscalizar os serviços públicos como irrigação, a questão de tratar do saneamento básico, por conseguinte a ação de supervisionar a atividade de fiscalizar barragens pautada na Lei n.º 12334/2010, está retratada a força da ANA enquanto instituição reguladora.

### **As Disposições da Informação**

O portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH disponibiliza: fornecer os insumos para ações de prevenção de eventos hidrológicos extremos e cálculo do balanço hídrico; estabelecer as condições de entrega da água entre estados e países; avaliar a qualidade e regulação do uso da água; e analisar as variações e tendências de longo prazo, entre outras aplicações.

As informações de acesso aos usuários compartilham o arranjo estrutural e os eventos que compõem o sistema das águas brasileiras no contexto de governança e alertam para os fatores em torno deste bem: a escassez, a disponibilidade, a qualidade, o consumo e o uso.

### **Os Objetivos da Regulação**

Segundo Junior e Paganini (2009, p. 80), às regulações compõem-se de independência, autonomia administrativa, orçamentária e financeira, transparência, tecnicidade, presteza e objetividade das decisões.

O Marco Regulatório do Saneamento por meio de políticas regulatórias e setoriais tem como objetivo a universalização para solucionar o déficit do atendimento dos serviços de água e esgoto. No entanto, ele depende de mecanismos que estimulem a eficiência das empresas e façam com que as operadoras no sistema executem a infraestrutura. E outros problemas são: definir as formas de arranjos e providenciar a capacitação político-administrativa dos entes federados.

Ao implementar políticas de regulação, a ANA atribui funções e promove a articulação entre os participantes do SINGREH, determina fatores fundamentais para captação, gerência e uso dos recursos hídricos, como os instrumentos, os planos, as outorgas de direito e uso, o enquadramento dos corpos d'água pela SNIRH, e a cobrança pelo uso do recurso hídrico (ANA, 2018, p. 10).

### **Os Princípios para Prestação do Serviço Público**

O Estado é quem elege sempre por meio de suas normas jurídicas, constitucional ou regra que não conste do texto constitucional é inferior a ela, quais as atividades terão regime de direito público e serão de titularidade estatal (CNMP, 2021).

Os princípios básicos para os serviços públicos representam a base para o interesse coletivo e asseguram o bem público (CONTEÚDO JURÍDICO, 2021). Sendo assim, o Estado tem o dever de garantir a oferta de certas solidificações jurídicas em favor da coletividade. São eles:

- A regularidade, mantida por quem o executa, sempre conservando as suas características técnicas. Devem constar expressamente em regras jurídicas legais, regulamentares ou contratuais, a fim de possibilitar sua cobrança pelo usuário.

- A eficiência, que exige ao responsável pela prestação de serviços a preocupação com o resultado prático da prestação que oferece aos usuários. Busca o máximo de resultado com um mínimo de investimento, diminuindo o custo para os usuários.
- A continuidade referida àquilo que se é prestado de maneira contínua ao usuário, ou seja, não é passível de interrupção.
- A segurança, o ato de não menosprezar detalhes que coloquem em risco os usuários do serviço público ou terceiros, ou ainda, bens públicos e particulares.
- A atualidade corresponde ao compromisso que a administração pública tem de aperfeiçoar o serviço público, da forma mais atual possível com os avanços científicos e tecnológicos, sobretudo, em razão de ser instrumento de garantia de qualidade das prestações aos usuários, sendo assim consequência do princípio da eficiência.
- A generalidade retrata o princípio da igualdade, e está previsto no art. 5º da Constituição Federal, que assegura o oferecimento do serviço público a todos, de sorte que deve ser oferecido sem qualquer discriminação a todos que o solicitam.
- A cortesia, que se trata do bom convívio social com ênfase no trato urbano devido pelo prestador do serviço público ao usuário. Um dever legal previsto no artigo 37, §3º da Constituição Federal. Através deste princípio a administração pública obriga-se a oferecer aos usuários de seus serviços um tratamento urbano, que, sobretudo, consiste em direito subjetivo do cidadão.
- A modicidade tarifária, intrínseca na Lei n.º 14026 de 2020, é citada como integrante da Lei n.º 11.445 de 2007, embutida em diretrizes nacionais para o saneamento básico. Nelas é

informado que a ANA irá instituir este princípio de forma progressiva.

Em teoria, a concepção de prestação de serviço público está ligada à satisfação do interesse público, ou seja, às necessidades da coletividade como um todo (ENCICLOPÉDIA JURÍDICA, 2021). No contexto da prestação de serviços por parte do ente público a terceiros, discute-se a necessidade da sua aplicação para promover o direito ao acesso. Desta forma, como consequência, passa a ser o instrumento de efetivação dos demais princípios que regem este serviço, principalmente, o da continuidade.

## **MATERIALIDADE DAS DISCUSSÕES**

Na reflexão sobre as interações do objeto “regular” existem os fragmentos do impacto econômico e social, que revelam a dicotomia entre o nível do serviço prestado e os custos de serviços, além de como compensá-los ao longo do tempo.

A governança passa por um processo de equilíbrio de forças, sendo que a microeconomia de uma sociedade enfrenta leis como as da oferta e da procura, da demanda e do consumo, do preço e da renda, que afetam a satisfação no atendimento das necessidades básicas e/ou promoção das condições mínimas para a qualidade de vida.

### **Os Custos dos Serviços Públicos**

Na busca pela minimização dos custos de transação e operação, em Economia, o ponto de equilíbrio econômico significa igualar receitas aos custos e despesas. O equilíbrio ótimo entre o serviço ofertado e a procura por este serviço, na relação entre empresas e consumidores, é aprimorar e baratear os bens de consumo observando-se a informação completa, a plena

competição, a internalização dos custos, entre outros (PÓ, 2011, p. 14).

A ANA, baseada na lei da diretriz nacional do saneamento e reafirmada pelo Marco Regulatório, também terá que se preocupar com o equilíbrio econômico das atividades. No modelo “padrão” desta regulação que visa os padrões de qualidade, a eficiência na prestação, o ajustamento tarifário, os instrumentos negociais, as metas de universalização, as normas para contabilidade regulatória, a redução progressiva, o controle de perda de água, e a metodologia de cálculo das indenizações em virtude dos investimentos, será primordial que a governança das entidades reguladoras repense o reúso dos resíduos sanitários tratados, os parâmetros significativos do motivo para o decaimento na prestação de serviços públicos, as normas e metas de substituição para o caso de resíduos, o sistema de avaliação sobre a universalização da cobertura dos serviços, o conteúdo mínimo para prestação vislumbrando a sustentabilidade econômico-financeira, por fim, os serviços públicos de saneamento básico que devam demonstrar os custos e benefícios de sua prestação (BRASIL, 2020).

O Marco Regulatório cria mecanismos que, indiretamente, geram incentivos à eficiência por meio de política tarifária que não só considere o equilíbrio econômico-financeiro da concessão, mas também inclua penalizações e prêmios para decréscimo e aumento de produtividade e sua repartição com os usuários. Portanto, os custos têm que medir e quantificar, além dos encargos administrativos dos serviços públicos, o aumento na produtividade, que conta com a oferta e demanda para reduzir o custo médio (SEBBA, 2009 p. 88,).

Dentre os riscos e os mecanismos de manutenção do equilíbrio econômico-financeiro das atividades, o titular do serviço público e o delegatário devem preocupar-se com os usuários no sentido de propiciar maior quantidade e qualidade, e com a

necessidade de se ter cobrança desde que se propicie o acesso aos serviços públicos à coletividade como um todo.

### **Os Mecanismos Compensatórios**

Os instrumentos de compensação estipulados por instituições em processo de regulação, situação de ajustamento de conduta entre as partes, constituem-se como medida saneadora. O processo de regulação, combinado com planejamento, metas, relevância dos custos, mecanismos tarifários ou tributários compensatórios, pode viabilizar a universalização dos serviços.

Para isso, parte dos mecanismos e orientações com vistas a estruturar, fortalecer e capacitar as entidades que detêm o direito de operar no sistema de saneamento básico dispõe de ações compensatórias e redistributivas que visam a equidade por meio de atos de infrações e consequentes multas, pautada no conjunto de práticas exigidas para o saneamento ambiental preeminentes nas leis n.º 9.605 de 1998, denominada lei dos crimes ambientais, e 12.305 de 2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS.

Em observância a um mercado de concorrência livre, fornecedores de um mesmo produto e/ou serviço têm capacidade de oferta de forma similar e influenciar pelos preços os consumidores numa economia. Para defender a livre concorrência, com base na Lei n.º 8884 de 1994, o controle político e de extensão federal utiliza o CADE (Conselho Administrativo de Defesa Econômica). Numa situação com característica de monopólio natural a concorrência é estimulada por decisões regulatórias e controle político. O CADE, que tem, entre suas atividades, monitorar a concorrência anticompetitiva, de certa forma também fomenta a livre concorrência, e até a decisão e investigação como em licitações públicas de obras de saneamento de água.



Pensando nisso, a ANA, como fiscalizadora, tem a frente o desafio reduzir a desigualdade do setor por regiões no país nas questões epidemiológicas, infraestrutura local e demanda por atendimento (ENG. SANIT. AMBIENT., 2009). Tanto o financiamento dos investimentos quanto à cobertura e à prestação de serviço encontram-se nos Estados e Municípios, a ausência de eficiência operacional e financeira limitando-se aos indicadores orçamentários da estrutura pública e desincentivos às empresas privadas. Portanto, para movimentar e assegurar a sustentabilidade do setor, “o principal instrumento da regulação por incentivos é o próprio processo de atualização das tarifas do serviço regulado como reajuste e revisão de valores (ACENDE BRASIL, 2007, p.2).

## **REGIONALIZAÇÃO**

A Lei Federal n°. 14026 de julho e o Decreto 10.588 de dezembro, ambos do ano de 2020, retratam a questão dos blocos ou unidades regionais como organização de referência para facilitar a gestão, a governança e o caminho para o cumprimento das metas para a universalização dos serviços públicos de saneamento básico. Esta regra e termos que regulamentam o setor de Saneamento Básico, Recurso Hídricos, e abarcam Resíduos Sólidos, instigam o desdobramento regulatório, a articulação política e a disposição econômica da União, Estados, Municípios e outros setores da sociedade civil.

Em primeira ordem, conforme o artigo 15 da Lei Federal, “ a competência de que trata o § 3º do art. 52 da Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007, somente será exercida caso as unidades regionais de saneamento básico não sejam estabelecidas pelo Estado no prazo de 1 (um) ano da publicação desta Lei”, o que significa que a liderança do processo de regionalização tem um prazo, caso contrário a União tomará as rédeas dos trâmites da operação de

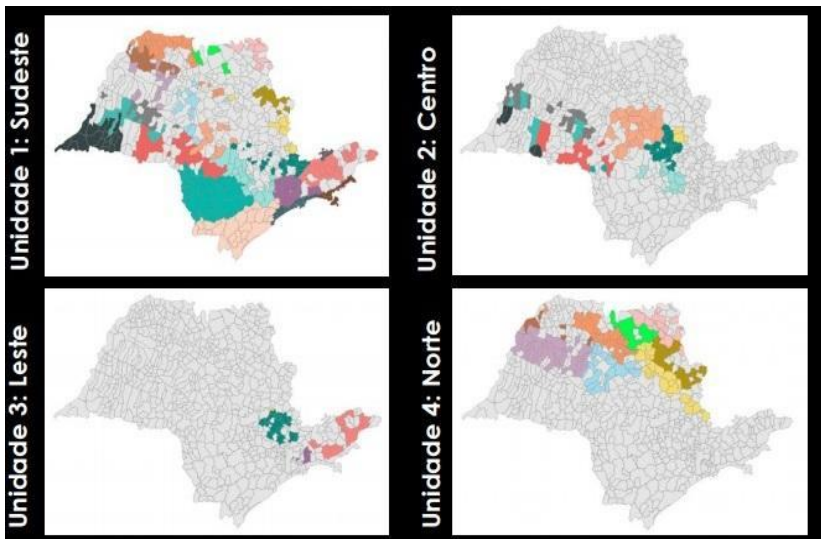
serviços água e esgoto. Como exemplo, tem-se o Estado de São Paulo, que, através de sua Câmara de Deputados, aprovou em julho de 2021 o Projeto de Lei 251 - “criação de unidades regionais de saneamento básico”, em caráter de urgência, com vistas ao atendimento do serviço público e aos financiamentos federais previstos para o setor.

Um aspecto citado por Silva & Naval (2015, p.62) é que “a difusão das fontes de financiamento e a fragmentação das políticas, bem como a ausência de regulamentação central em saneamento, torna difícil o controle social. Existem duas formas de descrever o saneamento, uma relacionada à prevenção sanitária e a outra à promoção da saúde. A segunda perspectiva entende que o saneamento é uma intervenção multidimensional que ocorre no meio ambiente, levando em conta aspectos físicos, sociais, econômicos, políticos e culturais. Nesta perspectiva, o objetivo do saneamento é implementar sistemas de engenharia associados a um conjunto de sistemas integrados ações para melhorar a saúde”. Esses argumentos levam à luz da discussão a óptica da universalização de não somente o acesso à água e condições sanitárias, mas a dinâmica do ganho de escala deste processo (tratamento, distribuição e uso da água) na busca por atender mais pessoas ao mesmo tempo que tem que torná-lo mais barato, além de acordado entre as partes.

### **URAEs do Estado de São Paulo**

Para evitar que a União estabeleça a gestão associada ou defina os blocos de referência, o Estado de São Paulo criou as Unidades Regionais de Serviços de Abastecimento de Água Potável e Esgotamento Sanitário (URAEs) de acordo com os seguintes critérios: proximidade geográfica, respeito às bacias hidrográficas com unidade de planejamento, e sustentabilidade econômico-

financeira, cumprindo os contratos vigentes e os arranjos preexistentes de serviços regionalizados (SNIRH, 2021).



**Figura 1** – URAEs Estado de São Paulo.

**Fonte:** SIGRH, 2021.

Entretanto, essas considerações não abordam com profundidade as questões dos limites dos municípios, a própria estrutura política administrativa e territorial (Lei n.º 8092/1964), a responsabilidade do legislativo municipal, a dinâmica dos Comitês de Bacias hidrográficas das regiões, os componentes dos serviços como limpeza urbana, drenagem, entre outros temas que cercam o setor de saneamento básico (IAS, 2021).

### **Conjuntura dos Blocos Regionais para Governabilidade**

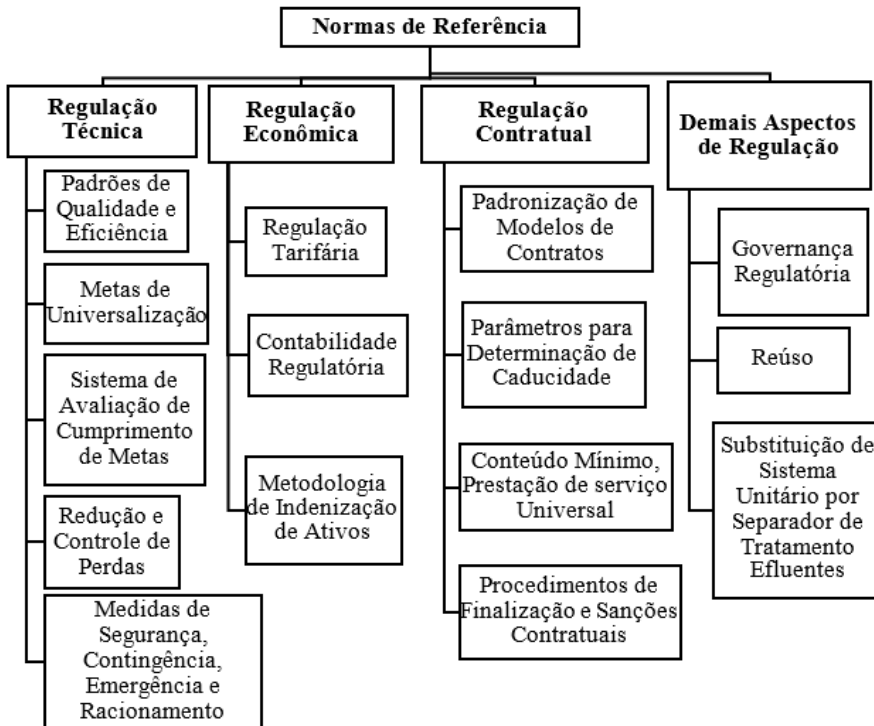
O Estado de São Paulo possui 645 municípios, ordenados em 42 regiões de governo e 14 unidades administrativas, e três regiões metropolitanas (SEADE, 2021). O agrupamento definido pela PL 251/2021 prevê 4 divisões para os serviços públicos de água e esgoto, conforme Quadro 1:

**Quadro 1 - Divisão Regional das URAES**

<b>Divisão Regional das URAES</b>	
URAE 1- Sudeste	370 municípios: 342 contratos de programa vigentes, 25 contratos de concessões vigentes, 03 municípios com contratos vencidos.
URAE 2 - Centro	98 municípios
URAE 3 - Leste	35 municípios
URAE 4 - Norte	142 municípios

**Fonte:** SIGRH, 2021 – adaptado pelo autor.

Contrapondo o argumento para aprovação desta proposta de regionalização, é citado, na Nota Técnica do IAS, que “a URAE Centro é composta por 98 municípios atendidos por 88 prestadores, sendo 46 por administração direta, 32 autarquias, 8 empresas privadas, 1 empresa pública e 1 empresa mista (SABESP)”. Esta afirmação informa que a estrutura de estudo de viabilidade econômica se baseou na instrução normativa 012 do SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento de 2019, em uma das modalidades, a que retrata receita e despesa em apontamento ao superávit ou déficit com a prestação de serviço de saneamento básico, condição não homogênea entre os municípios. E, também, apresenta um conjunto de municípios em que o atendimento faz parte da maior operadora de Água do Estado de São Paulo, a Sabesp, conferindo à URAE 1 condições especiais, como possibilidade de igualdade tarifária, sustentabilidade econômica, a mesma agência reguladora, em especial compoendo a maior parte das regiões metropolitanas.



**Figura 1-** Agenda Regulatória.

**Fonte:** ANA, 2020.

Em disposição à representação gráfica citada acima, as normas de referência da Lei n.º 9984/2000, que cria a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico e determina fundamentações básicas para regulação dos Recursos Hídricos conjuntamente com outros órgãos públicos e privados, requerem ser observadas pelo sistema de regionalização. Conforme a OECD (2015, p. 96-97), “a governança setorial estabelece: a inclusão e equidade; a clareza, a transparência e responsabilização; capacidade e informações; eficiência e efetividade; institucionalização, estruturação e integração; adaptabilidade”. Neste sentido, universalizar o saneamento básico perpassa pelos desafios de regular, fazer participar todos os entes federativos e suas instâncias político-administrativas, além de garantir excelente prestação do serviço público com qualidade, quantidade

e preço justo a um universo de territórios com características próprias ambientais, sociais e econômicas.

A governabilidade das relações sociais entre os atores desse processo de regulamentação e participação no saneamento básico deveria compor como critério as condições de atendimento aos serviços de esgotamento sanitário, manejos de resíduos sólidos e águas pluviais, redução e controle de perdas, saneamento integrado, desenvolvimento institucional, preservação e recuperação de mananciais, estudos e projetos, e plano de saneamento básico, atribuições citadas no marco regulatório.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Segundo a Lei n.º 9433 de 1997 – Política Nacional de Recursos Hídricos –, os Estados em interesse comum com a União se articulam na função do gerenciamento dos recursos hídricos. No entanto, a primeira casa administrativa desse serviço de caráter de utilidade pública são os municípios, cercados de conselhos participativos voltados ao Meio Ambiente, Saúde e alguns conselhos de Saneamento para promover transparência, controle e fiscalização.

Os municípios, defronte dos problemas de abastecimento público e esgotamento sanitário, tendo um papel medíocre outorgado na gestão dos recursos hídricos, têm que elaborar políticas públicas que protejam os mananciais e cabeceiras d'água, áreas que pertencem às bacias hidrográficas, cuja preservação por sua vez protege o Meio Ambiente. Outro prisma é verificar no território junto às operadoras de água (outorgadas no direito e uso) os mecanismos de acesso aos serviços públicos dos usuários, em especial, os de baixa renda. Sendo assim, este ente federativo e comitês de bacias estaduais e interestaduais, corroborados pelo Sistema Nacional de Recursos Hídricos, numa constante situação por demanda e uso da água conflitantes entre eles, deve ser

interlocutor das atribuições cedidas à ANA - Agência Nacional de Águas (IPEA, 2020).

Outro fator de choque é uma situação de “regionalização” forçada. Compor blocos ou microrregiões pressupõe consultas aos municípios, uma decisão coletiva na qual a sociedade civil participe e colabore com o gerenciamento dos recursos hídricos de seus territórios, em que os rearranjos do setor de saneamento básico estejam consolidados com os objetivos da regulamentação no intuito de proporcionar a universalização, a modicidade tarifária, o equilíbrio econômico e os mecanismos compensatórios através do novo marco regulatório.

Conforme contextualiza Ballestero (2015, p. 264-275), “o preço do direito humano à água tem tudo menos uma forma sólida e amplamente aceita. Embora as pessoas não rejeitem a ideia de pagar pela água no total, nem todos os preços são vistos como legítimos. Para ser considerado assim, o preço da água tem que refletir sua natureza humanitária, impedindo qualquer lucro de fabricação. [...] Antropólogos, assim como outros estudiosos críticos interessados no valor da água, na financeirização da vida social e na vida social dos direitos humanos, podem encontrar em locais inesperados, tais como agências reguladoras, ideias importantes sobre como as injunções humanitárias contemporâneas e as lógicas financeiras que estão moldando noções do que significa viver em comunidade e o que significa reconhecer a existência de bens comuns e direitos universais através dos preços”. Todavia, a prestação de serviço público é originária da atividade desempenhada pelo Estado, que busca concepções jurídicas para atender as necessidades básicas da sociedade e se equilibra entre pactuar custo e preço.

Contudo, sabe-se que a estrutura para implementar infraestrutura, manter valores econômicos, tanto na cobrança aos outorgados quanto na tarifa aplicada aos usuários, e garantir o fornecimento dos serviços demonstra custos elevados para a

operação do setor. Desta forma, mais que regulação, é preciso haver a participação de toda a sociedade para preservar, sustentar, assegurar e garantir um produto que tem seu valor negociado no mercado financeiro. Já não é só um bem escasso e imprescindível para a vida dos seres vivos, é um bem econômico.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente ensaio científico, que visa contribuir com relevantes temas econômico, jurídico e socioambiental, foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) – código de financiamento 001. O autor e coautores agradecem também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE no 2717/2015, pelo apoio técnico-científico aportado até o momento.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**ABAR – Qualidade da Regulação e o Desenvolvimento de Um País**, 2019, Anais. Alagoas, Maceió: Ed. ABAR.

**ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Relatório de Gestão 2018.**

\_\_\_\_\_. Agenda Regulatória da ANA em Saneamento - **As Normas de Referência a serem editadas pela ANA (I)**. [S. l.: s. n.], 2020. 1 vídeo (3 min). Publicado pelo canal Anagovbr. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=5JSVE-UNIVA> >. Acesso em: 26 ago. 2021.

\_\_\_\_\_. **ANA como Supervisora Nacional da Regulação do Saneamento Básico: Estratégias e Desafios**. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE REGULAÇÃO E 5ª EXPOR



BALLESTERO, Andrea. The ethics of a formula: Calculating a financial–humanitarian price for water. **American Ethnologist. American Anthropological Association**: v. 42, n. 2, pp. 262-278, may. 2015. Disponível em: <  
<https://anthrosource.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/amet.12129> >. Acesso em: 25 agosto, 2021.

BRASIL. **O Marco Legal do Saneamento Básico**. LEI Nº 14.026, DE 15 DE JULHO DE 2020. Brasília, 2020.

CNMP – Conselho Nacional do Ministério Público.

**Infraconstitucional**. Disponível em: <  
<https://www.cnmp.mp.br/portal/institucional/476-glossario/>>.  
Acesso em: 16 abril, 2021.

CONTEÚDO JURÍDICO. **Os Princípios Aplicáveis aos Serviços Públicos**. Disponível em:<  
<http://conteudojuridico.com.br/consulta/Artigos/51570/os-principios-aplicaveis-aos-servicos-publicos> >. Acesso em: 18 abril, 2021.

ENCICLOPÉDIA JURÍDICA. PUC-SP. **Formas de Prestação de Serviços**. Verbete. Nº. 5, Edição. 1. Disponível em:<  
<https://enciclopediajuridica.pucsp.br/> >. Acesso em: 18 abril, 2021.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal e Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Saneamento – Plano Municipal Passo a Passo**. São Paulo, 2010.

IAS – Instituto Água e Saneamento. **Nota Técnica: Desafios e riscos da implementação do marco legal do saneamento no estado de São Paulo: análise do PL 251/2021**. Disponível em: <  
<https://www.aguaesaneamento.org.br/>>. Acesso em: 25 agosto, 2021.

OECD (2015). **Governança dos Recursos Hídricos no Brasil**, OECD Publishing, Paris.

PÓ, MARCOS. As Dimensões dos Consumidores na Regulação e o Posicionamento das Agências Brasileiras. **Melhoria da Regulação no Brasil: o papel da participação e do controle social**. Brasília, PRO-REG, páginas 7-274, 2011.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. **Produto: Caracterização do território**. Disponível em: < <https://www.seade.gov.br/>>. Acesso em 25 agosto, 2021.

SILVA, Fernanda A. C.; NAVAL, Liliana P. A Contribution to develop strategies to support the social control of sanitation activities. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo v. XVIII, n. 1, pp. 59-74, jan - mar. 2015. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/asoc/a/xSZJNdXcYNXjRq8CGXW9bhj/abstract/?lang=en> >. Acesso em: 26 agosto, 2021.

SNIRH. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. **Regionalização – Marco Regulatório, PL 251**. Disponível em:< <https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CRH/20821/regionalizacao-marco-saneamento.pdf> >. Acesso em 21 agosto, 2021.

## CAPÍTULO 4

### O DIREITO FUNDAMENTAL À ÁGUA: A INFLUÊNCIA DA ORDEM INTERNACIONAL NO ORDENAMENTO JURÍDICO BRASILEIRO

Gianluca Contiero Murari<sup>8</sup> & José Carlos de Oliveira<sup>9</sup>

#### 1 INTRODUÇÃO

O direito à água é um direito de extrema importância e relaciona-se a todos os outros direitos fundamentais: não é possível falar de direito à vida, à saúde, à moradia digna, à alimentação e à higiene, previstos nos artigos 5º e 6º da Constituição da República Federativa do Brasil, sem que antes seja garantido o direito à água de qualidade para satisfazer integralmente todos esses direitos. Por isso, é relevante aprofundar os estudos relativos ao acesso à água, principalmente como direito fundamental garantido pela Constituição Brasileira, mesmo que por analogia.

O presente artigo pretende investigar o direito humano à água no ordenamento jurídico brasileiro e o possível reconhecimento deste como um direito fundamental. Para tanto, serão explorados os conceitos de direitos fundamentais e direitos humanos no ordenamento jurídico brasileiro. Além disso, para a

---

<sup>8</sup> Mestrando em Direito pelo Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.  
gianluca.contiero@unesp.br

<sup>9</sup> Professor do Curso de Direito da Faculdade de Ciências Humanas e Sociais da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho- UNESP. Professor dos Programas de Pós-Graduação Mestrado e Doutorado em Direito e do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pela UNESP.  
jose.c.oliveira@unesp.br

completa compreensão do tema, é fundamental analisar a evolução do tratamento internacional do direito humano à água.

O direito à água foi reconhecido de maneira tangencial por diversos documentos internacionais, entretanto, começou a ganhar maior relevância a partir da década de 1970, e passou a integrar importantes convenções e documentos internacionais de direitos humanos, em especial o Pacto Internacional de Direitos Econômicos, Culturais e Sociais, a Observação Geral n.º 15 sobre o referido pacto, as Resoluções 64/292 e 70/169 da Organização das Nações Unidas e a Agenda 2030.

No ordenamento jurídico brasileiro, a CRBF/1988 prevê direitos fundamentais que pressupõem o direito à água de qualidade e disponibilidade adequadas. Além disso, tramita no Poder Legislativo brasileiro uma proposta de emenda à constituição que pretende a previsão expressa do direito fundamental à água.

O trabalho aqui proposto parte da análise bibliográfica, principalmente doutrinária, legislativa e de documentos de direito internacional para estudar o fenômeno da internalização do direito humano à água, previsto em diversos pactos e convenções internacionais. Por fim, será realizada a análise da Proposta de Emenda à Constituição que tramita no Congresso Nacional e sua adequação com a referida legislação internacional e seu cabimento no ordenamento jurídico brasileiro.

## **2 DIREITOS FUNDAMENTAIS NA CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL 1988**

Cumprir iniciar o trabalho com uma breve contextualização dos direitos fundamentais na Constituição Brasileira. Os direitos humanos podem ser mencionados desde o período medieval, oriundos de documentos como a Magna Carta (1215), a Declaração de Independência dos Estados Unidos da América (1776), a

Declaração dos Direitos do Homem e do Cidadão (1789), entretanto, encontraram maior força como reflexo às barbáries perpetradas durante a Segunda Guerra Mundial.

Nestas linhas, surge a importância da dignidade da pessoa humana, um dos principais objetos dos direitos humanos contemporâneos. Nestas linhas, discorre Luís Roberto Barroso em seu *Curso de direito constitucional contemporâneo* (2020):

Na reconstrução de um mundo moralmente devastado pelo totalitarismo e pelo genocídio, um novo conceito, cujas raízes se encontravam na religião e na filosofia, ingressa com grande impacto no discurso político e jurídico dos vencedores do conflito: a dignidade humana. Em pouco tempo, a ideia de dignidade humana se tornou o centro axiológico dos sistemas jurídicos e fonte de irradiação dos direitos humanos (BARROSO, 2020, p. 509).

A dignidade da pessoa humana é a valoração inerente à cada ser humano, trata-se da autodeterminação e fonte de autonomia dos indivíduos. Com base na dignidade da pessoa humana, não é possível encontrar legitimação qualquer que justifique a violação de certos direitos inalienáveis, e nem a privação de bens e direitos inerentes a uma vida de qualidade. A dignidade da pessoa humana é tão importante para o ordenamento jurídico brasileiro que é um dos fundamentos da República, prevista expressamente no artigo 1º, inciso III, da CRFB/1988.

Já os direitos fundamentais são a expressão dos direitos humanos enquanto fixados ou positivados em um determinado ordenamento jurídico. Segundo Barroso (2020): “Significam a positivação, pelo Estado, dos direitos morais das pessoas. Isto se dá por previsão expressa ou implícita no texto constitucional, ou no chamado bloco de constitucionalidade” (BARROSO, 2020, p. 511).

A previsão dos direitos fundamentais na Constituição da República Federativa do Brasil (1988) é expressa e se encontra

principalmente no artigo 5º, incisos I a LXXVIII. Ainda, denota-se a importância dos direitos fundamentais para o ordenamento jurídico brasileiro pelo tratamento especial conferido às normas definidoras de direitos e garantias fundamentais, segundo o artigo 5º, parágrafo 1º: “As normas definidoras dos direitos e garantias fundamentais têm aplicação imediata” (BRASIL, 1988).

Ainda, os tratados e convenções internacionais que versem sobre direitos humanos têm tratamento diferenciado, podendo adentrar ao ordenamento jurídico com status constitucional, conquanto obedçam ao mesmo procedimento previsto para as propostas de emenda à constituição. Tal procedimento é previsto pelo artigo 60 da CRFB/1988:

Art. 60. A Constituição poderá ser emendada mediante proposta:

I - de um terço, no mínimo, dos membros da Câmara dos Deputados ou do Senado Federal;

II - do Presidente da República;

III - de mais da metade das Assembléias Legislativas das unidades da Federação, manifestando-se, cada uma delas, pela maioria relativa de seus membros.

§ 1º A Constituição não poderá ser emendada na vigência de intervenção federal, de estado de defesa ou de estado de sítio.

§ 2º A proposta será discutida e votada em cada Casa do Congresso Nacional, em dois turnos, considerando-se aprovada se obtiver, em ambos, três quintos dos votos dos respectivos membros (BRASIL, 1988).

Obedecendo ao procedimento acima disposto, os tratados que versarem sobre direitos e garantias fundamentais serão positivados no ordenamento jurídico brasileiro com status de

emenda à constituição, conforme dispõe o artigo 5º, parágrafo 3º, da CRFB/1988:

Os tratados e convenções internacionais sobre direitos humanos que forem aprovados, em cada Casa do Congresso Nacional, em dois turnos, por três quintos dos votos dos respectivos membros, serão equivalentes às emendas constitucionais (BRASIL, 1988).

Outro indício da elevada relevância conferida às normas de direitos fundamentais na Constituição Brasileira é a impossibilidade de sua alteração por meio de emendas à constituição. Os direitos fundamentais constituem cláusulas pétreas no ordenamento jurídico brasileiro, o que aponta para a super-rigidez da Constituição Brasileira, segundo Barroso (2020):

(...) são eles insuscetíveis de supressão, no sistema constitucional brasileiro, até mesmo por vontade do poder constituinte reformador. De fato, o art. 60, § 4º da Constituição veda expressamente emenda constitucional “tendente a abolir os direitos e garantias individuais”. Doutrina e jurisprudência têm interpretado ampliativamente esta cláusula para incluir, no seu alcance, todos os direitos materialmente fundamentais (BARROSO, 2020, p. 525).

Gilmar Ferreira Mendes e Paulo Gustavo Gonet Branco dispõem, em seu *Curso de Direito Constitucional* (2020), a respeito da impossibilidade de retroação de normas de direitos fundamentais:

No tocante aos direitos e garantias individuais, mudanças que minimizem a sua proteção, ainda que topicamente, não são admissíveis. Não poderia o constituinte derivado, por exemplo, contra garantia expressa no rol das liberdades públicas, permitir que, para determinada conduta (e. g., assédio sexual), fosse possível

retroagir a norma incriminante (BRANCO; MENDES, 2020, p. 168)

Por fim, é imperioso analisar as principais classificações dos direitos fundamentais. Segundo as principais doutrinas, dividem-se entre direitos individuais (ou de primeira geração), frutos de revoluções liberais do século XVIII, “abrange os direitos referidos nas Revoluções americana e francesa. São os primeiros a ser positivados, daí serem ditos de primeira geração” (BRANCO; MENDES, 2020, p. 178). Em um segundo momento, surgiram os direitos políticos como resposta à evolução da participação democrática que caminha do despotismo aos Estados Liberais, chegando finalmente às democracias contemporâneas.

De reconhecimento mais recente, são os direitos sociais, preocupados com as desigualdades sociais e com os “compromissos com a melhoria das condições de vida das pessoas, sobretudo as menos favorecidas” (BARROSO, 2020, p. 517). Por fim, cabe trazer a definição dos direitos difusos, reflexo de anseios mais recentes, tais direitos:

(...) caracterizam-se por pertencerem a uma série indeterminada de sujeitos e pela indivisibilidade do seu objeto, de forma tal que a satisfação de um dos seus titulares implica a satisfação de todos, do mesmo passo que a lesão de um só constitui lesão da inteira coletividade (BARROSO, 2020, p. 520).

Para os fins do presente trabalho, é mais significativo ater-se ao estudo dos direitos sociais e difusos, conquanto o objeto do estudo se encaixa diretamente no rol de direitos fundamentais sociais, conforme se demonstrará nas seções seguintes deste artigo, e se relaciona diretamente com o direito ao meio ambiente, que é um direito difuso, previsto no artigo 225 da Constituição da República Federativa do Brasil (1988), *in verbis*:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum



do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

### **3 O direito humano à água na ordem internacional**

O reconhecimento do direito humano à água no âmbito internacional era bastante tímido até a década de 1970, e, como consequência, a proteção ambiental e a garantia de universalidade de acesso eram praticamente nulas. Este panorama é alterado com o incremento da pressão pelo acesso à água, e a “percepção da relação entre ambiente e qualidade da vida humana trouxe à baila a questão da disponibilidade de água e seu impacto na inviolabilidade, autonomia e dignidade da pessoa” (VILLAR; RIBEIRO, 2012, p. 361).

O Comitê dos Direitos Econômicos, Sociais e Culturais das Nações Unidas reconheceu, em sua Observação Geral n.º 15, e abordou de maneira inovadora o direito à água, cunhado por Pierre-Marie Dupuy com a denominação geral de “droit à l'eau” (DUPUY, 2006, p. 06). O Comitê aprofundou o referido direito como: “o fornecimento suficiente, fisicamente acessível e a um custo acessível, de uma água salubre e de qualidade aceitável para os usos pessoais e domésticos de cada um” (VILLAR; RIBEIRO, 2012, p. 361).

O direito à água é muito importante, e passou a ser revestido de proteção internacional sob o pressuposto de que ele é indispensável para todo e qualquer outro direito fundamental e relacionado à dignidade do homem, e por tratar-se de uma interligação entre os direitos ambientais e os direitos humanos. Este direito não contém reconhecimento explícito na Declaração Universal de Direitos Humanos, no Pacto Internacional sobre Direitos Econômicos, Sociais e Culturais, nem na Carta Internacional de Direitos Humanos, mas é um direito inseparável

de outros de altíssimo reconhecimento, como: direito à vida, à saúde, e não é possível pensar em alimentação, higiene e moradia digna sem o acesso à água nos termos estabelecidos na Observação Geral n.º 15.

Ainda que sem reconhecimento, tal direito passa a ser tangenciado em diversos momentos históricos para os direitos humanos, como na Convenção de Genebra (1949), na Convenção sobre a Eliminação de Todas as Formas Discriminação contra a Mulher (1979), na Convenção de Direitos da Criança (1989). Segundo a visão de Pierre-Marie Dupuy (2006): “Ainsi le international droit positif le plus contemporain incite t’il à se pencher sur les développements qu’est appelé à connaître un domaine placé à la conjonction du droit des eaux” (DUPUY, 2006, p. 6).

Apesar disso, é somente a partir da década de 1970 que o direito à água passa a ganhar relevância no âmbito de convenções sobre o meio ambiente e saúde. Diante desta nova condição é que passa a ser possível evidenciar o direito à água reconhecido de maneira direta nos documentos internacionais, como a Declaração de Estocolmo, de 1972, que reconheceu a necessidade da preservação dos recursos naturais, trazendo a seguinte menção expressa em seu princípio n. 02:

Os recursos naturais da terra incluídos o ar, a água, a terra, a flora e a fauna e especialmente amostras representativas dos ecossistemas naturais devem ser preservados em benefício das gerações presentes e futuras, mediante uma cuidadosa planificação ou ordenamento (ONU, 1972)

Em 1977 ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Água, demonstrando o interesse em desenvolver o tema da universalidade de acesso à água e ao saneamento básico, garantido a todas as nações, independente do seu estágio de desenvolvimento. A partir de então, a preocupação com o acesso à

água evoluiu de maneira muito mais rápida, tendo sido objeto de diversos encontros e pactos internacionais, na visão de Wagner Ribeiro e Carolina Villar (2012), em virtude de seu

[...] caráter indispensável da água para a vida, saúde, alimentação e desenvolvimento humano foi tratado em várias conferências e declarações, pode-se citar a título ilustrativo: a Conferência Internacional sobre Água e o Meio Ambiente (Dublin, 1992); A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio 92); a Conferência Internacional sobre Água e Desenvolvimento Sustentável (Paris, 1998); a Declaração de Nova Déli de 1990; Conferência Internacional sobre a Água Doce (Bonn, 2001) (VILLAR; RIBEIRO, 2012, p. 365)

Ainda assim, o direito à água continuava inacessível para bilhões de indivíduos no mundo. Para contextualizar, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2019), o índice de atendimento com água dos municípios participantes no referido sistema é de apenas 83,7% (oitenta e três inteiros e sete centésimos por cento). Apesar disso, foi apenas em 2002 que o Comitê de Desenvolvimento Econômico, Social e Cultural reconheceu de maneira expressa o direito à água entre os Direitos Humanos, por meio da Observação Geral n.º 15.

A análise dos artigos 11 e 12 do Pacto dos Direitos Econômicos, Sociais e Culturais, bem como da Observação Geral n.º 06, já permitia inferir por meio da análise sistemática o direito humano à água, uma vez que tratam sobre os direitos inerentes ao gozo de uma vida à nível suficiente, e que sem a água é impossível sequer imaginar o gozo de um nível adequado de vida. Os referidos artigos dispõem, de maneira literal:

Artigo 11. Os Estados Partes do presente Pacto reconhecem o direito de toda pessoa a um nível de vida adequado para si próprio e sua família, inclusive à alimentação, vestimenta e moradia

adequadas, assim como a uma melhoria contínua de suas condições de vida. Os Estados Partes tomarão medidas apropriadas para assegurar a consecução desse direito, reconhecendo, nesse sentido, a importância essencial da cooperação internacional fundada no livre consentimento.

Artigo 12. Os Estados Partes do presente Pacto reconhecem o direito de toda pessoa de desfrutar o mais elevado nível possível de saúde física e mental (BRASIL, 1992).

As observações gerais servem para estabelecer linhas interpretativas para os Pactos Internacionais. A supramencionada Observação Geral n.º 15, de 2002, denominada “*O direito à água (artigos 11 e 12 do Pacto dos Direitos Econômicos, Sociais e Culturais)*” fundamenta-se na premissa da água como recurso indispensável para a vida, porém finito, e estabelece que o direito à água enquadra-se nos direitos de desfrutar do nível adequado de saúde física e mental, e de moradia e alimentação adequadas. A Observação geral n.º 15 prevê que o direito à água deve contemplar a liberdade de acessar as fontes existentes de água, livre de contaminação ou interrupção de acesso, e o direito à prestação governamental adequada, no sentido de garantir disponibilidade, qualidade e acessibilidade.

As definições de disponibilidade, qualidade e acessibilidade presentes no documento devem ser aplicadas em todas as circunstâncias, e são as seguintes, conforme o Committee on Economic, Social and Cultural Rights (2002):

(a) Availability. The water supply for each person must be sufficient and continuous for personal and domestic uses.<sup>12</sup> These uses ordinarily include drinking, personal sanitation, washing of clothes, food preparation, personal and household hygiene.<sup>13</sup> The quantity of water available for each person should correspond to World Health Organization (WHO) guidelines.<sup>14</sup>

Some individuals and groups may also require additional water due to health, climate, and work conditions;

(b) Quality. The water required for each personal or domestic use must be safe, therefore free from micro-organisms, chemical substances and radiological hazards that constitute a threat to a person's health.<sup>15</sup> Furthermore, water should be of an acceptable colour, odour and taste for each personal or domestic use.

(c) Accessibility. Water and water facilities and services have to be accessible to everyone without discrimination, within the jurisdiction of the State party. Accessibility has four overlapping dimensions: Physical accessibility, Economic accessibility, Non-discrimination, Information accessibility (CESCR, 2002, p. 05)

As disposições internacionais a respeito do direito humano à água seguiram evoluindo, com o reconhecimento internacional expresso das resoluções 64/292 de 2010, e 70/169, de 2015, que serão aprofundadas no tópico seguinte, uma vez que influenciaram diretamente o ordenamento jurídico brasileiro. Cumpre mencionar que tais resoluções dialogam de maneira intensa com os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio e com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030, compromissos adotados pelo Brasil.

#### **4 DIREITO HUMANO À ÁGUA NO BRASIL: A INFLUÊNCIA INTERNACIONAL E O ORDENAMENTO BRASILEIRO**

Conforme observado no tópico pertinente, a dignidade da pessoa humana constitui fundamento da República Federativa do Brasil (BRASIL, 1988), ademais, a CRFB/1988 prevê, em seu rol de direitos fundamentais, o direito à vida e, no de direitos sociais, os direitos à saúde e à alimentação. Ora, tanto o referido fundamento da república abordado, quanto os direitos fundamentais e sociais

aqui elencados têm como pressuposto em comum: a necessidade de água potável, tratada e de qualidade.

Desta feita, mesmo que ainda não conste especificamente da Constituição da República Federativa do Brasil o direito fundamental à água, a análise extensiva dos dispositivos em comento já é mais do que suficiente para enquadrá-los como direitos fundamentais por analogia. Neste sentido, é impossível falar em saúde plena, alimentação, vida e dignidade sem que seja previsto, e efetivado o acesso à água de qualidade por parte do Estado, nestas linhas:

Pesquisas da Organização Mundial da Saúde indicam, por exemplo, uma direta relação entre saneamento básico e acesso à água potável e saúde pública. Políticas no sentido de melhorias na rede de esgotos reduziriam consideravelmente a quantidade de doenças e, conseqüentemente, os dispêndios com saúde no Brasil (BRANCO; MENDES, 2020, p. 981).

Ademais, em sede da concretização das metas do *Objectivo de Desenvolvimento do Milênio 7*, a Assembleia Geral da ONU reconheceu que “the right to safe and clean drinking water and sanitation as a human right that is essential for the full enjoyment of life and all human rights” (ONU, 2010, p. 2). A referida resolução da ONU conclama os Estados a reconhecer o direito humano à água segura e limpa, bem como ao esgotamento sanitário, e promover condições financeiras para sua efetivação, bem como o trabalho internacional organizado para garantir este fim.

Ademais, a ONU reconheceu, por meio da Assembleia Geral e da Resolução A/RES/70/169, que a água e o saneamento são fundamentais para a adequada realização de todos os outros direitos humanos, posição que vai ao encontro do exposto no presente trabalho, e ainda estabeleceu as condições em que deve ser satisfeito o direito humano à água:

Recognizes that the human right to safe drinking water entitles everyone, without discrimination, to have access to sufficient, safe, acceptable, physically accessible and affordable water for personal and domestic use, and that the human right to sanitation entitles everyone, without discrimination, to have physical and affordable access to sanitation, in all spheres of life, that is safe, hygienic, secure, socially and culturally acceptable and that provides privacy and ensures dignity, while reaffirming that both rights are components of the right to an adequate standard of living (ONU, 2015a, p. 4)

Ou seja, não basta que a água esteja à disposição dos indivíduos, é necessário que sejam obedecidos requisitos de qualidade, quantidade, acessibilidade, e que esteja disponível para os diversos fins: saciedade da sede, alimentação, higiene pessoal, e que esteja disponível para todos os indivíduos, sem distinções de renda, cor, classe social, localidade, consubstanciando-se o princípio da igualdade, constitucionalmente previsto no artigo 5º, caput, da CRFB/1988.

Ainda, a consagração do direito fundamental à água é requisito preponderante para o êxito no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável n. 6, da Agenda 2030, elaborado pela Organização das Nações Unidas. O referido ODS n. 6 prevê que até 2030: será possível a) o acesso universal e equitativo a água potável e segura para todos; b) melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição; c) aumentar a eficiência do uso de águas e assegurar o abastecimento a fim de enfrentar a escassez de água (ONU, 2015b).

Ademais, o ODS n. 6 é central no que diz respeito aos demais objetivos de desenvolvimento sustentável previstos na Agenda 2030: sem o acesso à água potável, tratada e de qualidade, não é possível garantir o ODS n. 2 (fome zero e agricultura sustentável), nem o ODS n. 3 (saúde e bem-estar). Assim, o tratamento internacional da questão já estabelece a água como um direito

humano, e dispõe sobre as diretrizes para a efetivação deste direito, além de estabelecer parâmetros para o gozo da água. Além disso, constitui ponto central no sucesso da Agenda 2030, adotada também pelo Brasil.

O Brasil, por meio de sua Secretaria Nacional de Proteção Global, vinculada ao Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos (2020), reconheceu o direito à água como um direito humano, além de estabelecer que:

[...] o direito à água e ao saneamento são instrumentos de se assegurar direitos em dimensões transversais da vida humana e do ecossistema terrestre. Direitos de primeira dimensão: como o direito à vida e à dignidade humana; direitos de segunda dimensão: como direito à assistência socioeconômica, à saúde, à segurança alimentar e à moradia digna; e ainda direitos de terceira dimensão como o direito ao ambiente sustentável (BRASIL, 2020, p. 4)

A posição adotada pela Secretaria Nacional de Proteção Global encontra-se totalmente alinhada com o posicionamento defendido no presente trabalho. Entretanto, a Constituição da República Federativa do Brasil (1988) não faz menção direta à água como um direito fundamental, as menções à água na CRFB/1988 se dão somente para indicar que são bens da União e dos Estados, conforme dispõem os artigos 20 e 26 da Constituição, *in verbis*:

Art. 20. São bens da União:

III - os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a territórios estrangeiros ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais.

Art. 26. Incluem-se entre os bens dos Estados:



I - as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União

Já no plano legislativo infraconstitucional, é importante destacar o reconhecimento que se deu para a água como recurso natural limitado, dotado de valor econômico (BRASIL, 1997), na forma de que dispõe o artigo 1º, inciso II, da Lei n. 9.433/1997.

A prioridade de uso dos recursos hídricos em casos de escassez deve ser para o consumo humano (alimentação e dessedentação), conforme o artigo 1º, inciso III, da Lei n. 9.433/1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos). Ainda, a referida lei estabelece como objetivo (artigo 2º, inciso I) da Política Nacional de Recursos Hídricos que: “São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos: assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (BRASIL, 1997)

Quanto à questão da qualidade das águas, deve ser compatível com o uso a que se destinar, mediante controle do enquadramento dos corpos de águas em classes, segundo seus usos específicos, na forma do artigo 9º, inciso I, da Lei 9.433/1997. Sobre o tratamento conferido pela Política Nacional de Recursos Hídricos, dispõe Marcelo Abelha Rodrigues em seu curso *Direito Ambiental Esquematizado* (2021)

[...] a água doce é um recurso finito e vulnerável, essencial para sustentar a vida, o desenvolvimento e o meio ambiente; o gerenciamento e o desenvolvimento da água deverão ser baseados numa abordagem participativa, envolvendo usuários, planejadores legisladores em todos os níveis; as mulheres ocupam papel central na provisão, gerenciamento e proteção da água; a água tem valor econômico em todos os seus usos competitivos e deve ser reconhecida como um

bem econômico; a água é reconhecidamente bem de domínio público com múltiplas possibilidades de uso, recurso natural ambiental essencial à sadia qualidade de todas as formas de vida, devendo ser assegurada, em situações de escassez, ao consumo humano e de animais como expressamente prevê a referida lei (RODRIGUES, 2021, p. 86)

Outra legislação do ordenamento jurídico brasileiro que dispõe sobre a água é a Lei n. 11.445/2007, o marco legal do saneamento básico, que teve recente alteração pela Lei n. 14.026/2020. O marco legal estabelece que o abastecimento de água é um dos princípios fundamentais dos serviços públicos de saneamento básico, que, além disso, devem ser prestados com base na universalização, efetividade e integralidade:

Art. 2º Os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos seguintes princípios fundamentais:

I - universalização do acesso e efetiva prestação do serviço;

II - integralidade, compreendida como o conjunto de atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento que propicie à população o acesso a eles em conformidade com suas necessidades e maximize a eficácia das ações e dos resultados;

III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de forma adequada à saúde pública, à conservação dos recursos naturais e à proteção do meio ambiente (BRASIL, 2007).

Por fim, incumbe levantar as disposições da *Declaração do Ministério Público sobre o Direito à Água* (2018). No referido documento, os membros do Ministério Público, agentes diretamente relacionados à justiça em matéria de água, dispõem

que escassez de água e água de má qualidade são problemas da atual geração e das futuras gerações. Desta feita, estabelecem que “desenvolver mecanismos de proteção do Direito Humano à Água e ao Saneamento constitui imperativo legal e moral tanto para os Governos Nacionais quanto para a Comunidade Internacional” (MPF, 2018, p. 1).

Além disso, no referido documento, os procuradores federais asseveram que o direito humano à água já é previsto na comunidade internacional, e que é pressuposto para a promoção dos outros direitos humanos, em sentido próximo ao que discorre o presente artigo, e também ressaltam que

a concretização do Direito Humano à Água e ao saneamento passa por seu fornecimento e disponibilidade de maneira contínua, suficiente, segura, com qualidade aceitável, utilização de instalações fisicamente acessíveis e preços razoáveis para todos, com regras e mecanismos para a integral inclusão dos mais pobres (MPF, 2018, p. 2)

A referida declaração tem como principais objetivos estabelecer 10 princípios. São eles: 1) água como direito humano; 2) água e o cumprimento da função ecológica das propriedades; 3) água e os direitos dos indígenas; 4) água e inclusão social; 5) água e governança; 6) água, prevenção e precaução; 7) *in dubio pro Água*; 8) água poluidor-pagador e usuário-pagador; 9) água e integração ambiental; 10) água e acesso à justiça (MPF, 2018).

Em breve resumo, o primeiro princípio estabelece que a água é direito humano e deve ser aplicado por todas as esferas do poder público. O segundo princípio dispõe que todos os atores envolvidos nas diversas relações de propriedade de terra devem fazê-lo em observância às normas de direito ambiental. O terceiro aponta que a relação entre as populações originais com os recursos hídricos pode ser o caminho para a solução dos problemas contemporâneos relacionados à água.

O quarto princípio dispõe sobre a acessibilidade da população aos serviços de água, incluindo os mais pobres, e que deve haver participação popular ativa no processo decisório. O quinto princípio dispõe sobre a melhoria da governança da água e o sexto, que todos os atores devem prevenir os danos aos recursos hídricos. O sétimo princípio aponta para a solução de controvérsias de maneira sempre mais favorável à conservação dos recursos hídricos.

Por fim, o oitavo princípio dispõe sobre a necessidade de financiamento dos sistemas de recursos hídricos pelos usuários, e, principalmente, por aqueles que poluem. Já o novo princípio prevê a gestão da água com base em análises multissetoriais. Por fim, o décimo princípio reconhece a função do Ministério Público de zelar pela água.

Conforme todo o exposto na presente seção, não faltam disposições em matéria de direito internacional, a exemplo das Resoluções da ONU e da Agenda 2030, que apontem para a água como um direito humano inalienável e irrenunciável. Além disso, o próprio ordenamento jurídico brasileiro apresenta normas constitucionais de direitos fundamentais que pressupõem a água para sua efetivação, além de normas infraconstitucionais que preveem sua defesa, conservação e parâmetros de qualidade. Entretanto, ainda é necessário que tal direito humano seja positivado no ordenamento jurídico constitucional brasileiro, a fim de que o direito à água se torne um direito fundamental.

Neste sentido, já existe uma Proposta de Emenda à Constituição em trâmite, aprovada pelo Plenário do Senado Federal e em análise pela Câmara dos Deputados, que tem como objeto a inclusão do acesso à água potável entre o rol de direitos e garantias fundamentais, tal qual será explorado na seção seguinte do presente trabalho.

## 5 PROPOSTA DE EMENDA À CONSTITUIÇÃO N. 4 DE 2018

A proposta de emenda à Constituição n. 4, de 2018, propõe a inclusão do acesso à água potável entre os direitos e garantias fundamentais. A proposta pretende criar o inciso LXXIX, a ser incluído no artigo 5º da CRFB/1988, que disporá, segundo o artigo 1º da PEC n. 4/2018:

Art. 5º Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza, garantindo-se aos brasileiros e aos estrangeiros residentes no País a inviolabilidade do direito à vida, à liberdade, à igualdade, à segurança e à propriedade, nos termos seguintes:

LXXIX - é garantido a todos o acesso à água potável em quantidade adequada para possibilitar meios de vida, bem-estar e desenvolvimento socioeconômico (BRASIL, 2018, p. 2)

Por tratar-se de norma definidora de direito ou garantia fundamental, impõe-se a disposição do artigo 5º, parágrafo primeiro, da CRFB/1988, já abordada neste trabalho, que dispõe a aplicação imediata de normas desta natureza. Ou seja, o artigo 2º da referida PEC n. 4/2018 versa que a emenda entre em vigor a partir da data de sua publicação.

Incumbe abordar agora a justificação para a Proposta de Emenda à Constituição. Os autores da PEC reconhecem a importância e imprescindibilidade da água para o desenvolvimento dos seres humanos, sob diversos pontos de vista, e frisam o reconhecimento conferido pela Resolução A/RES/64/292 ao acesso à água como direito humano, conforme se lê do texto da PEC n. 4/2018:

Sabemos que a água é um bem essencial à vida. Sua imprescindibilidade vai além da importância biológica para o indivíduo,

alcançando grande relevância para o desenvolvimento socioeconômico e para o bem-estar humano. É por isso que a Assembleia-Geral da Organização das Nações Unidas (ONU), por meio da Resolução no 64/292, de 28 de julho de 2010, reconheceu o direito ao acesso à água potável e ao saneamento como direito humano essencial ao pleno desfrute da vida (BRASIL, 2018, p. 2)

Ainda, a justificação da PEC aponta para o mero reconhecimento, conferido pelo ordenamento jurídico brasileiro, da água como recurso ou bem econômico, e não como direito e garantia fundamental que é. A falta de reconhecimento expresse do acesso à água potável constitui óbice para a satisfação deste direito humano reconhecido internacionalmente, o que constitui um prejuízo enorme para os brasileiros, especialmente os de baixa renda. Neste sentido, dispõe Ivan Luis Barbalho Maia, em seu artigo *O acesso à água potável como direito humano fundamental no direito brasileiro* (2017):

O acesso à água é primordial em uma vida digna, no entanto, o que se vislumbra é uma imensa dificuldade de se concretizar esse direito em algumas regiões do Brasil. O atual papel do direito contemporâneo é reconhecer, afirmar o direito a água como um direito humano fundamental e protegê-lo a fim de que se cumpra o ideal da Declaração Universal dos Direitos Humanos que consiste na melhoria das condições de vida a todas às pessoas (MAIA, 2017, p. 30)

Sobre o problema da dificuldade de acesso por parte das populações de baixa renda, disserta a Procuradora Regional da República, Sandra Akemi Shimada Kishi em seu artigo *Acesso à água potável e ao Saneamento básico como direito humano fundamental no Brasil* (2014):

[...] a captação insignificante em termos econômicos para atender ao abastecimento das necessidades básicas da população há de ser gratuita, à luz dos artigos 20 e 12, § 1º, I e II, da Lei de Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997), não obstante o instrumento da cobrança pelo uso dos recursos hídricos reconheça uma referência econômica, fornecendo ao usuário uma dimensão de seu real valor - artigo 19, I, Lei nº 9.433/1997 (KISHI, 2014, p. 3).

A positivação do acesso à água no rol de direitos fundamentais da CRFB/1988 poderá ser a solução para problemáticas como a exposta, uma vez que facilitará a defesa do direito à água perante o Poder Judiciário. Neste sentido, discorrem BRANCO e MENDES (2020):

Cabe ao Judiciário a tarefa clássica de defender os direitos violados ou ameaçados de violência (art. 5º, XXXV, da CF). A defesa dos direitos fundamentais é da essência da sua função. Os tribunais detêm a prerrogativa de controlar os atos dos demais Poderes, com o que definem o conteúdo dos direitos fundamentais proclamados pelo constituinte. A vinculação das cortes aos direitos fundamentais leva a doutrina a entender que estão elas no dever de conferir a tais direitos máxima eficácia possível (BRANCO; MENDES, 2020, p. 198)

A posição de BARROSO (2020) segue no mesmo sentido ao tratar da função dos Tribunais:

O tribunal constitucional supremo, embora tenha, formalmente, o papel de intérprete final da Constituição, deve atuar de maneira permeável e integrada ao sentimento popular, ao movimento social, às maiorias políticas, ao meio acadêmico, às classes trabalhadoras e empresariais, bem como a todos os segmentos

que desfrutem de algum grau de representatividade. Sem descurar, todavia, de seus papéis essenciais, que incluem a defesa dos direitos fundamentais de todos (inclusive das minorias, que muitas vezes não têm outro espaço de mobilização) e proteção das regras do jogo democrático (BARROSO, 2020, p. 118).

Por fim, aponta-se a necessidade de positivizar o acesso à água como direito fundamental na CRFB/1988, conquanto fator indispensável para a satisfação dos demais direitos fundamentais elencados ao longo do presente artigo, tais quais o direito à vida, à saúde, à alimentação, à higiene pessoal. Ainda, aponta-se para os benefícios referentes à solução de conflitos entre agentes econômicos e cidadãos consumidores:

Essa alteração na Constituição dotará os aplicadores do direito de ferramentas adequadas para garantir que o interesse econômico-mercantil que atualmente desponta com vigor em torno do tema, não se sobreponha ao direito humano de se obter água potável para viver dignamente (BRASIL, 2018, p. 3)

É fundamental destacar que o mesmo posicionamento adotado pelo Senado Federal, ao aprovar a referida PEC, deve se dar no âmbito da Câmara dos Deputados, tendo em vista a orientação internacional prévia, e a função do legislador constitucional derivado de satisfazer o interesse e os clamores populares. Além disso, o reconhecimento constitucional positivado só fixará o que já se obtém pela análise analógica e extensiva de outros direitos fundamentais individuais, sociais e difusos.



## **6 CONCLUSÃO**

Em resumo, o direito humano à água apresentou uma evolução relativamente rápida a partir da década de 1970, e tem sido mencionado expressamente em cada vez mais documentos de direito internacional. Como observado, torna-se direito fundamental aquele direito humano previsto em pacto ou convenção internacional que é absorvido pelo ordenamento jurídico interno de um país.

O Brasil prevê diversos direitos fundamentais, que, a exemplo do que ocorreu com o Pacto Internacional de Direitos Econômicos, Culturais e Sociais, pressupõem o reconhecimento do direito à água para sua plena satisfação, o que no âmbito internacional foi reconhecido pela Observação Geral n.º 15. Como referência, são os direitos à vida, à saúde, à alimentação, à higiene e à moradia, impossíveis de serem atingidos sem o direito à água. Hoje, resoluções internacionais da ONU já preveem a obrigação dos países de observar o direito à água em seu âmbito interno.

Assim, o reconhecimento do direito à água como direito fundamental dentro do ordenamento jurídico brasileiro não se faz indispensável, vez que este direito já pode ser reconhecido por analogia e pelo exercício da interpretação sistemática do ordenamento. Entretanto, não há nada a perder com a aprovação da PEC n. 4 de 2018, que prevê o direito fundamental à água no rol de direitos e garantias fundamentais da Constituição.

Resta explorar questões relativas à imprescindibilidade de previsão constitucional de direitos e garantias fundamentais para a defesa completa dos interesses da população, principalmente perante os Tribunais Superiores, e ao caráter vinculante ou não das resoluções da ONU, que serão aprofundadas em trabalhos futuros.

## REFERÊNCIAS

BARROSO, Luís Roberto. **Curso de direito constitucional contemporâneo: os conceitos fundamentais e a construção do novo modelo**. 9. ed. – São Paulo: Saraiva Educação, 2020.

BRANCO, Paulo Gonet; MENDES, Gilmar Ferreira. **Curso de direito constitucional**. 15. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2020. (Sério IDP)

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Decreto nº 591, de 6 de julho de 1992. Atos Internacionais. **Pacto Internacional sobre Direitos Econômicos, Sociais e Culturais**. Promulgação. 1992. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1990-1994/d0591.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/d0591.htm)>. Acesso em: 18 abr. 2021.

BRASIL. **Nota Técnica N.º 30/2020/GAB.SNPG/SNPG/MMFDH**. Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos. Secretaria Nacional de Proteção Global. Brasília, DF. 2020. Disponível em: <[https://www.gov.br/mdh/pt-br/assuntos/noticias/2020-2/setembro/SEI\\_00135.216703\\_2020\\_84.pdf](https://www.gov.br/mdh/pt-br/assuntos/noticias/2020-2/setembro/SEI_00135.216703_2020_84.pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2021.

BRASIL. **Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)>. Acesso em: 18 abr. 2021.

BRASIL. **Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê

Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis n<sup>os</sup> 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei n<sup>o</sup> 6.528, de 11 de maio de 1978. Brasília, DF. 2007. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)>. Acesso em: 18 abr. 2021.

BRASIL. **PEC n. 4, de 2018**. Inclui, na Constituição Federal, o acesso à água potável entre os direitos e garantias fundamentais.

Brasília, DF. 2018. Disponível em:

<<https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documentodm=7631316&ts=1617811726436&disposition=inline>>. Acesso em: 18 abr. 2021.

CESCR- Committee on economic, social and cultural rights.

**General Comment n. 15. The right to water (Articles 11 and 12 of the International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights)**. UN, Genebra, 2002. Disponível em:

<<http://www.unhchr.ch>>. Acesso em: 28 ago. 2021.

DUPUY, Pierre-Marie. **Le droit à l'eau, un droit international?**

EUI Working Paper LAW. n. 06. European University Institute. Department of Law. Italy. 2006.

KISHI, Sandra Akemi Shimada. Acesso à água potável e ao saneamento básico como Direito Humano Fundamental no Brasil.

**Temas Aprofundados do Ministério Público Federal**.

VITORELLI, Edilson (Org.), Salvador/BA-Brazil: Editora Juspodivm, 2014.

MAIA, Ivan Luis Barbalho. O acesso à água potável como direito humano fundamental no direito brasileiro. **Revista do CEPEJ**, Salvador, v. 20, pp 301-338, jul-dez, 2017.

MPF. Ministério Público Federal. **Declaração do Ministério**

**Público sobre o Direito à água**. 8<sup>o</sup> Fórum Mundial da Água.

Brasília, Brasil. 2018. Disponível em:

<<http://www.mpf.mp.br/pgr/documentos/Declaraogua.pdf>>. Acesso em 28 ago. 2021.

ONU. Organização das Nações Unidas. Declaração **de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano**. In: Anais Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano. 1972.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Resolução A/RES/64/292**, de 28 de julho de 2010, da Assembleia Geral da ONU. The human right to water and sanitation. 2010 Disponível em: <<https://undocs.org/A/RES/64/292>>. Acesso em 28 ago. 2021.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Resolução A/RES/70/169**, de 17 de dezembro de 2015, da Assembleia Geral da ONU. The human rights to safe drinking water and sanitation. 2015. Disponível em: <<https://undocs.org/A/RES/70/169>.> Acesso em: 28 ago. 2021.

ONU. Organização das Nações Unidas. **O Direito Humano à Água e Saneamento**. Comunicado à Mídia. 2010. Disponível em: <[https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human\\_right\\_to\\_water\\_and\\_sanitation\\_media\\_brief\\_por.pdf](https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2021

RODRIGUES, Marcelo Abelha. Coord LENZA, Pedro. **Direito ambiental**. - 8. ed. - São Paulo: Saraiva Educação, 2021.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. Ministério do Desenvolvimento Regional. 2019.

VILLAR, Carolina Pilar; RIBEIRO, Wagner Costa. A percepção do direito humano à água na ordem internacional. **Revista de Direitos Fundamentais e Democracia**, Curitiba, v. 11, n. 11, p. 358-380, jan/jun. 2012. Disponível em: <<https://revistaeletronicardfd.unibrasil.com.br/index.php/rdfd/article/view/161/157>>. Acesso em: 12 jun. 2021.

## CAPÍTULO 5

### OUTORGA DE DIREITO DE USO DA ÁGUA COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE

**Joana Sofia Moreira da Silva<sup>10</sup>, Mateus Yukio Tagata<sup>11</sup> & Alex Pires Carneiro<sup>12</sup>**

#### INTRODUÇÃO

O termo desenvolvimento sustentável surgiu em 1980 e foi consagrado em 1987 pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Comissão Brundtland, que produziu um relatório considerado básico para a definição desta noção e dos princípios que lhe dão fundamento (IBGE, 2017).

Segundo Van Bellen (2004), foi a partir da década de 1990, com a instauração das ideias oriundas da ECO-92, que o termo desenvolvimento sustentável alcançou um destaque inusitado, tornando-se um dos termos mais utilizados para se definir um novo modelo de desenvolvimento. No entanto, o autor comenta que esta crescente legitimidade do conceito não veio acompanhada de uma discussão crítica consistente a respeito do seu significado efetivo e das medidas necessárias para alcançá-lo. Este fato, atrelado à complexidade do termo, que envolve um alto nível de multidisciplinaridade, contribuiu para suas inúmeras interpretações existentes (COSTA, 2013).

---

<sup>10</sup> Mestranda do Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) - UFBA. joanasofiamoreira.silva@gmail.com

<sup>11</sup> Mestrando ProfÁgua - UFBA. mateustagata@outlook.com

<sup>12</sup> Doutor em Sostenibilidad, Tecnología y Humanism - Universitat Politècnica de Catalunya - Barcelona Tech. Professor adjunto da Universidade Federal da Bahia. alexpires@ufba.br

Independentemente das diversas considerações a respeito das dimensões da sustentabilidade, Gasparatos, El-Haram e Hroner (2008) afirmam que avaliações relacionadas a essa temática devem, acima de tudo: considerar as consequências das ações do presente no futuro; reconhecer a existência de incertezas quanto ao resultado de nossas ações no presente; proporcionar o engajamento da população; incluir considerações de equidade intrageracional e intergeracional (COSTA, 2013).

De acordo com Siche (2007), para que uma sociedade seja considerada sustentável faz-se necessário que a pressão que os indivíduos exercem sobre a natureza esteja dentro dos limites desta em responder de modo equilibrado a esta pressão. Percebe-se, então, que na busca pela sustentabilidade é essencial que as pessoas compreendam os limites de exploração do meio natural e que suas ações podem afetar o equilíbrio da natureza. Sendo assim, verifica-se a necessidade de estabelecer mecanismos capazes de gerar informações que resumam o atual estado do ambiente e que possam servir de base para subsidiar políticas públicas e as ações da sociedade que conduzam à direção da sustentabilidade (COSTA, 2013).

Nessa linha de raciocínio, a outorga pelo direito de uso da água se apresenta como um poderoso indicador de sustentabilidade no que se refere à garantia de acesso à água. Sabe-se que a outorga é um dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (Lei N° 9433/05) e, por sua natureza político-administrativa, seu emprego se dá em forma de garantias de modo a prover a gestão das demandas e garantir tanto os usos múltiplos da água como o seu acesso e disponibilidade.

Silveira *et al.* (1998) afirmam que a outorga de uso é o principal instrumento para a administração da oferta da água. Esse pensamento foi ratificado por Tucci (2004), evidenciando a outorga como instrumento de gestão capaz de assegurar o controle

quantitativo e qualitativo de acesso a esse recurso, ou seja, o uso múltiplo e conseqüentemente o acesso de todos à água com qualidade. Assim, há o questionamento referente ao emprego da outorga pelo direito de uso da água como indicador em estudos de sustentabilidade realizados no Brasil.

O presente artigo, então, pretende analisar a aplicação da outorga pelo direito de uso da água, como instrumento de gestão, como indicador de sustentabilidade, e questionar para qual finalidade seu emprego está sendo utilizado em estudos de indicadores de sustentabilidade. Assim, procura-se evidenciar se a outorga é um indicador de sustentabilidade importante, se está presente nas análises de sustentabilidade sobre águas em geral ou se os autores desses estudos a descartam, se ela possui natureza tendenciosa e se é suficiente, ou seja, não necessita da adição de outro indicador ou de um conjunto de indicadores para se tornar relevante.

## **DESENVOLVIMENTO**

Este estudo realizou uma revisão exploratória da literatura sobre outorga do uso da água e indicadores de sustentabilidade, com o objetivo de identificar como a outorga é utilizada para os indicadores de sustentabilidade.

O estudo divide-se em duas etapas. Na Etapa 1 (Identificação das publicações), inicialmente definiram-se as bases de busca e termos (*string*) de pesquisa. A busca por publicações foi realizada nas seguintes bases de dados: Periódicos CAPES, Scopus, e revistas científicas. Os termos de pesquisa (*strings*) foram: outorga, indicadores de sustentabilidade, gestão de recursos hídricos. Foram identificadas onze publicações com base nesta metodologia. Dessas publicações, dez são artigos publicados entre 1996 e 2016, e três são trabalhos de conclusão de curso publicados

entre 2004 e 2013, comprovando a relevância do estudo e a escassez de obras com essa temática.

Na Etapa 2 (Análise das publicações), realizou-se a análise estruturada do conteúdo evidenciado nos artigos, quando foram analisados os conteúdos e identificadas evidências que proporcionaram a relação entre os trabalhos de maior pertinência, e foi estabelecida uma relação entre o tema geral e o objeto de estudo, para atender o que foi proposto pelo trabalho.

De acordo com o Relatório Brundtland – publicado em 1988 em português com o título *Nosso futuro comum* – desenvolvimento sustentável é um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações futuras. É aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades (IBGE, 2017).

Esta conceituação serviu de base durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (ECO-92), sediada no Rio de Janeiro em 1992, para as discussões acerca dos compromissos consensuais a serem tomados para atingir um desenvolvimento mais sustentável para o século XXI. Ela contribuiu também para a elaboração da agenda 21, o principal documento do encontro (COSTA, 2013).

No Brasil, é no Código de Águas de 1934 que aparece a primeira menção à necessidade de se obter uma autorização para usar a água. O Código criou três categorias de propriedade das águas (domínio): as públicas, subdivididas em águas de uso comum e águas dominicais; as comuns; e as particulares (ANA, 2011).

No que se refere aos usos de recursos hídricos, eles eram autorizados por meio de concessões ou autorizações. As concessões eram outorgadas por meio de decreto do Presidente da



República, após encaminhamento pela entidade outorgante. As autorizações não necessitavam passar pelo Presidente da República (ANA, 2011).

O Código de Águas tinha a previsão de derivações de pouca expressão, afirmando que elas deveriam ser dispensadas de outorga sem, no entanto, estabelecer critérios para tal dispensa (ANA, 2011).

Embora a Constituição Federal de 1946 tenha feito alterações quanto ao domínio das águas, foi a Constituição de 1988 que trouxe elementos significativos para a atual gestão dos recursos hídricos no país. Ao longo desses anos foi eliminada a figura da propriedade privada da água, assim como das águas municipais (ANA, 2011).

Em 1997, a Lei nº 9.433 (Lei das Águas) instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, sendo a outorga de direitos de uso de recursos hídricos um dos seus instrumentos e um dos principais indicadores de sustentabilidade de segurança hídrica do país.

Em termos gerais, o gerenciamento dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica deve promover e assegurar a preservação, uso, conservação e recuperação das águas, de modo que esse elemento esteja disponível em condições que atenda as necessidades dos mais variados tipos de uso de forma compatível com o desenvolvimento equilibrado e sustentável de uma região. Sendo assim, entende-se que não somente a gestão da água, mas a sua gestão compartilhada é, portanto, um instrumento potencialmente poderoso de consolidação do desenvolvimento sustentável em uma bacia hidrográfica (COSTA, 2013).

Nesse sentido, verifica-se a necessidade de se fazer uso de métodos que agreguem informações de todas as dimensões da sustentabilidade, criando-se e analisando-se não somente indicadores de qualidade ambiental, mas considerando-se em conjunto os indicadores sociais e econômicos (COSTA, 2013). De acordo com Reis (2010), somente nessas condições será possível alcançar as metas de sustentabilidade, propor um planejamento

executável, sem que haja priorização das exigências antrópicas ou naturais.

Laura (2004) propõe um método de modelagem de um sistema de indicadores de sustentabilidade para a gestão dos recursos hídricos. O objetivo geral da autora é desenvolver um método que permita, simultaneamente, a modelagem de um sistema de indicadores substantivos (no sentido de possuírem exaustividade e efetividade) para avaliar a sustentabilidade do sistema dos recursos hídricos e a participação dos atores sociais, visando a ter maior conhecimento do problema e legitimidade do processo da gestão dos recursos hídricos numa bacia hidrográfica.

Em sua matriz de indicadores, Laura (2004) define diferentes áreas de interesse e lhes atribui a nomenclatura *clusters*. Ao todo, foram utilizados 238 indicadores, sendo que alguns deles (88 indicadores) são partilhados entres os *clusters* setoriais do sistema de recursos hídricos. É nesta categoria de indicadores partilhados que a outorga se encontra, ou seja, o indicador de sustentabilidade foi aplicado em áreas de interesse com o intuito de avaliar o grau com que o órgão ambiental competente emite outorga pelo direito de uso dos recursos hídricos.

Assim, entende-se que a outorga pelo direito de uso da água é utilizada na obra de Laura (2004) como um índice de aplicação, de modo a avaliar os impactos gerados pelos estados de vigência (considerado bom), em andamento (considerado neutro) ou sem outorga nem em andamento (considerado ruim). Essa prerrogativa é reforçada quando se consultam os resultados da autora onde a outorga está inserida no ponto de vista dos instrumentos de gestão da água e ambiental, onde, segundo a mesma, caso a aplicação dos instrumentos de gestão ambiental seja eficaz, melhor será para o meio ambiente.

Francisco e Carvalho (2008) propuseram uma avaliação da sustentabilidade hídrica de municípios abastecidos por pequenas bacias hidrográficas, com enfoque em Angra dos Reis. Essa

avaliação visa a apresentar uma metodologia de avaliação da sustentabilidade hídrica de municípios abastecidos por pequenas bacias hidrográficas, considerando-se o balanço entre quantidade e demanda hídricas atuais, a dinâmica demográfica e o arcabouço legal pertinente.

Curiosamente, os autores não utilizaram a outorga pelo direito de uso da água como indicador, apesar de abordarem-na e discorrerem sobre ela durante seus estudos. O estudo discorreu sobre balanço hídrico, disponibilidade hídrica e demanda hídrica, e o levantamento de dados utilizou majoritariamente informações provenientes do Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA), para a estimativa da quantidade hídrica, e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), além de métodos indiretos de avaliação apoiados por dados obtidos em levantamentos de campo, ou fornecidos pelas empresas consumidoras e fornecedoras de água, para estimativa de demanda. A outorga não foi utilizada em nenhuma etapa da avaliação.

Vieira e Studart (2009) propuseram uma metodologia para o desenvolvimento de um índice de sustentabilidade hidroambiental de áreas serranas no semiárido brasileiro. Os autores realizaram um estudo de caso sobre o Maciço de Baturité, no estado do Ceará, e o objetivo do trabalho foi propor uma metodologia para o desenvolvimento de um índice de sustentabilidade hidroambiental que permitisse auxiliar na caracterização da APA de Baturité, assim como melhor atender as necessidades das atividades de monitoramento e gerenciamento, e apoiar os Sistemas de Suporte à Decisão do Estado do Ceará.

Os autores abordaram os índices hídrico, físico, biótico e antrópico para geração do índice de sustentabilidade hidroambiental proposto. Apesar de utilizar indicadores de demanda hídrica, de disponibilidade de água per capita e índice de utilização de disponibilidade, a outorga pelo direito de uso da água

não foi mencionada em nenhuma passagem da obra. Vieira e Studart (2009) exibem a composição do índice de sustentabilidade hidroambiental, porém não discorreram sobre os índices escolhidos, sendo impossível compreender o pensamento sobre a não inclusão da outorga em seu trabalho.

Costa (2013) propôs o desenvolvimento de uma metodologia voltada à construção de um índice de sustentabilidade ambiental para a bacia hidrográfica do rio Pirapó que contemple as suas especificidades, gerando informações que permitirão avaliar a situação da qualidade ambiental do ecossistema. Seu objetivo foi selecionar indicadores que melhor possam caracterizar a sustentabilidade do uso da água na bacia e atribuir pesos aos indicadores considerados na construção do índice de sustentabilidade ambiental do uso da água. A compilação desses indicadores serviu como material base para auxiliar no processo de adoção de políticas públicas que colaborem para o uso racional da água, promovendo a conservação da bacia hidrográfica em questão.

A autora comenta que optou por elevar os fatores relacionados à qualidade da água e ações governamentais relacionadas à gestão das águas ao patamar de dimensão, entendendo que estes se apresentam como questão determinante no comprometimento dos múltiplos usos da água. Desse modo foram criadas a dimensão água e a dimensão político-institucional, finalizando a composição do índice de segurança ambiental proposto pela autora com as dimensões ambiental e socioeconômica.

Nessa configuração, a outorga pelo direito de uso da água foi inserida na dimensão político-institucional. Segundo Costa (2013), a dimensão político-institucional tem por objetivo avaliar a influência das políticas e estratégias governamentais direcionadas ao uso racional da água. Para isso, foram considerados como indicadores dessa dimensão alguns dos

instrumentos e princípios da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), uma vez que estes visam a assegurar a água em quantidade e qualidade adequadas à atual e às futuras gerações por meio do seu uso sustentado.

A importância da classificação dos indicadores político-institucionais na dimensão avaliada está vinculada ao grau de subordinação que estes apresentam entre si. Dessa forma, quanto maior for o nível de dependência de um indicador em relação aos demais, menor será o seu peso final (COSTA, 2013). Segundo os resultados expostos pela autora, a outorga pelo uso da água foi o segundo mais importante na dimensão avaliada, recebendo peso de 0,334 (33%), ou seja, ele foi responsável por um terço da importância total da dimensão na composição do índice final, tendo sido apenas superado pela existência de comitê de bacia hidrográfica, com peso 0,525 (53%).

Entende-se, dessa maneira, que a outorga nesse caso assume o papel de fator limitante em relação à cobrança da água, por exemplo. Pode-se interpretar inclusive que a outorga pelo uso da água, segundo Costa (2013), é um indicador de sustentabilidade com relativo nível de independência, sendo apenas subordinado ao comitê de bacia hidrográfica.

Carvalho e Curi (2015) apresentam uma metodologia baseada na análise multicriterial e multidecisor, composta por indicadores de gestão dos recursos hídricos, capaz de medir a performance dos municípios. Nessa tentativa de estabelecimento de novas metodologias, foram consideradas seis dimensões: Fontes de água (8 indicadores), Demandas de água (11 indicadores), Gestão da água (6 indicadores), Gestão das cidades em relação à água (7 indicadores), Gestão das cidades em relação à água (7 indicadores), impactos sociais, econômicos e ambientais (5 indicadores) e Preservação ambiental (3 indicadores).

Na proposta dos autores supracitados, a outorga pelo direito de uso da água está inserida na dimensão da gestão das águas, e

encontra-se segmentada em: fração da demanda de água outorgada para abastecimento humano, fração da demanda de água outorgada para irrigação e fração da demanda de água outorgada para abastecimento rural (exceto irrigação).

Carvalho e Curi (2015) tinham como objetivo principal a obtenção do desempenho dos municípios frente à adoção da metodologia por eles proposta, e então consistiu-se em uma ordenação final dos 19 municípios analisados. Dessa forma, os autores não dedicaram grandes discussões à outorga pelo direito de uso da água como indicador para suas finalidades, porém, foi possível constatar que as últimas colocações em seu ordenamento final eram preenchidas por municípios que apresentavam ausência de outorgas concedidas.

No que diz respeito à escolha dos indicadores, Hamilton (1996) reporta que estes devem possuir qualidades que justifiquem sua escolha, como, porexemplo: relevância; condições analíticas (embasamento técnico-científico); mensurabilidade (dados facilmente disponíveis e custos aceitáveis); qualidade dos dados; e compatibilidade, a qual é especialmente importante na busca de níveis referenciais para a determinação de metas (COSTA, 2013).

É válido ressaltar que os índices e indicadores de sustentabilidade ambiental, ao contrário do que se possa pensar, não devem ser compostos apenas de um conjunto de indicadores ambientais (COSTA, 2013). Quiroga (2001) comenta que, em virtude da sua multidisciplinaridade, os índices e indicadores de sustentabilidade ambiental devem relacionar também questões vinculadas aos fatores econômicos e aos aspectos sociais de uma população.

Em síntese, foram identificadas cinco publicações onde os autores apontam a outorga em seu estudo, detalhadas no Quadro 1.

**Quadro 1.** Resumo dos autores analisados.

<b>Autor</b>	<b>Estudo</b>	<b>Utiliza a outorga</b>	<b>Classificação</b>	<b>Observação</b>
Laura (2004)	Método de modelagem de um sistema de indicadores de sustentabilidade para gestão dos recursos hídricos	Sim	Índice de aplicação	N. A.*
Francisco e Carvalho (2008)	Avaliação da sustentabilidade hídrica de municípios abastecidos por pequenas bacias hidrográficas, com enfoque em Angra dos Reis	Não	N. A.*	N. A.*
Vieira e Studart (2009)	Metodologia para o desenvolvimento de um índice de sustentabilidade hidro-ambiental de áreas serranas no semiárido brasileiro	Não	N. A.*	N. A.*
Costa (2013)	Desenvolvimento de uma metodologia voltada à construção de um índice de sustentabilidade ambiental para a bacia hidrográfica do rio Pirapó	Sim	Dimensão político-institucional	É um indicador de sustentabilidade e com relativo nível de independência sendo apenas subordinado ao comitê de bacia hidrográfica.

Carvalho e Curi (2015)	Metodologia baseada na análise multicriterial e multidecisor composta por indicadores de gestão dos recursos hídricos capaz de medir a performance de municípios	Não	N. A.*	Mesmo não utilizando a outorga, foi identificado que as últimas colocações no ordenamento final dos 19 municípios são dos que não possuem outorgas concedidas.
------------------------	--	-----	--------	--

N. A.\*- Não se Aplica

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Sendo assim, os autores das cinco publicações relacionadas no quadro supracitado propuseram modelagem, desenvolvimento de metodologias e avaliações acerca de problemáticas que envolvem a gestão de recursos hídricos. De diferentes formas, todos se apoderaram dos índices de sustentabilidade como uma importante ferramenta, com capacidade para orientar o planejamento e gerenciamento do uso racional dos recursos naturais, e o uso dos índices de sustentabilidade como articulador para a tomada de decisão de forma assertiva.

## CONCLUSÃO

Após a análise dos artigos selecionados, foi identificado que há utilização da outorga como indicador de sustentabilidade na gestão de recursos hídricos, mas ele não foi aplicado por todos os autores. Aqueles que a utilizaram se apropriaram da natureza administrativa do instrumento de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos e consideraram a outorga na dimensão político-institucional. Outros autores utilizaram a outorga como um índice



de aplicação, de modo a avaliar os impactos gerados pela ausência de outorga, por estar em andamento ou pela sua vigência. Por fim, foi possível identificar certa independência do indicador outorga quando na dimensão político-institucional. Sendo apenas submetido ao comitê de bacia, a outorga como indicador de sustentabilidade tem certo grau de independência, sendo inclusive essencial para a existência de outros instrumentos, a exemplo da cobrança pelo uso da água.

Recomenda-se a adoção da outorga de direito de uso dos recursos hídricos em todas as propostas que considerarem um estudo sobre o balanço hídrico de uma região. Acredita-se que mesmo quando não considerada a dimensão político-institucional, a outorga pode fornecer informações acerca da demanda já regularizada da região em estudo. Quando detectadas alternativas para o monitoramento da demanda, caso sejam consideradas mais pertinentes, concorda-se com a supressão da outorga como indicador no estudo de sustentabilidade.

## **AGRADECIMENTO**

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001; agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA/AUXPE No 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Outorga de direito de uso de recursos hídricos. **Cadernos de capacitação em recursos hídricos**. v. 6. Ministério do Meio Ambiente. Brasília – DF 2011.

BUSCHENELLI, C. C. A.; SILVA, A. S.; HERMES, L. C. Aspectos metodológicos do índice de sustentabilidade ambiental do uso da água. *In*: FAY, E. F.; SILVA, C. M. M. S. (org). **Índice do uso sustentável da água (ISA-ÁGUA) – região do submeioSão Francisco**. EMBRAPA meio ambiente, Jaguariúna, 2006.

CARVALHO, J. R. M; CURI, W. F. Sistema de indicadores para a gestão de recursos hídricos em municípios: uma abordagem através dos métodos multicritério e multidecisor. Artigo aceito pela **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional** • G&DR • v. 12, n. 2, p. 374-398, maio-agosto de 2016, Taubaté, SP, Brasil.

COSTA, R. E. **Elaboração de um índice de sustentabilidade ambiental do uso da água na bacia hidrográfica do rio Pirapó**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana do Departamento de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá. Maringá - PR, Brasil, 2013.

FRANCISCO, C. N.; CARVALHO, C. N. Avaliação da Sustentabilidade Hídrica de Municípios Abastecidos por Pequenas Bacias Hidrográficas: O Caso de Angra dos Reis, RJ. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.13 n.2 Abr/Jun 2008, 15-30.

GASPARATOS, A.; EL-HARAM, M.; HORNER, M. Assessing the sustainability of the UK society using thermodynamic concepts: Part 2. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2008a. In Press.

HAMILTON, K. **Policy Driven Indicators for Sustainable Development**. Mediterranean Blue Plan Environmental Performance Indicators Workshop. Damasco, World Bank, 1996.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - IDS**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Brasília - DF, Brasil, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ids/tabelas>>, acesso em 16 de Maio de 2021.

LAURA, A. A. **Um método de modelagem de um sistema de indicadores desustentabilidade para gestão dos recursos hídricos - misgerh: O caso da baciados sinos**. Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS, julho de 2004.

QUIROGA, R. M. **Indicadores de sostenibilidad ambiental y desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas**. Division de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Santiago, Chile, 2001

REIS, A. L. Q. **Índice de sustentabilidade aplicado à Bacia do Rio Cuiá - João Pessoa (PB)**. 2010. 137p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e MeioAmbiente) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, H.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & Sociedade**, v. 10, n. 2, p. 137-148. 2007.

SILVEIRA, G. L.; ROBAINA, A. D.; GIOTTO, E.; DEWES, R. Outorga para uso dos recursos hídricos: aspectos práticos e conceituais para o estabelecimento de um sistema informatizado. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 3, n.3, p. 5-16.1998.

TUCCI, C. E. M.: Desenvolvimento dos recursos hídricos no Brasil. **GlobalWater Partnership South America**, p.28, 2004.

VAN BELLEN, H. M. Sustainable development: presenting the main measurement methods. **Ambiente e Sociedade**, v.7, n.1, p.67-87. 2004

VIEIRA, M. S; Studart, T. M. C. proposta metodológica para o desenvolvimento de um índice de sustentabilidade hidro-ambiental de áreas serranas no semiárido brasileiro - estudo de caso: Maciço de Baturité. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos** Volume 14 n.4 Out/Dez 2009, 125-136.

## CAPÍTULO 6

### ATRIBUIÇÕES DAS ENTIDADES EXECUTIVAS JUNTO AOS COMITÊS DE BACIA HIDROGRÁFICA DO ESTADO DE SANTA CATARINA

**André Leão<sup>13</sup>, Aline Schuck Rech<sup>14</sup> & Cristiano Poletto<sup>15</sup>**

#### INTRODUÇÃO

Os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs) são órgãos colegiados, com atribuições consultivas, propositivas e deliberativas, porém não executivas. Para que se materializem as decisões das plenárias, surge a figura das Agências de Águas (atreladas aos recursos oriundos do instrumento de cobrança pelo uso de recursos hídricos), responsáveis, entre outras atribuições, por assessorar tecnicamente e administrativamente os CBHs (BRASIL, 1997).

Devido à não implementação do instrumento de cobrança no estado de Santa Catarina, e diante da necessidade de buscar soluções que avançassem na gestão de recursos hídricos em âmbito de bacias hidrográficas, instituiu-se a figura das Entidades Executivas através da publicação da Resolução n° 20, de 23 de abril de 2018, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH. A Resolução traz em seu Art. 2° que as Entidades Executivas são órgãos setoriais de apoio e execução, cujas competências são

---

<sup>13</sup> Mestrando do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua), polo UFRGS/IPH. [engenheiro.andreleao@gmail.com](mailto:engenheiro.andreleao@gmail.com)

<sup>14</sup> Professora da Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC, Campus de Xaxim. [aline\\_schuck17@yahoo.com.br](mailto:aline_schuck17@yahoo.com.br)

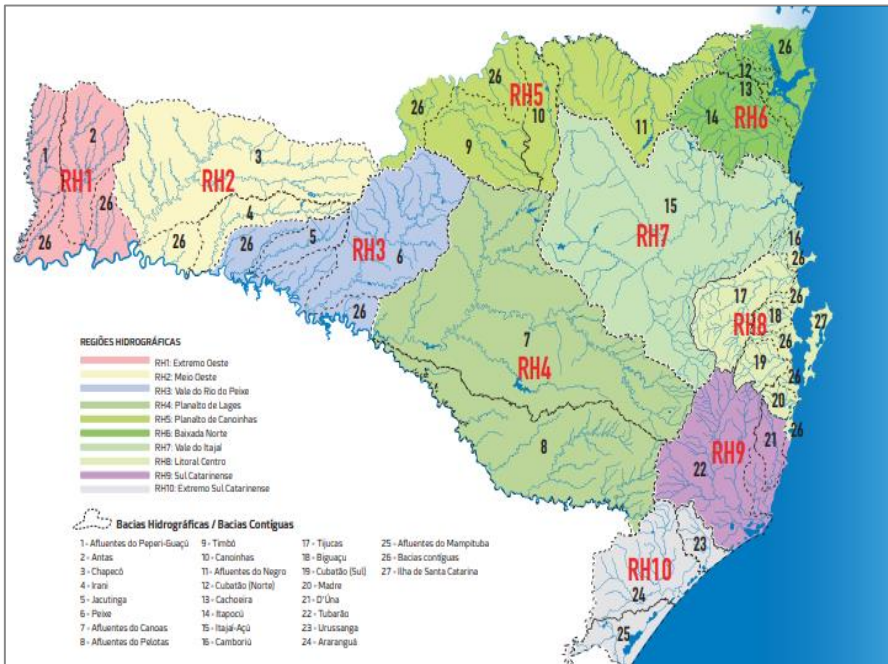
<sup>15</sup> Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. [cristiano.poletto@ufrgs.br](mailto:cristiano.poletto@ufrgs.br)

relativas à assessoria técnica, administrativa, logística e operacional de um ou mais CBHs. Elas devem ser classificadas como organizações sem fins lucrativos, e são selecionadas por meio de um edital de chamamento público, nos termos da Lei Federal n.º 13.019 de 2014.

Dessa forma, o objetivo desta pesquisa é descrever as atividades de assessoramento técnico, executivo e administrativo prestadas pelas Entidades Executivas junto aos Comitês de Bacias Hidrográficas catarinenses. Esta pesquisa justifica-se pela importância desse suporte dado aos comitês, a fim de garantir a continuidade das atividades desenvolvidas pelos comitês, padronizações técnicas, e também na mobilização da plenária para a efetiva gestão dos recursos hídricos.

## **DESENVOLVIMENTO**

Para o desenvolvimento desta pesquisa, utilizaram-se as informações das Entidades Executivas do estado de Santa Catarina. Antes da compreensão das funções executadas pelas mesmas, é preciso conhecer as regiões hidrográficas do estado e a composição das bacias hidrográficas dessas regiões. A seguir, a Figura 1 apresenta as 10 regiões hidrográficas (RH) do estado.



**Figura 1.** Regiões Hidrográficas do Estado de Santa Catarina

**Fonte:** CERTI, 2017.

Cada RH é compreendida por um grupo de bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas similares. Com relação à sobreposição entre os limites das RHs Estaduais e a divisão das Regiões Hidrográficas Nacionais, quatro RHs pertencem à Região Hidrográfica do Rio Uruguai, uma RH pertence à Região Hidrográfica do Rio Paraná, e cinco RHs pertencem à Região Hidrográfica do Atlântico Sul (CERTI, 2017). A Tabela 1 apresenta as RHs e suas respectivas bacias hidrográficas.

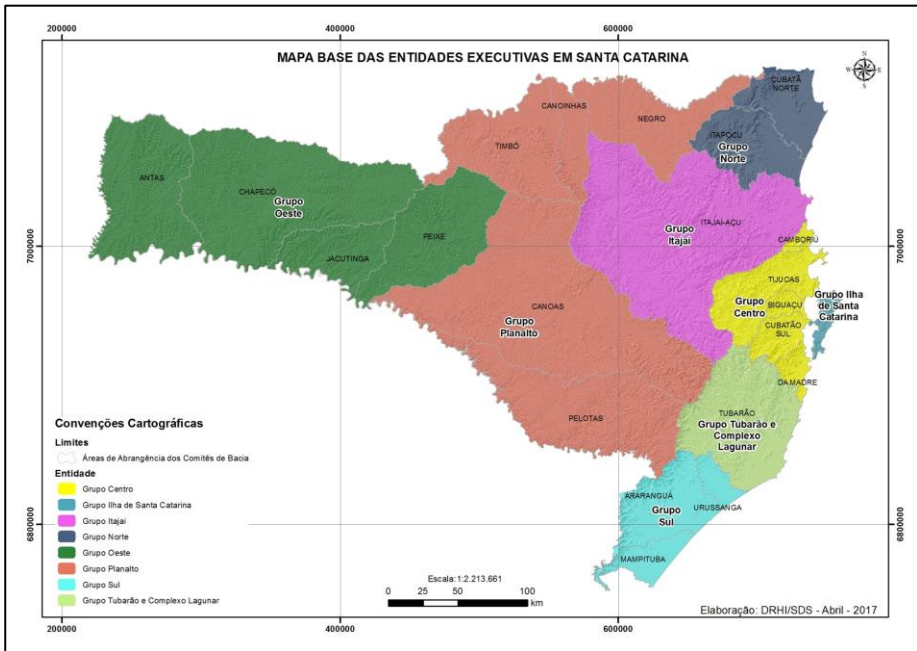
**Tabela 1** – Regiões Hidrográficas do Estado de Santa Catarina.

<b>Região Hidrográfica</b>	<b>Bacias Hidrográficas</b>
RH 1 – Extremo Oeste	Afluentes do Peperi-Guaçu, Rio das Antas
RH 2 – Meio Oeste	Rio Chapecó, Rio Irani
RH 3 – Vale do Rio do Peixe	Rio do Peixe, Rio Jacutinga
RH 4 – Planalto de Lages	Rio Canoas, Rio Pelotas
RH 5 – Planalto de Canoinhas	Rio Canoinhas, Rio Timbó, Afluentes do Rio Negro
RH 6 – Baixada Norte	Rio Cubatão do Norte, Rio Cachoeira, Rio Itapocu
RH 7 – Vale do Itajaí	Rio Itajaí-Açu, Rio Camboriú
RH 8 – Litoral Centro	Rio Biguaçu, Rio Cubatão do Sul, Rio Tijucas, Rio da Madre
RH 9 – Sul Catarinense	Rio D’Una, Rio Tubarão
RH 10 – Extremo Sul	Rio Araranguá, Rio Urussanga, Afluentes do Rio Mambituba

**Fonte:** Adaptado de CERTI, 2017.

Pelo fato de os CBHs possuírem somente atribuições deliberativas, consultivas e propositivas, a Lei Federal 9.433/1997 instituiu a figura das Agências de Água para atuar como secretaria executiva desses CBHs e aplicar os recursos provenientes da cobrança pelo uso da água nessas bacias hidrográficas. Em Santa Catarina, pelo fato de não estar implementado o instrumento de cobrança, instituiu-se a figura das entidades executivas, órgãos setoriais de apoio e execução, cujas competências são relativas à assessoria técnica, administrativa, logística e operacional de um ou mais CBHs (CERH, 2018). Anteriormente à implementação do projeto das Entidades Executivas, o Órgão Gestor Estadual viu a necessidade de reunir os comitês de bacia em agrupamentos para que as entidades executivas selecionadas atuassem em um ou mais CBHs, assim, através de reuniões entre os Comitês e o Órgão Gestor, foram definidos de maneira democrática sete grupos, conforme apresentado na Figura 2.





**Figura 2.** Grupos base das entidades executivas em Santa Catarina  
**Fonte:** SIRHESC, 2017.

A partir da divisão por agrupamentos de regiões hidrográficas, e após lançamento de edital de chamamento público para a seleção das Entidades Executivas em 2018, sete organizações sem fins lucrativos foram selecionadas para assessoramento aos comitês. Observe-se a Tabela 2, onde são indicados os 7 agrupamentos, seguidos pela composição dos comitês por região e a identificação das Entidades Executivas selecionadas.

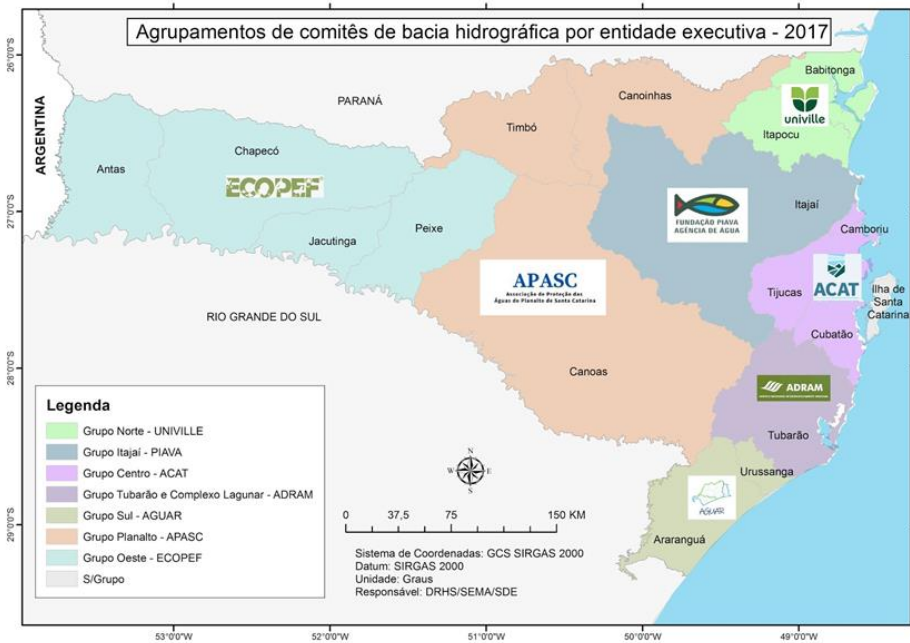
**Tabela 2** – Agrupamento de Comitês de Bacias Hidrográficas de Santa Catarina e respectivas Entidades Executivas.

<b>Região</b>	<b>Comitês</b>	<b>Entidades Executivas</b>
Grupo Oeste	Antas e Afluentes do Peperi-guaçu, Chapecó e Irani, Jacutinga, Peixe	ECOPEF
Grupo Planalto	Canoas, Timbó e Canoinhas	APASC
Grupo Itajaí	Itajaí	FUNDAÇÃO PIAVA
Grupo Norte	Cubatão e Cachoeira, Itapocu	UNIVILLE
Grupo Centro	Camboriú, Cubatão, Tijucas	ACAT
Grupo Tubarão e Complexo Lagunar	Tubarão	ADRAM
Grupo Sul	Araranguá, Urussanga	AGUAR

**Fonte:** Autores, 2021.

Em seguida, a Figura 3 ilustra os agrupamentos por região.

Diante disso, e com foco na estruturação e fortalecimento dos CBHs de Santa Catarina, o órgão gestor de recursos hídricos definiu seis atribuições para o primeiro estágio de atuação das entidades executivas durante os anos de 2018 e 2020, sendo elas: i) organização interna dos comitês; ii) planejamento das atividades a partir das pautas e decisões do CBH; iii) comunicação, articulação e mobilização social; iv) assessoria jurídica; v) capacitações; e vi) organização de eventos (SIRHESC, 2017). As entidades executivas apresentam algumas características específicas, sendo instituições de caráter privado sem fins lucrativos e atuação remunerada. A equipe mínima é constituída basicamente por um coordenador geral, um técnico de nível superior em recursos hídricos para cada CBH atendido, e um técnico administrativo.



**Figura 3.** Agrupamentos de comitês de bacia hidrográfica por entidade executiva.

**Fonte:** CONSTANTE, ZANATTA; SEIBT, 2019.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A concepção do modelo de entidades executivas no estado de Santa Catarina veio para suprir a lacuna de assessoramento aos comitês, advinda da não implementação do instrumento de cobrança pelo uso de recursos hídricos. As entidades executivas atuam de forma circunjacente aos comitês, vivenciando conflitos e demandas rotineiras, aproximando ações entre o governo do estado e os CBHs.

Atualmente, as entidades executivas desempenham um papel importante de assessoramento dos CBHs, porém cabe ressaltar que as atribuições conferidas a elas são limitadas às funções de secretaria executiva, não sendo elas responsáveis por

realizar estudos ou projetos de intervenção nas Bacias Hidrográficas. Dessa forma, faz-se necessário avançar na implementação dos demais instrumentos de gestão de recursos hídricos previstos na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), para que se possa ter entidades com funções de Agência de Água providas de recursos oriundos da cobrança pelo uso de recursos hídricos.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável – SDE/SC, à Entidade Executiva ECOPEF Gestão e Conservação Ambiental, pela disponibilização de dados e contribuição para a execução desta pesquisa. Também agradecem ao Prof. Água Polo IPH/UFRGS. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecimentos também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Prof. Água, Projeto CAPES/ANA AUXPE N.º 2717/2015, pelo apoio técnico-científico aportado até o momento.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Política Nacional de Recursos Hídricos. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm)>. Acesso em: 24/07/2021.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 13.019 de 31 de julho de 2014**. Estabelece o regime jurídico das parcerias entre a administração pública e as organizações da sociedade civil, em regime de mútua cooperação, para a consecução de finalidades de interesse público e recíproco,

mediante a execução de atividade ou de projetos previamente estabelecidos em plano de trabalho inseridos em termos de colaboração, em termos de fomento ou em acordo de cooperação; define diretrizes para a política de fomento, de colaboração e de cooperação com as organizações da sociedade civil. 2014.

Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2014/lei/l13019.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l13019.htm)>. Acesso em: 14/09/2021.

CERH - CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE SANTA CATARINA –. **Resolução nº 20, de 23 de abril de 2018.**

Diretrizes gerais para instituição e funcionamento das entidades executivas. 4p., 2018. Disponível em:

<[https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib\\_top/mvs/conselho/resolucao/Resolucao\\_CERH\\_n\\_020\\_entidades\\_executivas.pdf](https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/mvs/conselho/resolucao/Resolucao_CERH_n_020_entidades_executivas.pdf)>. Acesso em: 24/07/2021.

**CERTI. Caracterização Geral das Regiões Hidrográficas de Santa Catarina. Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina** – PERH/SC. 37p. 2017. Disponível em:

<[https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib\\_top/DHRI/Plano%20Estadual/etapa\\_a/PERH\\_SC\\_RH1\\_CERTI-CEV\\_2017\\_final.pdf](https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/Plano%20Estadual/etapa_a/PERH_SC_RH1_CERTI-CEV_2017_final.pdf)>. Acesso em: 23/07/2021.

CONSTANTE, V. T.; ZANATTA, T.; SEIBT, C. R. **Avaliação dos modelos institucionais de apoio aos Comitês de Bacia: um olhar sobre as Agências de Água, Entidades Delegatárias e Entidades Executivas.** In XXIII - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos: Foz do Iguaçu, 2019.

SIRHESC- SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Agência de Bacias.** Disponível:

<<https://www.aguas.sc.gov.br/segrhsc/agencias-de-bacias>>.

Acesso em: 24/07/2021

## CAPÍTULO 7

### O MUNICÍPIO DE PARINTINS E O SEU PAPEL SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS

**Francielen Alves Pereira<sup>16</sup>, Geisse Brigido de Souza<sup>17</sup>, Rafael  
Jovito Souza<sup>18</sup> & José Camilo Ramos de Souza<sup>19</sup>**

#### INTRODUÇÃO

A humanidade se fixou demasiadamente na ideia de crescimento a qualquer custo, e não atentou para a necessidade de pensar os resultados dessas ações a longo prazo. É uma das preocupações contemporâneas se refere à disponibilidade hídrica, recurso essencial ao ser humano, presente em diversas atividades cotidianas, mas que nem sempre recebe a atenção devida referente ao protagonismo que assume no contexto do desenvolvimento humano.

O Amazonas é um dos estados privilegiados no que tange à disponibilidade hídrica, mas ela se encontra ameaçada em virtude de poluição, contaminação, desflorestamento e crescimento urbano não planejado.

O município de Parintins, localizado no interior do Amazonas, possui instrumentos legislativos que contribuem, mesmo que indiretamente, para o gerenciamento desse importante recurso, como o Plano Diretor e o Código Ambiental.

---

<sup>16</sup> Mestranda do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) - UEA. francielenalvesp@gmail.com

<sup>17</sup> Mestranda do ProfÁgua - UEA. geisse.brigido@hotmail.com

<sup>18</sup> Doutor em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina. Professor do ProfÁgua - UEA. rjovito@uea.edu.br

<sup>19</sup> Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo-USP. Professor do ProfÁgua - UEA. jcamilodesouza@gmail.com

Neste sentido, o presente trabalho objetiva descrever e correlacionar as leis municipais existentes e sua aplicabilidade no auxílio à gestão dos recursos hídricos no Município de Parintins.

## **1. O PAPEL DOS MUNICÍPIOS NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Diante da Constituição Federal, artigo 22, inciso I, o domínio das águas no Brasil é atribuído apenas aos Estados e à União, os municípios não tendo responsabilidade direta pela sua proteção. Cabe então a eles a criação de políticas de saneamento e proteção dos recursos hídricos na garantia da sadia qualidade aos seus habitantes (Constituição Federal, artigo 23).

Sob a análise do artigo 31 da Lei N° 9.433/97, é delegada aos municípios a responsabilidade de promover a integração de políticas de saneamento básico, uso e ocupação do solo, conservação e proteção do solo e do meio ambiente com as Políticas Federal e Estadual de recursos hídricos. Na mesma lei, artigo 39, inciso III, o município situado no todo ou em parte de uma bacia deverá ter seu representante no Comitê de Bacia Hidrográfica da localidade, atuando juntamente com os demais integrantes (sociedade civil, usuários e demais órgãos públicos) em uma gestão compartilhada dos recursos hídricos.

## **2. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

O uso e ocupação do solo estão diretamente ligados à gestão dos recursos hídricos. Pois, como aponta Tucci et al. (2003):

Devido à grande concentração urbana, vários conflitos e problemas têm sido gerados na gestão dos recursos hídricos, tais como a degradação ambiental dos mananciais; o aumento do risco das áreas de abastecimento com a poluição

orgânica e química; a contaminação dos rios por águas pluviais e, por esgotos domésticos e industriais; as enchentes urbanas geradas pela inadequada ocupação do espaço e pelo gerenciamento inadequado da drenagem urbana; e a falta de coleta e disposição adequada do lixo urbano (TUCCI et al., 2003).

Apontam-se também as ocupações em Áreas de Proteção Permanente – APP, que contribuem para a supressão vegetal das matas ciliares, sendo um dos agravos negativos à qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos, assim como a disposição de moradias e aterros no entorno dos cursos de água. Os fatores apontados se configuram como problemática decorrente do crescimento demográfico e da falta de planejamento urbanístico municipal, que ocasionam enorme pressão sobre os recursos naturais.

Conforme a Constituição Federal, artigo art. 30, inciso VIII, a respeito da responsabilidade do município, ele tem o dever de promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano. Neste sentido, tem-se o Plano Diretor como instrumento de ordenamento territorial, amparado pela Lei Complementar N°140/2011, que, a respeito das competências municipais administrativas na defesa ambiental, define que o município (e Distrito Federal) deverá elaborar o Plano Diretor, observando os zoneamentos ambientais, além de definir espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos (artigo 9 incisos IX e X, respectivamente).

### **3. LEIS DE PARINTINS E OS RECURSOS HÍDRICOS**

Embora a competência constitucional referente ao gerenciamento dos recursos hídricos esteja direcionada à união e aos estados, os municípios não ficam totalmente à parte desse



gerenciamento, principalmente se considerarmos que o ordenamento territorial, as políticas de saneamento e demais políticas de aplicação local perpassam pelos recursos hídricos, exigindo instantaneamente implementação de práticas de gestão das águas, mesmo que subsidiariamente aos demais entes responsáveis.

Um dos princípios da lei das águas é a gestão integrada e participativa dos recursos hídricos (BRASIL, 1997), o que evidencia sua importância e complexidade, não sendo possível a aplicação de um gerenciamento fragmentado, e sim a partir de uma visão sistêmica da qual a água é elemento indissociável.

Um marco jurídico importante é o código ambiental do município de Parintins, Lei N° 0387/2006, que, no capítulo dedicado à água (capítulo II, Art. 89), indica objetivos de manejo e controle de poluição das águas visando a manutenção dos ciclos biológicos dos ecossistemas aquáticos, redução dos tóxicos e poluentes lançados nos corpos d'água, controle de processos erosivos, e tratamento dos efluentes líquidos de forma a assegurar o uso público das águas superficiais (PARINTINS, 2006a).

O município de Parintins possui seu Plano Diretor datado do ano de 2006, o que indica que o instrumento se encontra obsoleto, pois existe há quase 15 anos e carece de revisões. O processo de revisão contínua faz-se necessário para englobar as constantes mudanças do ordenamento do solo, principalmente quando nos referimos às áreas de expansão urbana que estão em constante dinamicidade.

Nos artigos 25 e 26 do Plano Diretor consta que, às margens dos cursos d'água, prioritariamente com a presença das matas ciliares e as faixas marginais de proteção das águas superficiais significativas, além de áreas que circundam os pontos de captação de água destinada ao abastecimento público, serão implantadas Áreas de Interesse Público para Preservação e/ou Conservação (PARINTINS, 2006b).

Mesmo o Plano Diretor de Parintins, em seu Art.28, restringindo o uso das margens dos corpos d'águas, na prática observa-se o descaso com as normativas indicadas. Na cidade de Parintins observa-se a repetitividade de problemas socioambientais resultantes da ineficiência do gerenciamento do uso do solo, o que se reflete diretamente nas águas que circundam a cidade. O crescimento urbano é inevitável, no entanto o delineamento de espaços adequados para a urbanização contribui para uma melhor qualidade de vida dos munícipes, bem como para a conservação dos recursos naturais de forma que o desenho urbano resulte no equilíbrio ambiental.

As zonas inundáveis da cidade, nos períodos que correspondem à enchente dos rios, são as mais críticas no que se refere a indicativos de negligência no seguir as normativas ambientais, e materializam efeitos socioambientais e econômicos negativos. Brandão et al. (2019) corrobora com o indicativo da necessidade de planejamento para o crescimento urbano e aponta a fragilidade dos recursos naturais que compõem a estrutura cidadina, sendo a água um desses elementos passíveis de degradação.

A extrapolação dos limites demarcados para conservação dos espaços naturais pode resultar em desastres socioambientais, uma vez que a ocupação urbana e os corpos hídricos estão intrinsicamente ligados, ambos passíveis de adequada gestão para minimizar os efeitos da pressão demográfica.

É possível a mitigação dos passivos ambientais ocasionados pelas enchentes em áreas urbanas, desde que as diretrizes legislativas existentes sejam implementadas. Porém, elas são dependentes de ações dirigentes dos diversos órgãos municipais.

Fiscalização, participação social e controle são elementos inerentes à gestão, e, desta forma, não é eficiente a existência de um arcabouço jurídico sem tais mecanismos que compõem o gerenciamento, principalmente a observância da correlação dos

Planos Diretores com o gerenciamento dos recursos hídricos, já que este possui a característica de delinear o uso do solo assim como os recursos naturais do município.

## **CONCLUSÃO**

É evidente que os instrumentos legislativos existentes em todos os níveis federativos necessitam de aplicação prática, de modo que seus efeitos possibilitem o alcance das premissas da sustentabilidade, garantindo o equilíbrio ambiental e consequentemente a conservação dos recursos hídricos. Percebe-se que diversas questões problemáticas devem ser solucionadas em nível local da administração. Algumas das ações que devem ser feitas em relação à gestão dos recursos hídricos em nível municipal são:

- Um diagnóstico do nível de poluição com o intuito de criar um processo de despoluição dos rios, e realizar o monitoramento da qualidade das águas municipais;
- Ampliação da área verde; projetos de reflorestamento ciliar com espécies nativas às margens do rio; impedir a ocupação ilegal das margens de rios e lagoas (controle e uso do solo);
- Legislação específica para a proteção dos mananciais municipais;
- Mobilização e incentivo à gestão participativa local; criar um incentivo financeiro para que os habitantes que habitam às margens do rio não poluam (pagamentos por serviços ambientais);
- Educação sanitária e ambiental da população;
- Políticas de serviço de saneamento; investir em estações de tratamento.

Planejar medidas que equacionem problemas ambientais, sociais e econômicos é buscar o desenvolvimento sustentável da cidade e, conseqüentemente, garantir a perenidade qualitativa da água.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos - PROFÁGUA, Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas - FAPEAM, Projeto CAPES/ANA AUXPE N.º 2717/2015, pelo apoio técnico-científico aportado até o momento.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BRANDÃO, W. F; PRESTES, A. S.; DA SILVA, S. H. Ciclo das águas e implicações nas estratégias de sobrevivência no beco submarino em Parintins-AM. **Revista Caribeña de Ciencias Sociales**. Julho de 2019.

BRASIL. **Constituição Federal**. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF, 1988.

BRASIL. **Lei Complementar N° 140, de 8 de dezembro de 2011**. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981.

BRASIL. **Lei N° 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001,

de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/Ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/Leis/L9433.htm)>. Acesso em: 1 de setembro de 2019.

PARINTINS. Prefeitura Municipal de Parintins. **Lei Municipal Nº 375, de 05 de outubro de 2006.** Regulamenta o Plano Diretor do Município de Parintins e estabelece diretrizes gerais da política urbana e rural do Município e dá outras providências. Parintins 2006a.

PARINTINS. Prefeitura Municipal de Parintins. **Lei Municipal Nº 387, de 06 de dezembro de 2006.** Institui o Código Ambiental do Município de Parintins, e dá outras Providências. Parintins 2006b.

TUCCI, C. E.M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO, F.O. **A gestão da água no Brasil.** Brasília: UNESCO, 2001. 191p.

## CAPÍTULO 8

### DESCONFORMIDADES DOS CORPOS HÍDRICOS DE CARAGUATATUBA/SP EM RELAÇÃO À CLASSE DE ENQUADRAMENTO

**Karla Romão<sup>20</sup>, Tathiana Lima dos Santos<sup>21</sup>, Camila Moreno de Paula<sup>22</sup>, Leonardo Sampaio Costa<sup>23</sup>, Maurício Augusto Leite<sup>24</sup> & Rosane Freire Boina<sup>25</sup>**

#### INTRODUÇÃO

Um relevante instrumento previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) é o enquadramento dos corpos d'água segundo os usos preponderantes dos recursos hídricos (ANA, 2013). O enquadramento estabelece metas de qualidade da água a serem alcançadas ou mantidas, de acordo com os usos pretendidos, segundo a Resolução CONAMA n.º 357/2005 (BRASIL, 2005). O presente estudo avaliou os seguintes parâmetros de qualidade: *Escherichia coli* (*E. coli*), Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Biológica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total (PT), Ferro total (FT) e Manganês Total (MnT), em comparação com os seus padrões de qualidade da água, as classes de enquadramento do município de Caraguatatuba/SP, bem como as possíveis desconformidades com a Resolução CONAMA n.º 357/2005.

---

<sup>20</sup> Mestranda do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) – UNESP. karla.romao@unesp.br

<sup>21</sup> Mestranda do ProfÁgua – UNESP. tathiana.lima@unesp.br

<sup>22</sup> Mestranda do ProfÁgua – UNESP. m.paula@unesp.br

<sup>23</sup> Mestrando do ProfÁgua – UNESP. leonardo.s.costa@unesp

<sup>24</sup> Docente do ProfÁgua – UNESP. mauricio.leite@unesp.br

<sup>25</sup> Docente do ProfÁgua – UNESP. rosane.freire@unesp.br

## **DESENVOLVIMENTO**

A metodologia adotada englobou: 1) caracterização do município de Caraguatatuba/SP e do enquadramento dos corpos d'água conforme Decreto Estadual n.º 10.755/77; 2) avaliação do Índice de Qualidade das Águas (IQA) do município de Caraguatatuba/SP, segundo a metodologia da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB; 3) avaliação dos parâmetros de qualidade da água em comparação com as classes previstas na Resolução CONAMA n.º 357/2005. As informações levantadas estão no Plano de Bacias Hidrográficas da UGRHI 03 - Litoral Norte (2016-2019), e no Relatório de Situação de Recursos Hídricos (2020). Os dados de monitoramento dos parâmetros de qualidade foram obtidos a partir do Relatório de Qualidade das águas interiores do estado de São Paulo (CETESB, 2020).

## **CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO**

O município de Caraguatatuba, inserido na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI 03, está localizado no litoral norte do estado de São Paulo. A principal atividade econômica na região é o turismo. Por isso, a população flutuante no município é representativa, chegando a triplicar durante períodos de alta temporada, fato que impacta significativamente o gerenciamento dos recursos hídricos. As sub-bacias total ou parcialmente inseridas no município de Caraguatatuba são: rio Juqueriquerê, rio Santo Antônio, rio Guaxinduba, rio Maçaguaçu/Bacuí, rio Mococa e rio Tabatinga (CBH Litoral Norte, 2017). Segundo dados do Plano das Bacias Hidrográficas do Litoral Norte, a maior parte das bacias hidrográficas da UGRHI 03 apresentam disponibilidade hídrica muito alta (0% a 25% do Q<sub>7,10</sub> outorgados).

## ENQUADRAMENTO E QUALIDADE DA ÁGUA

Conforme Decreto Estadual n.º 10.755, de 22 de novembro de 1977, os corpos d'água da bacia do Litoral Norte (UGRHI 03), onde o município de Caraguatatuba encontra-se inserido, estão enquadrados nas Classes 1 e 2 (SÃO PAULO, 1977). A CETESB traz um mapeamento hidrológico referente ao enquadramento da UGRHI 3, realizado em 2016. Nesse documento, pode-se observar que os corpos d'água mais comprometidos (Classe 2) estão próximos à faixa litorânea urbanizada, conforme Quadro 1 (CETESB, 2016). Os corpos classificados como Classe 1 estão mais concentrados na região das cabeceiras dos cursos d'água do município, onde há maior presença de áreas de proteção ambiental (CBH-LN, 2017).

**Quadro 1.** Valores de IQA no período de 2007 a 2019

Rio	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Tabatinga	sd	sd	56	54	58	49	54	60	50	57	54	52	57
Mococa	sd	sd	sd	sd	sd	sd	76	74	76	73	72	72	78
Cocanha	62	59	67	68	65	62	64	65	63	65	62	59	64
Guaxinduba	64	63	63	76	68	62	67	65	62	68	60	68	67
Santo Antônio	63	61	59	64	61	60	59	63	62	64	65	62	63
Lagoa	42	50	46	41	44	29	39	26	32	36	35	39	29
Juqueriquerê	65	66	68	69	64	63	69	64	62	62	60	60	58
Claro	75	76	74	72	65	69	73	75	75	72	72	75	72

**Fonte:** Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Litoral Norte (CBH-LN, 2020).



Em Caraguatatuba, o IQA é monitorado em oito cursos d'água. O Quadro 1 apresenta os dados obtidos no período de 2007 a 2019. Os valores destacados em verde são classificados como uma condição de qualidade “boa”, em amarelo “regular”, e em vermelho “ruim”. A maioria dos cursos de água apresentam qualidade boa no período analisado, com exceção de dois rios. O ribeirão Tabatinga foi classificado como “regular” nos anos de 2012 e 2015. O ribeirão Lagoa, além de valores regulares, foi o único ponto que apresentou uma condição “ruim” e, desde 2012, vem apresentando deterioração em sua qualidade. A poluição do ribeirão Lagoa é provavelmente causada pela falta de coleta e tratamento de esgotos (CBH-LN, 2017, p. 151). Essa hipótese é corroborada pelos parâmetros em desconformidade apontados no Quadro 2: *E. coli*, OD, DBO, PT, FT e MnT. O Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Litoral Norte 2020 apontou que é urgente um melhor conhecimento sobre o uso e ocupação do solo e dos processos estabelecidos nessas duas sub-bacias (CBH-LN, 2017).

**Quadro 2.** Parâmetros de enquadramento - Rio Lagoa (Classe 2).

Período de Análise	OD (mg/L)		<i>E. coli</i> (UFC/100mL)		PT (mg/L)		DBO (mg/L)		FT (mg/L)		MnT (mg/L)	
	CON. 357	Valor Real	CON. 357	Valor Real	CON. 357	Valor Real	CON. 357	Valor Real	CON. 357	Valor Real	CON. 357	Valor Real
23/01/2019		< 0,5		35.000		0,84		9		1,39		0,24
20/03/2019		< 0,5		4.400		0,24	Classe 2 <5	4		Sd		sd
22/05/2019	Classe 2 >5	< 0,5	Classe 2 <600	3.500	Classe 2 <0,1	0,31	Classe 2 <5	5	Classe 2 <0,3	1,27	Classe 2 <0,3	0,4
24/07/2019	Classe 4 >2	2,5	Classe 3 <4000	34.000	Classe 3 <0,15	0,46	Classe 3 <10	4	Classe 3 <5	0,81	Classe 2 <0,5	0,16
25/09/2019		1,9		22.000		1,09		10		Sd		sd
20/11/2019		0,8		36.000		0,52		8		1,96		0,23

Não atende     
  Atende     
  Sem dados

**Fonte:** CETESB (2020).

Os ribeirões Tabatinga e Lagoa também não atendem aos padrões de qualidade estabelecidos no enquadramento de Classe 2. O detalhamento e a análise dos parâmetros de qualidade que

compõem o IQA revelam a poluição presente nas águas devido à presença de ocupações irregulares e ao recebimento de lançamentos de efluentes sem tratamento ao longo de seus cursos. Segundo o Decreto Estadual n.º 8.468, de 8 de setembro de 1976, para as águas de Classe 2 não é permitido o lançamento de efluentes, ainda que tratados, que prejudiquem sua qualidade pela alteração dos parâmetros estabelecidos em seu Art. 11º, fato que ocorre nos ribeirões Tabatinga e Lagoa (SÃO PAULO, 1976).

Os dados do IQA para o ribeirão da Lagoa (Classe 2) mostraram desconformidades em alguns parâmetros da Resolução CONAMA 357/05. O Quadro 2 apresenta os resultados de alguns parâmetros no ponto de monitoramento da CETESB - RGOA 02 900 - ribeirão Lagoa para o ano de 2019. Por meio dos dados, foi possível observar alterações nos parâmetros OD, *E. coli*, DBO, PT, FT e MnT em relação aos valores preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005 para Classe 2.

Os valores do parâmetro OD variaram de 0,5 a 0,8 mg/L, sendo correspondentes aos padrões para a Classe 4, para a qual devem ser superiores ao limite de 2,0 mg/L. Segundo Von Sperling (1995), o uso do oxigênio por bactérias nos seus processos respiratórios durante a estabilização da matéria orgânica pode causar redução de sua concentração, sendo que concentrações reduzidas de oxigênio podem causar mortandade de peixes e geração de maus odores. Além disso, na ausência de OD, o ferro e o manganês se apresentam na forma solúvel (VON SPERLING, 1995), em consonância com os valores desses parâmetros para o Ribeirão Lagoa.

O parâmetro DBO, nos meses de janeiro, setembro e novembro, ficou compatível com a Classe 3, atendendo, nos demais períodos, ao enquadramento. Os meses em que houve alteração dos níveis de qualidade coincidem com o período de alta temporada, no qual a população flutuante eleva a quantidade de esgoto doméstico gerado. Os valores próximos ou acima do limite

do padrão para DBO reforçam a presença de matéria orgânica no Ribeirão Lagoa, considerando-se o processo de autodepuração dos corpos hídricos.

Os valores de PT variaram entre 0,24 e 1,09 mg/L, valores de concentração equivalentes à Classe 4. O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização de matéria orgânica, sendo possível origens antrópicas de despejos domésticos, industriais, detergentes, excremento de animais e fertilizantes (VON SPERLING, 1995).

Em relação à *E. coli*, o padrão para os usos que não englobam recreação de contato primário e dessedentação de animais não deve exceder 4000 coliformes por 100 mL para a Classe 3, valor superado na maioria das amostras analisadas do ano de 2019. Os resultados para o parâmetro *E. coli* é abundante em fezes humanas e animais (VON SPERLING, 1995), e indicam provável poluição proveniente de despejo de efluentes domésticos sem tratamento prévio. Desta maneira, pode-se observar que os parâmetros analisados não possuem qualidade compatível com a Classe 2 no Ribeirão Lagoa, no período analisado.

No âmbito do Comitê da Bacia Hidrográfica do Litoral Norte, há a avaliação de que o enquadramento é adequado, não havendo, portanto, a necessidade de reenquadramento dos corpos d'água no período de vigência do Plano de Bacias (CBH-LN, 2017). Entretanto, o Diagnóstico do Plano das Bacias Hidrográficas do Litoral Norte (CBH-LN, 2017) aponta, dentre outras ações, a necessidade de estudos para a efetivação do enquadramento, o mapeamento das fontes de poluição e dos seus impactos na qualidade da água, bem como a elaboração de um programa de efetivação do enquadramento e a definição de metas progressivas.

## **CONCLUSÃO**

No município de Caraguatatuba/SP, foi possível observar que, apesar da alta disponibilidade de recursos hídricos, existem problemas pontuais com a qualidade da água. A análise do Índice de Qualidade da Água - IQA de oito cursos d'água de Caraguatatuba/SP possibilitou verificar que, no geral, a qualidade da água é considerada boa, com exceção do Ribeirão Lagoa e Tabatinga. Os resultados da análise dos parâmetros de qualidade da água apontaram possível poluição proveniente do despejo de efluentes domésticos. Nesse sentido, é necessário um olhar especial sobre o Ribeirão Lagoa, que não apresentou qualidade de água compatível com a Classe 2, quando comparado à Resolução CONAMA n.º 357/2005, sendo sugeridas ações de melhoria na qualidade da água para que a sua verdadeira classe de enquadramento seja respeitada, principalmente quanto à coleta e tratamento de esgoto.

## **AGRADECIMENTO**

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES), Brasil - Código de Financiamento 001. Agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N.º 2717/2015, pelo apoio técnico-científico aportado até o momento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água. Brasília: ANA, 2013. **Caderno de Recursos Hídricos**, v. 5.

Disponível em:

<<https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2013/planoDeRecursosHidricosEnquadramento.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005**. DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005. Disponível em: <[http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO\\_CONAMA\\_n\\_357.pdf](http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf)>. Acesso em: 25 ago.2021.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 470, 09 jan. 1977. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)>. Acesso em: 14 set. 2021.

CBH LITORAL NORTE. **Plano de Bacias Hidrográficas do Litoral Norte** - UGHRI 03 - 2016-2019. Relatório II, 2017. Disponível em: <<https://www.sigrh.sp.gov.br/cbhln/documentos>>. Acesso em: 24 ago. 2021.

CBH LITORAL NORTE. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Litoral Norte**. 2020. Disponível em: <<https://www.sigrh.sp.gov.br/cbhln/documentos>>. Acesso em: 24 ago. 2021.

CETESB. **Mapa da Hidrografia conforme Decreto 10.755/77 - UGRHI 3**. 2016. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2016/04/UGRHI03-1.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2021.

CETESB. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2019**. São Paulo: CETESB, 2020. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp->

content/uploads/sites/12/2020/09/Relatorio-da-Qualidade-das-Aguas-Interiores-no-Estado-de-Sao-Paulo-2019.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2021.

SÃO PAULO. **Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976**. São Paulo, SP, 8 set. 1976. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html>>. Acesso em: 09 jun. 2021.

SÃO PAULO. **Decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977**. São Paulo, SP, 23 nov. 1977. n. 221. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1977/decreto-10755-22.11.1977.html>>. Acesso em: 09 jun. 2021.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, 3 ed. Minas Gerais: UFMG, 1995.

## **Eixo 2**

# **Segurança hídrica no campo e na cidade**



**Foto:** Amapá, registro fotográfico de Beatriz Martins do Carmo

## CAPÍTULO 9

### **AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA CONTAMINAÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS POR RESÍDUOS DE MINERAÇÃO NO MUNICÍPIO DE BARCARENA (PA) A PARTIR DA PERCEPÇÃO AMBIENTAL DA COMUNIDADE LOCAL**

**Débora Mendes Rodrigues<sup>26</sup>, Hugo Portocarrero<sup>27</sup>**

#### **INTRODUÇÃO**

O setor minerário, importante dilatador do PIB brasileiro, há décadas vem se consolidando com forte atuação no país. A região norte, em especial, possuindo a terceira maior reserva de bauxita do planeta (MME, 2009), historicamente propicia o desenvolvimento completo de toda a cadeia de produção do alumínio primário. Tal abundância mineral, associada às condições locais que fomentam a cadeia minero-metalúrgica (logística, condições geológicas, mão de obra, entre outras), possibilitaram a alta extração e produção de minérios, sobretudo no estado do Pará.

O Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM, 2008) destacou a relevância da indústria do minério para o funcionamento da coletividade atual, a qual se utiliza de bens duráveis e não duráveis resultantes dessa atividade, como eletrônicos, veículos e eletrodomésticos.

Assim como outras atividades potencialmente poluidoras, o exercício da mineração faz com que seja indispensável a existência

---

<sup>26</sup> Docente do ProfÁgua – UNESP. rosane.freire@unesp.br

<sup>27</sup> Professor da UERJ, campus do Rio de Janeiro. hportocarrero@gmail.com



de mecanismos constitucionais de amparo ao meio ambiente e à sociedade que, por alguma circunstância, possam ser impactados negativamente pelo exercício desta. É por meio dessas leis, normas e outros dispositivos regulatórios que são materializadas determinadas exigências legais com a finalidade de prevenir e fiscalizar empreendimentos ou atividades passíveis de danos ao meio ambiente, como faz o licenciamento ambiental, instrumento preventivo instituído pela Lei n.º 6.938 de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981).

Sendo uma atividade com amplo envolvimento de recursos ambientais naturais (água, solo, minério) e agentes sociais (moradores do entorno das indústrias de transformação, muitas vezes populações indígenas, ribeirinhas e quilombolas), a extração e o beneficiamento mineral podem desencadear inúmeros impactos ambientais que são capazes de atingir uma ou mais dessas esferas.

Os impactos ambientais e sociais podem ser tanto positivos, como a geração local de empregos, quanto negativos, como a produção e a consequente contaminação de diferentes matrizes por rejeitos do processo produtivo, assim como o desmatamento, poluição de corpos hídricos, poluição do ar resultante da cadeia de beneficiamento, conflitos pelo uso do solo, entre outros. Hauradou e Amaral (2019), analisando de modo quali-quantitativo os efeitos decorrentes desse ofício, asseguram que o seguimento de exploração de minérios na Região Amazônica caracteriza um ônus para as populações locais.

Os efluentes gerados por esse setor alcançam a população, sobretudo, por meio dos corpos hídricos, os quais dispõem de alta capacidade de dispersão. Quando em contato com o organismo humano, os rejeitos tóxicos atuam como agentes de desenvolvimento de reações alérgicas, gerando desde pequenas bolhas até a sensação de queimação devido à influência dos metais pesados ali contidos (ROCHA, 2016). A presença de alguns metais é

particularmente preocupante em função do potencial de bioacumulação, como é o caso do mercúrio dissolvido (OLIVEIRA et al., 2015), facilmente assimilado pela fauna e, por conseguinte, pelo organismo humano a partir da alimentação.

O estado do Pará ocupa a segunda posição quando se trata da produção de bens minerais no Brasil (OLIVEIRA et al., 2015), com destaque para a exploração de bauxita, principal minério do alumínio. Da reserva brasileira total de bauxita, equivalente a cerca de 3.537 milhões de toneladas, 76% encontram-se nesse estado, o qual reserva aproximadamente 40% de sua produção para o mercado nacional (MME, 2009).

Devido à acentuada presença do minério e aos investimentos realizados pelo Governo do Estado do Pará, os quais refletem uma Política de Incentivos de Desenvolvimento Industrial que visa, entre outros fatores, promover a transformação de matérias-primas do segmento mineral, a região vem se consolidando desde a década de 1980 como a mais importante produtora de bauxita metalúrgica do país (MME, 2009). Tal política dispõe de tratamento tributário diferenciado para o segmento do alumínio, englobando isenções fiscais que impossibilitaram o estado de receber cerca de R\$ 9,4 bilhões entre os anos de 1997 e 2019 (INESC, 2015).

Incentivos como esse favoreceram diversas mineradoras, entre elas a Alunorte Alumina do Norte do Brasil S/A, que instalou um polo industrial no município de Barcarena (Hydro-Alunorte), transformando bauxita em alumina desde o meado dos anos 70. Até 2010, as ações que hoje pertencem à empresa multinacional norueguesa NorskHydro ASA (frequentemente referida como Hydro) eram da Vale, a qual abriu mão de mais de 19% de sua participação entre 2010 e 2013 (RODRIGUES et al., 2019).

Atualmente a Hydro-Alunorte é considerada a maior refinaria produtora de alumina do mundo, e o grupo ao qual pertence conta com o governo norueguês como o detentor de mais de 50% do capital (CASTRO; CARMO, 2019). A mineradora está

localizada nas Bacias Hidrográficas do Rio Murucupi e do Igarapé Dendê, ambas com grande potencial de navegabilidade, econômico e recreativo (BORDALO et al., 2017). Ao longo de suas extensões, os corpos d'água dessas bacias percorrem Área de Preservação Ambiental, são utilizados por comunidades tradicionais para atividades essenciais e sofrem consequências da poluição ao passar por áreas de ocupação urbana.

Ao analisar a importância a nível de empregabilidade, a Simineral (2019) estimou que o setor de produção mineral gerou, em 2018, cerca de 266 mil postos de trabalho no Pará. A Hydro, especificamente, planeja aumentar a proporção de vagas preenchidas por moradores locais, a qual se encontra em 80% (HYDRO, 2019).

O polo da Hydro em Barcarena vem sendo cenário de diversos crimes ambientais, o que se reflete nos 2 mil processos por contaminação hídrica aos quais a empresa responde em um período de 17 anos (CASTRO; CARMO, 2019).

Enquanto ainda era conduzido pela Vale, em 2009, ocorreu um grande vazamento de rejeitos motivado pelo transbordamento da barragem, evento que gerou cerca de R\$ 17 milhões em multas. A empresa se recusa a considerar seus dois locais de disposição de rejeito como barragens, designando-os como Depósitos de Rejeitos Sólidos 1 e 2 (DRS 1 e 2). Tal atitude, teoricamente, a absteria da necessidade de se enquadrar aos preceitos da Lei n.º 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens.

Em fevereiro de 2018, após uma chuva intensa ocorrida nos dias 16 e 17, outro desastre socioambiental envolvendo a barragem de rejeitos se sucedeu no espaço de produção da indústria. Um dos DRS, conforme denomina a empresa, não chegou a se romper, todavia a força e a intensidade da chuva acarretaram a extrapolação dos rejeitos, que no primeiro momento alcançaram os corpos hídricos mais próximos. Moradores relataram a

presença de um efluente de lama de cor alaranjada e forte odor escoando da planta industrial da mineradora em direção aos corpos hídricos do entorno (NASCIMENTO, 2019).

O Instituto Evandro Chagas (IEC) foi acionado pelo Ministério Público para realizar a coleta e a análise da água na área investigada, além de avaliar os danos ambientais e à saúde humana. A lama tóxica composta por diversos metais pesados, como mercúrio (Hg), alumínio (Al), cromo (Cr), chumbo (Pb), bário (Ba), manganês (Mn), e outros, contaminou rios e igarapés do entorno, atingindo os habitantes de algumas comunidades locais, a fauna e a flora. Estudos realizados com os habitantes dos locais afetados evidenciaram que um a cada cinco moradores sofreu contaminação por chumbo (BBC, 2017).

O Pará, bem como seus municípios, destaca-se por suas riquezas naturais, ecossistemas ímpares e bacias hidrográficas com expressiva rede de drenagem (OLIVEIRA et al., 2015), viabilizando o modelo de logística fluvial. A elevada disponibilidade do recurso hídrico, entretanto, não é fator suficiente para garantir o acesso à água em qualidade e quantidade ideais para os seus habitantes. Em Barcarena, segundo o Ranking ABES da Universalização do Saneamento de 2019, apenas 26,47% da população tem acesso a água potável. Quando se trata da coleta de esgoto sanitário, esse abrange menos de 10% da população, e sequer recebe qualquer tipo de tratamento (ABES, 2019).

A água potável dificilmente alcança populações ribeirinhas, quilombolas e indígenas que, regularmente, habitam regiões mais distantes dos grandes centros, comumente domiciliando-se próximo aos muitos rios e igarapés existentes na região. O contato com os corpos hídricos próximos se dá por meio da ingestão da água e de seu uso para atividades domésticas, pesca, irrigação de pequenas hortas e, habitualmente, se dá como ambiente de transporte de cargas e pessoas e de descarte dos resíduos gerados

pela população do entorno. Em razão desse último fator, muitos corpos hídricos locais se encontram poluídos.

Além dos conflitos hídricos, a atividade mineradora em Barcarena também é geradora de embates pela posse das terras localizadas em suas imediações. Segundo Barros, 2009 (apud NAZARÉ et al., 2018), para ser iniciada a construção do parque industrial em Barcarena na década de 70, o Governo do Estado do Pará desapropriou cerca de 40.000 hectares, obrigando a adaptação das comunidades tradicionais locais a um novo arranjo territorial.

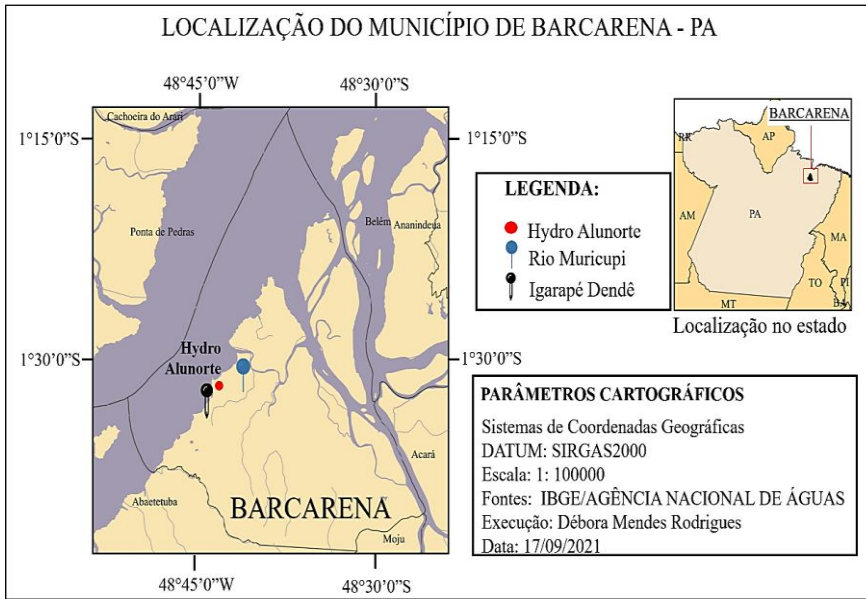
Apesar das promessas de geração de emprego, progresso econômico na região e aumento da qualidade de vida, é inegável o alto grau de risco socioambiental intrínseco à atividade em questão. Muitas vezes os danos ambientais colaterais acabam evidenciando ainda mais as questões relacionadas a desigualdade social, racismo ambiental, marginalização de comunidades ribeirinhas, quilombolas, indígenas etc. Por essa razão, é indispensável a percepção comunitária como instrumento de gestão socioambiental descentralizada (MONIZ et al., 2016).

Sabendo que é substancial a relação da população com as bacias hidrográficas afetadas pelo acidente em pauta (NAZARE et al., 2018), o estudo em questão tem como objetivo investigar a percepção da qualidade ambiental dos residentes após o acidente com vazamento e despejo irregular de rejeitos tóxicos de mineração contendo metais pesados, ocorrido em fevereiro de 2018. A pesquisa abrangeu aspectos sociais, ambientais e relacionados à saúde por meio de entrevistas com os moradores do município atingido.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho em questão trata-se de um estudo transversal descritivo realizado com moradores do município de Barcarena (01°30'24" S e 48°37'12" W), atingido pela contaminação por rejeitos

de mineração em fevereiro de 2018. A Figura 1 mostra a localização do município estudado, apontando o parque fabril da mineradora e os principais corpos d'água atingidos.



**Figura 1** – Localização do município de Barcarena, Pará, Brasil.

**Fonte:** A autora.

Apresentando o sétimo maior PIB per capita do estado do Pará, e localizada a uma distância fluvial de 55 km da capital Belém, Barcarena é um importante núcleo produtor de alumina, alumínio e caulim (HYDRO, 2020). Sua população estimada para o ano de 2020 foi de 127.027 habitantes (IBGE, 2020a). Ao mesmo tempo que possui uma forte dependência do setor industrial (principalmente o de mineração), ainda mantém atividades de subsistência típicas de comunidades ribeirinhas amazônicas, como pesca, agricultura familiar e extrativismo vegetal.

Após o acidente envolvendo a Hydro, em fevereiro de 2018, os rios Arienga, Arapiranga, Campupema, Guajará do Beja, Maracapucu, Murucupi, Pará, e São Francisco foram contaminados pelos rejeitos do processo de mineração (MAYARA; PENHA, 2018). As amostras de água coletadas pelo IEC

apresentaram altas concentrações de certos metais pesados como chumbo, sódio, alumínio, ferro, cobre dissolvido, arsênio e mercúrio (IEC, 2018).

A pesquisa foi realizada com moradores de Barcarena residentes em áreas afetadas ou não pelo acidente causado nas dependências da mineradora administrada pela Norsk Hydro em 2018. Eles responderam a um formulário digital com oito perguntas, hospedado na ferramenta gratuita Google Formulários (GOOGLE, 2020).

Os moradores foram prospectados na rede social Facebook, e alguns se dispuseram a dar relatos pessoais sobre o crime ambiental via WhatsApp, entretanto os dados utilizados neste trabalho resultaram unicamente das respostas do formulário hospedado na plataforma Google.

Na íntegra, foram entrevistados 42 moradores de Barcarena, número de sujeitos sociais considerado suficiente, uma vez que, conforme delineado por Minayo (2010, *apud* ANTUNES et al., 2014), considerou-se o bastante para interpretar a lógica particular do coletivo observado em virtude de o critério de saturação ter sido alcançado. Desse modo, o formulário aceitou respostas entre os dias 12 e 14 de fevereiro de 2020, as quais foram cedidas de forma virtual, voluntária e anônima.

A partir do formulário, foi possível identificar características ou comportamentos relativos aos vínculos dos indivíduos com a empresa alvo da pesquisa e da empresa com os moradores afetados negativamente pelo despejo de material tóxico; as consequências na saúde, fauna e flora observadas pelos cidadãos; e o grau de importância alusivo ao posicionamento da indústria no município para essas pessoas. Por ser um estudo transversal, o caráter imediatista da pesquisa não permite observar a variação dos parâmetros no decorrer do tempo.

Os dados foram convertidos em uma planilha pelo próprio Google Formulários, a qual foi tratada estatisticamente por meio

do *software* Microsoft Office Excel® versão Professional Plus 2016 para Windows®, onde foram gerados valores médios dos parâmetros e gráficos.

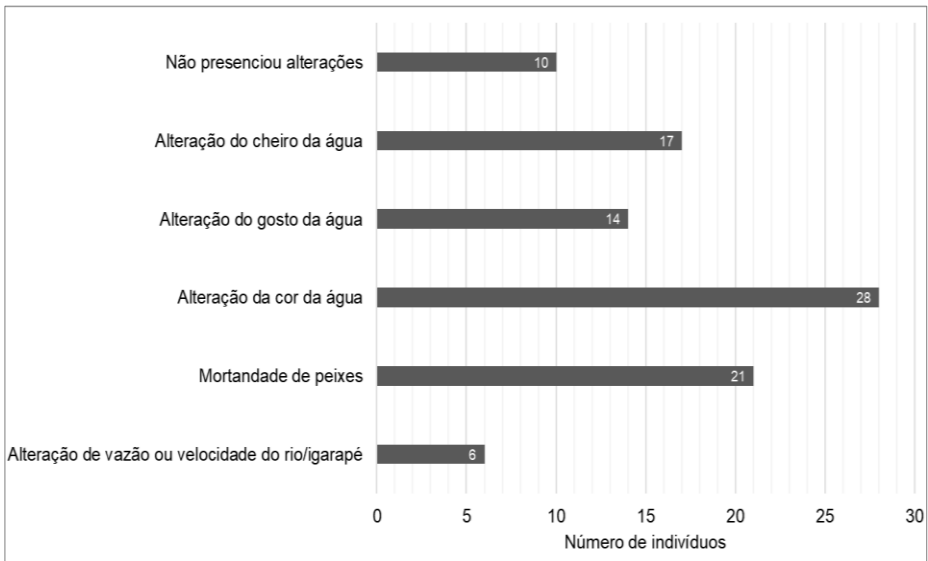
## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O fragmento de munícipes alcançado contou com pessoas domiciliadas (66,7%) ou não (33,3%) em locais que foram contaminados pelos rejeitos de mineração após o acidente da Hydro-Alunorte. Do total dos indivíduos que moram próximo a um dos locais afetados, 89,3% declararam acreditar que houve contaminação química dos corpos hídricos pelo lama tóxica oriunda do processo industrial. O mesmo questionamento foi realizado com os indivíduos que moram em locais considerados seguros, cuja porcentagem dos que consideram que houve contaminação foi de 78,6%.

Dos cidadãos que moram em um dos locais afetados, 85,7% chegaram a testemunhar algum tipo de alteração nos corpos hídricos da região após o acidente. Entre os que não moram perto, mais da metade (57,1%) igualmente alegou ter presenciado alguma modificação nos rios e igarapés impactados.

A Figura 2 demonstra as alterações apontadas por todo o coletivo analisado. Ressalta-se que foi dada a liberdade para que se apontasse mais de um tipo de alteração, e por essa razão o somatório ultrapassa o número de indivíduos participantes da pesquisa.





**Figura 2:** Percepção de alterações nos corpos hídricos afetados.

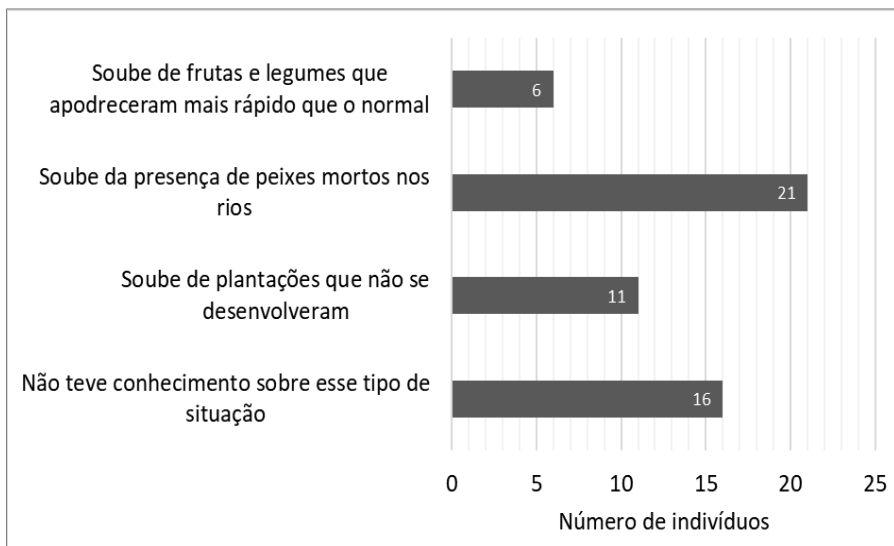
**Fonte:** A autora.

Os efluentes abundantes em metais pesados e baixo pH, como é o caso dos resíduos de mineração, fomentam a degradação dos corpos d'água atingidos. A alteração na coloração da água, relatada pela maior parte dos entrevistados (66,7%), foi um dos fatores denunciados pelos moradores ao Ministério Público imediatamente após a intensa chuva.

Agregados à forte coloração, os rejeitos da cadeia de bauxita e alumínio trazem elementos químicos que, ao serem solubilizados, têm como produto substâncias perigosas para o ecossistema aquático. Esse é o caso do alumínio solubilizado, de caráter ácido, que passa a  $Al(OH)_3$  pouco solúvel quando precipitado nas guelras dos peixes, podendo ser uma causa provável da morte desses por asfixia (CASTRO; CARMO, 2019), alteração observada por 50% dos entrevistados.

As altas concentrações de mercúrio identificadas nas análises do Instituto Evandro Chagas (IEC, 2018) são preocupantes tanto para o ecossistema aquático quanto para os seres humanos. O cenário torna-se ainda mais grave quando, em contato com a água,

transformam-se em metilmercúrio, composto neurotóxico capaz de impactar de forma negativa as funções neurológicas e reprodutivas dos peixes e, conseqüentemente, de toda cadeia trófica que se segue. Por ser uma região com forte incidência de práticas agrícolas e pesqueiras de pequeno e grande portes, é fundamental que a água dos rios e igarapés locais estejam nas melhores condições possíveis em qualidade e quantidade. A Figura 3 demonstra a observação dos indivíduos após o acidente, focando exclusivamente na interferência na pesca e agricultura locais.



**Figura 3:** Percepção na influência de práticas agrícolas e pesqueiras.

**Fonte:** A autora.

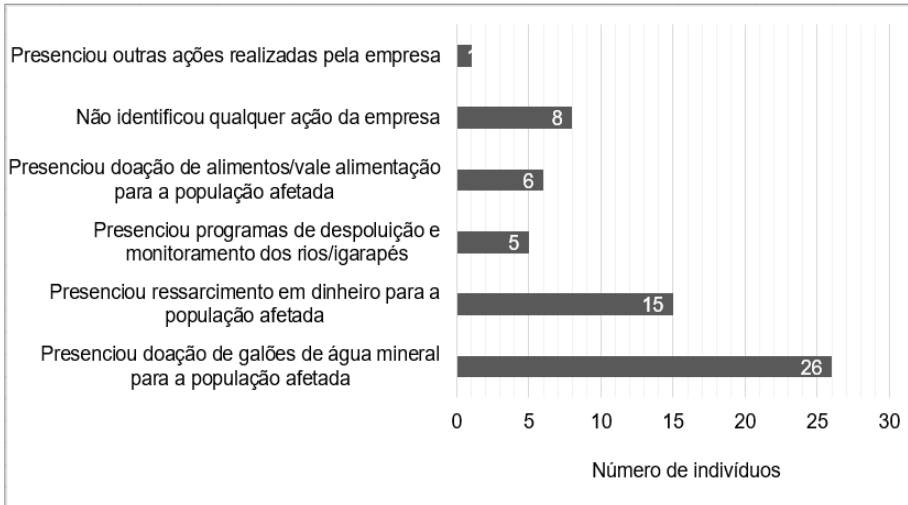
Entre os moradores dos locais afetados, apenas 28,6% não observaram qualquer interferência nessas práticas após a contaminação dos corpos hídricos locais. Já entre os que não moram em locais afetados ou próximos a esses, a taxa dos que não observaram algum transtorno foi de 64,3%, conforme esperado, visto que são menores as oportunidades de haver o contato desses indivíduos com a massa de água afetada. As conseqüências decorrentes da contaminação química residual nos corpos hídricos interferem diretamente na fonte de geração de renda de diversos

moradores, os quais têm a pesca como meio de subsistência e relataram dificuldade em encontrar peixes nativos como o tucunaré e o acará (MPF, 2018a).

Ao explorarem-se os impactos no âmbito da saúde, verificou-se que 61,9% dos participantes sofreu ou noticiou outrem sofrer algum tipo de mal-estar após o consumo (ingestão) da água procedente dos rios e igarapés barcarenenses contaminados. Das pessoas que testemunharam alguma alteração nos corpos hídricos (seja na vazão, mortandade de peixes ou alteração da cor, cheiro e gosto da água), 81,3% afirmaram ter sentido impactos negativos em sua saúde ou na de terceiros.

Castro e Carmo (2019), em um trabalho que avaliou a exposição a metais pesados em fios de cabelos de moradores de Barcarena, constataram elevadas concentrações de chumbo, cromo, níquel, alumínio e outros elementos. A presença desses elementos tóxicos acarreta inúmeras patologias, como alergias, náuseas, dores no peito, hemorragias pulmonares, doenças cardiovasculares, distúrbios das funções renais e reprodutivas, entre outras.

Seis meses após o acidente, os responsáveis pela mineradora assinaram um Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta (TAC) juntamente com o Ministério Público Federal (MPF), o Ministério Público do Estado do Pará (MPPA), o estado do Pará e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (Semas), visando a redução dos impactos do lançamento de rejeitos. Foram propostas ações imediatas para o auxílio em caráter emergencial às comunidades afetadas. A Figura 4 expressa a percepção dos moradores de Barcarena no que diz respeito ao atendimento realizado pela empresa para com os indivíduos prejudicados e o meio ambiente. Novamente foi possível apontar mais de uma ação observada.



**Figura 4:** Ações emergenciais notadas pela população.

**Fonte:** A autora.

Vale frisar que, apesar da doação de água mineral ter sido apontada pela maior parte dos entrevistados, essa ação foi interrompida pela empresa, gerando denúncia por parte dos representantes das comunidades afetadas (MPF, 2018). Ainda, o grupo dos beneficiados pelas doações não incluiu algumas comunidades quilombolas, cujos membros se queixaram de doenças de pele e respiratórias mesmo após quase um ano do ocorrido (BARBOSA, 2019).

É sabido que a chegada de mineradoras no município a partir dos anos 70 influenciou diretamente o aumento da população barcarenense. Em decorrência desse fato, muitos trabalhadores da Hydro e de outras indústrias de grande importância na economia local optaram por morar no mesmo município. Sendo assim, foi verificado o vínculo dos entrevistados com a empresa em questão.

A maioria expressiva dos participantes alegou que trabalha ou tem relação estreita (parentesco ou amizade) com algum trabalhador da Hydro Alunorte (83,3%). Entre as pessoas que afirmaram não acreditar que houve contaminação hídrica, apenas uma não possui vínculo com a empresa.

Por fim, foi abordado o grau de importância de a empresa estar instalada no município, na visão dos moradores. Apenas 7,1% dos participantes declarou que não acha a empresa de suma importância para o desenvolvimento do local, ao passo que 31,0% afirmaram que a presença da empresa é fundamental para progresso do município. Os 61,9% restantes se posicionaram de modo similar aos últimos, todavia trazendo a ressalva de que a empresa impulsiona o desenvolvimento do município gerando passivos ambientais. Entre os que acham que a empresa é de suma importância para a localidade, 97,1% trabalham ou têm laços com alguém que trabalha na mesma.

## **CONCLUSÃO**

Ainda que o setor da mineração apresente números que comprovam a sua importância a nível de contribuição com a economia do país e, em especial, com o estado do Pará, é importante reconhecer os problemas recorrentes em relação à segurança e sustentabilidade.

O histórico de pesquisas e análises realizadas em ambientes impactados por grandes projetos industriais, como os da cadeia da mineração, ampliou os debates acerca das alterações das características físicas, físico-químicas, biológicas e sociais causadas por despejos irregulares de efluentes tratados de maneira incorreta (isso quando chegam a passar por algum tipo de tratamento) ou rompimentos de barragens, conforme ocorrido no município analisado.

O presente artigo ilustrou a percepção de moradores do município de Barcarena sobre diversos aspectos socioambientais que permeiam o crime ambiental ocasionado pela mineradora. Foram notórios os diversos impactos gerados na fauna, flora e corpos hídricos locais, que desencadearam adversidades na saúde e na situação financeira de cada um dos indivíduos analisados.

A percepção sobre os danos ao meio ambiente pode ser considerada bastante nítida na população barcarenense, que sente seus reflexos na diminuição da qualidade da água (alteração de cor, cheiro e gosto), na mortandade de espécies aquáticas e no apodrecimento acelerado de frutas e vegetais, dificultando a viabilização dos plantios.

Foi importante constatar que, apesar dos esforços realizados pela empresa após a assinatura do TAC, nem todas as pessoas afetadas receberam algum tipo de auxílio, colocando em evidência questões como a injustiça e o racismo ambiental, refletidos em ações de cunho econômico-financeiro (CASTRO; CARMO, 2019) que visam, primordialmente o lucro da instituição poluidora.

Finalmente, a partir da percepção da população sobre as diversas temáticas aqui retratadas, foi possível identificar as maiores carências e necessidades que ela passa diariamente, podendo esta abordagem ser utilizada como ponto de partida para a criação e desenvolvimento de políticas de reparação social, ambiental e financeira.

## REFERÊNCIAS

ABES. **Ranking ABES da universalização do saneamento. 2019.**

Disponível em: <[http://abes-dn.org.br/pdf/Ranking\\_2019.pdf](http://abes-dn.org.br/pdf/Ranking_2019.pdf)>.

Acesso em: 27 ago. 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Catálogo de Metadados da**

**ANA: Massas d'Água.** Brasília, 2019. Disponível em:

<<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/7d054e5a-8cc9-403c-9f1a-085fd933610c>> Acesso em: 19 set. 2021.

ANTUNES, C. M. M. et al. **Qualidade das águas e percepção de**

**moradores sobre um rio urbano.** Brazilian Journal of

Environmental Sciences (Online), n. 32, p. 75-87, 2014.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de

formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília (DF), 1981.

BARBOSA, C. **Quilombolas são excluídos por mineradora que causou crime ambiental no Pará.** 2019. Disponível em: <<https://amazoniareal.com.br/quilombolas-sao-excluidos-por-mineradora-que-causou-crime-ambiental-no-para/>> . Acesso em: 21 ago. 2020.

BBC. **Noruega é maior acionista de mineradora denunciada por contaminação na Amazônia.** 2017. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-40423002>>. Acesso em: 29 ago. 2020.

BORDALO, C. A. L.; FERREIRA, D. L. N.; DA SILVA, F. A. O. Conflitos socioambientais pelo uso da água em comunidades ribeirinhas no nordeste paraense: o caso das bacias hidrográficas dos Rios Murucupi e Dendê no município de Barcarena-PA. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 323-334, 2017.

CARMO, M. B. S.; DA COSTA, S. M. F. Os paradoxos entre os urbanos no município de Barcarena, Pará. **Urbe - Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 8, n. 3, p. 291–305, 2016.

CASTRO, E.; CARMO, E. **Dossiê Desastres e Crimes da Mineração em Barcarena.** Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Belém (PA), 2019.

HAURADOU, G. R.; AMARAL, M. R. B. Mineração na Amazônia Brasileira: aspectos da presença e avanço do capital na região. **Revista de Políticas Públicas**, v. 23, p. 402–420, 2019.

HYDRO. **Contribuição para geração de empregos locais e crescimento.** 2019. Disponível em: <<https://www.hydro.com/pt-BR/imprensa/na-agenda/situacao-na-alunorte/nossos-compromissos/contribuicao-para-geracao-de-empregos-locais-e-crescimento/>> . Acesso em: 2 set. 2020.

HYDRO. **Barcarena. 2020.** Disponível em:  
<<https://www.hydro.com/pt-BR/sobre-a-hydro/a-hydro-no-mundo/south-america/brazil/barcarena/>>. Acesso em: 30 ago. 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bases cartográficas contínuas – Brasil. 2020.** Disponível em:  
<[https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_municipais/municipio\\_2020/UFs/PA/PA\\_Municipios\\_2020.zip](https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2020/UFs/PA/PA_Municipios_2020.zip)>. Acesso em: 18 set. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População estimada.** IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1 de julho de 2020. 2020a. Disponível em:  
<<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=downloads>> . Acesso em: 30 ago. 2020.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. **Isto é mineração.** Material de divulgação (folheto) nº 14, março de 2008.

IEC. **Avaliação preliminar dos impactos ambientais referente ao transbordo e lançamentos irregulares de efluentes de lama vermelha na cidade de Barcarena, Estado do Pará.** v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 7 nov. 2018

INESC. **Amazônia: paraíso extrativista e tributário das transnacionais da mineração.** Disponível em:  
<<http://amazonia.inesc.org.br/artigos-inesc/amazonia-paraíso-extrativista-e-tributario-das-transnacionais-da-mineracao/>> . Acesso em: 30 ago. 2020.

MME. **Relatório Técnico 20: Perfil da Mineração do Nióbio.** 2009. Disponível em:  
<[http://antigo.mme.gov.br/documents/36108/448620/P11\\_RT20\\_Perfil\\_da\\_Mineração\\_do\\_Nixbio.pdf/b89b4cbf-daff-a26e-189c-9b016583a32a?version=1.0/](http://antigo.mme.gov.br/documents/36108/448620/P11_RT20_Perfil_da_Mineração_do_Nixbio.pdf/b89b4cbf-daff-a26e-189c-9b016583a32a?version=1.0/)> . Acesso em: 26 ago. 2020.



NASCIMENTO, S.M. O Licenciamento Ambiental da Hydro Alunorte: o que há entre Desastres, Licenças e Expansões Produtivas? **Dossiê Desastres e Crimes da Mineração em Barcarena**, p. 91. Belém (PA), 2019.

NAZARE, M. L.; DO NASCIMENTO, P. M. R.; PENHA, R. S. Grandes Projetos em Barcarena-Pa: Impactos Socioambientais Causados Pelas Atividades da Hydro Alunorte. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará**, v. 5, n. 02, 2019.

MINAYO, M. C. S. **Introdução à metodologia das ciências sociais. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 12<sup>a</sup> ed. São Paulo (SP): Hucitec, 2010.

MONIZ, M. A.; CARMO, C. N.; HACON, S. S. Percepção da qualidade ambiental de localidades próximas ao Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro, Brasil. **Ciência e saúde coletiva**, v. 21, n. 6, p. 1871–1878, 2016.

MPF. **Moradores de Barcarena (PA) denunciam ao MP interrupção do fornecimento de água potável pela Hydro**. 2018. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/pa/sala-de-imprensa/noticias-pa/moradores-de-barcarena-pa-denunciam-ao-mp-interruptao-do-fornecimento-de-agua-potavel-pela-hydro> . Acesso em: 25 ago. 2020.

MPF. **RECOMENDAÇÃO Nº 8/2018/PRPA**. 2018a. Disponível em:[http://www.mpf.mp.br/pa/sala-de-imprensa/documentos/2018/recomendacao\\_mpf\\_mppa\\_dpe-pa\\_vazamento\\_hydro\\_barcarena-pa\\_fev\\_2018.pdf](http://www.mpf.mp.br/pa/sala-de-imprensa/documentos/2018/recomendacao_mpf_mppa_dpe-pa_vazamento_hydro_barcarena-pa_fev_2018.pdf). Acesso em: 31 ago. 2020.

OLIVEIRA, H. S. P.; FRANÇA, S. C. A.; ROCHA, E. J. P. Atividades de mineração e avaliação de metais em água avaliação superficial, sedimento de fundo e peixes no Rio Tapajós. **Amazônia em tempo: estudos climáticos e socioambientais**, 2015.

ROCHA, E. M. Impacto do rompimento da barragem em Mariana – MG na saúde da população ribeirinha da cidade de Colatina – ES. **Tempus Actas de Saúde Coletiva**, v. 10, n. 3, p. ág. 31-49, 2016.

RODRIGUES, J. C.; HAZEU, M. T.; NASCIMENTO, S. M. Como se produz desastres? O processo de licenciamento da barragem de rejeitos da Hydro Alunorte, em Barcarena, Pará. **Nucleus**, v. 16, n. 2, p. 151–170, 2019.

SIMINERAL. **8º Anuário Mineral do Pará**. 2019. Disponível em: [http://simineral.org.br/pdf/anuarios/8-desktop\\_pt-br.pdf](http://simineral.org.br/pdf/anuarios/8-desktop_pt-br.pdf) . Acesso em: 22 out. 2020.

## CAPÍTULO 10

# BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS DE BELÉM E MARITUBA-PA: UMA AVALIAÇÃO DO RISCO DE INUNDAÇÃO

**José Edilson Cardoso Rodrigues<sup>28</sup>, Luziane Mesquita Luz<sup>29</sup>,  
Lucas Matheus Gomes Lima<sup>30</sup>, Kelven Ruan Pereira<sup>31</sup> & Douglas  
Amon-há Cardoso<sup>32</sup>**

### INTRODUÇÃO

O agravamento das inundações urbanas em Belém é um problema recorrente no período chuvoso. Nas zonas baixas das bacias urbanas são feitas denúncias pelos moradores, devido ao acúmulo de água parada e transbordamento de canais, e à inundação das moradias. A totalidade das bacias da área continental sofre com as inundações. A expansão de grandes eixos rodoviários na área de confluência de rios e rodovias na Região Metropolitana também vem ocasionando grandes enchentes.

O Projeto “Cartografia ambiental das bacias hidrográficas urbanas de Belém”, da Faculdade de Geografia da Universidade Federal do Pará (UFPA), estuda e monitora as bacias ao redor da capital paraense. O projeto foi pensado para desenvolver pesquisas diante da realidade atual das bacias urbanas de Belém e djacências. As bacias estão passando por várias transformações causadas por

---

<sup>28</sup> Professor da Universidade Federal do Pará - UFPA. jecrodrigues@ufpa.br

<sup>29</sup> Professora da UFPA. luzianeluz36@gmail.com

<sup>30</sup> Graduando em Geografia - UFPA. lucmat120@gmail.com

<sup>31</sup> Graduando em Geografia - UFPA. kelvin.rego@ifch.ufpa.br

<sup>32</sup> Graduando em Geografia - UFPA. douglas.cardoso@ifch.ufpa.br

ações de macrodrenagem, ocupação desordenada e perda de cobertura vegetal, canalização, retificação, assoreamento, o que nos levou a gerar o mapeamento sistemático dos canais fluviais e à construção de um Atlas Ambiental de Bacias Urbanas que possa servir como instrumento, ao poder público, em mitigações dos impactos ambientais sofridos por essas bacias que drenam a cidade de Belém. O projeto tem o apoio do Laboratório de Geografia Física (LAGEOF) e do Laboratório da Informação Geográfica (LAIG) da Faculdade de Geografia e Cartografia da Universidade Federal do Pará (RODRIGUES; LUZ, 2021).

O município de Belém é formado por dois ambientes bem distintos: a área continental e a área insular, esta última, portanto, formada por ilhas. A priori, estamos catalogando apenas as bacias da área continental, como a do Reduto, da Tamandaré, da Estrada Nova, do Tucunduba e do Una, além de alguns estudos sobre a bacia de Val de Cães e Mata Fome. Atualmente, a área continental é formada por 15 bacias urbanas (Figura 1). Na parte norte de Belém, estão bacias como as do Cajé, Paracuri, Macacuera, Anani e Maguari. As bacias da porção sul sofrem com grande concentração populacional, circulação de pessoas, veículos e falta de áreas verdes. A leste estudamos as bacias do Murucutum e do Aurá. A bacia do Murucutum faz parte do sistema de abastecimento de água de Belém, e é formada pelo represamento dos rios Bolonha e Água Preta. E na bacia do Aurá o processo de degradação ambiental é uma consequência da destinação dos resíduos sólidos da Região Metropolitana de Belém. É muito importante conhecer as bacias urbanas para que entendamos os problemas que vivemos atualmente e as formas de gerenciamento adequado. O presente trabalho visa uma avaliação espacial das bacias urbanas de Belém associando os volumes de precipitação e o risco de inundação em áreas urbanas.



**Figura 1** - Mapa de localização das bacias urbanas de Belém PA.

As bacias urbanas são marcadas pelo aumento de edificações, pavimentação, canalização e pela retificação dos rios. Esses fatores acabam por reduzir os processos de infiltração e aumentam o escoamento superficial, o que ocasiona o aumento e magnitude das inundações (BOTELHO, 2011).

Na rede de canais que formam as bacias de Belém, observamos o modelo de canalização somente nas bacias que passaram por processos de macrodrenagem através de grandes obras de infraestrutura, desde a década de 1960, na área central: na bacia da Tamandaré, bacia do Reduto, bacia do Armas Reduto. Na década de 1980, a bacia do Una sofreu uma grande intervenção estrutural com obras de macro e microdrenagem, desvio de canais, construção de canais artificiais e construção de comportas automáticas, o que levou ao ensecamento de uma vasta extensão da planície de inundação. Em direção ao norte da cidade, grande

parte da rede de drenagem encontra-se em processos de retificação e sem intervenção na rede de drenagem.

Segundo Assunção e Marçal (2012), existe uma grande diferenciação entre os processos de retificação e a canalização fluvial. A canalização é o resultado de um processo de engenharia na rede fluvial para fins de controle de inundação, redução da erosão e implantação de infraestrutura. As obras de engenharia provocam grandes alterações na morfologia e processos fluviais. A retificação é um processo mais simples de alteração do canal fluvial com objetivo de torná-lo reto artificialmente. A retificação altera a extensão e a sinuosidade dos canais fluviais.

O avanço da urbanização também levou a uma perda sem precedentes das áreas verdes urbanas nas bacias urbanas. O índice de cobertura vegetal em áreas urbanas da área continental de Belém mapeada ficou em torno de 37% para o ano de 2006 (LUZ et. al., 2017). A distribuição espacial da cobertura vegetal é bastante desigual nas bacias. Esse cenário é fruto do processo de ocupação e produção do espaço urbano, que influenciou a configuração e distribuição das áreas verdes na cidade e influencia os processos de infiltração e evapotranspiração das bacias.

O aumento das inundações ou transbordamento dos canais fluviais são fenômenos comuns do baixo curso fluvial. As inundações são controladas pelo volume das precipitações, tipo de cobertura vegetal, solos, tipos de rochas, morfologia do relevo e pela declividade da área. Portanto, o conhecimento dos processos fluviais é imperativo para o gerenciamento das bacias hidrográficas. A região de Belém é marcada pelo elevado volume da precipitação e uma grande densidade de bacias urbanas. O município de Belém apresenta um dos maiores índices pluviométricos do estado do Pará, não sendo à toa ele ser considerado o município das águas, tanto por ser contornado pela baía do Guajará e o rio Guamá como por apresentar elevados índices pluviométricos que variam de 2.600 a 3.300 mm/ano, e

tendo uma umidade relativa do ar que pode chegar a 95% (RODRIGUES et. al., 2019)

A combinação de alto índice pluviométrico com adensamento urbano pode ocasionar fenômenos como; extravasamento das águas do canal de drenagem urbana para as áreas marginais, definidas como planície de inundação ou várzea, podendo atingir cotas acima do nível máximo da calha principal do canal urbano. Essas áreas passíveis de serem atingidas por processos de enchentes e inundações, geralmente são bastante populosas e as pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda.

Portanto, o monitoramento e o acompanhamento de fatores climáticos, como volume pluviométrico e os processos de uso e ocupação das áreas de bacias urbanas da cidade de Belém, são de fundamental importância no controle de enchentes e alagamentos, assim como combater e prevenir a população, que residem em áreas crônicas de alagamento, de doenças vinculadas à água parada e que são mais concentradas no período chuvoso.

## **METODOLOGIA**

A pesquisa bibliográfica sobre bacias urbanas foi fundamentada em autores como Botelho (2011), que trata sobre o conceito de bacias urbanas, e Assunção e Marçal (2012), sobre os processos de canalização e retificação fluvial.

Os processos de intervenção em bacias urbanas de Belém foram baseados em Luz et. al. (2017), sobre os impactos antropogênicos em Belém, e Rodrigues et. al (2019), que estudam a distribuição da precipitação em Belém. A avaliação das inundações com base na CPRM (2014) para a geração das cartas de inundações de Belém. A delimitação das bacias urbanas foi baseada em curvas

de nível de 2m. No total, foram identificadas 15 bacias na área continental de Belém. O mapa de risco de inundação foi elaborado com base em dados da CPRM (2014), nele foi determinada a classificação em alto, médio e baixo risco de inundação para as diferentes bacias urbanas de Belém. O risco de inundação foi baseado na correção de dados topográficos e geomorfológicos.

### **RISCO DE INUNDAÇÃO DA ÁREA CONTINENTAL DE BELÉM**

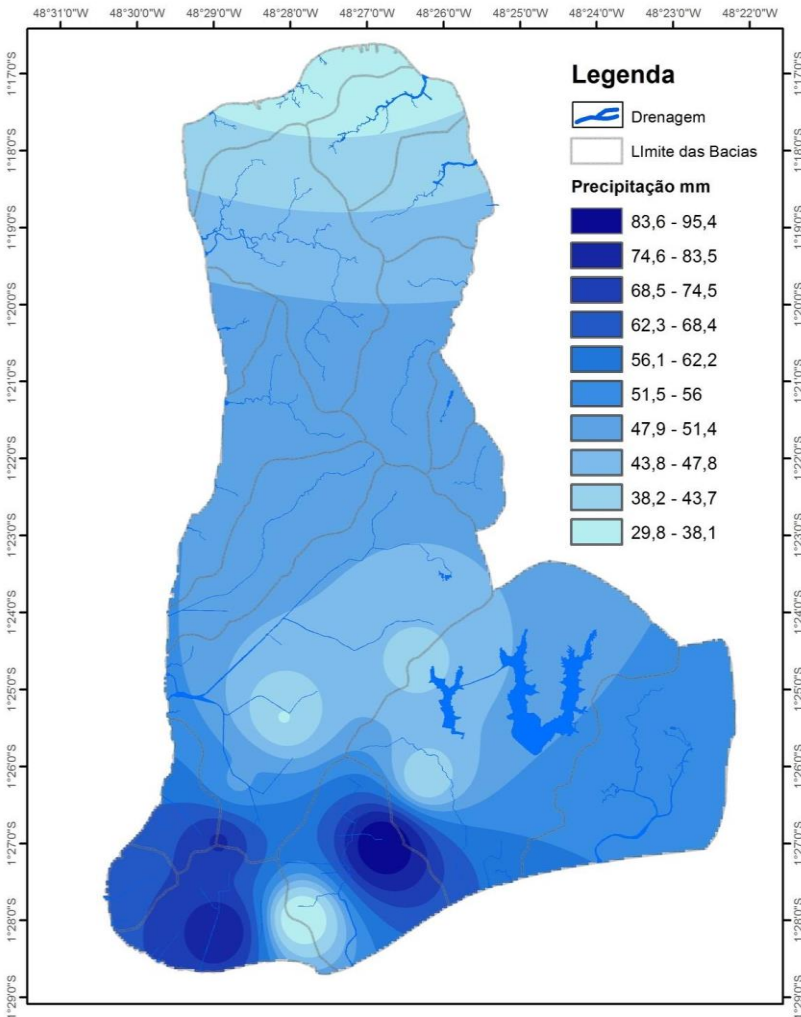
As Inundações são processos fluviais que podem levar à submersão da planície aluvial pelo transbordamento das águas do canal principal do rio principal devido à evolução do processo de enchente, ou cheia. Caracteriza-se pela elevação temporária do nível d'água relativo ao leito regular do canal em uma dada bacia de drenagem, comumente em razão do acréscimo de vazão d'água ocasionado por eventos chuvosos de longa duração e elevados índices pluviométricos acumulados. Os excessos d'água podem alcançar a planície aluvial atual (leito menor, várzea) e os terraços fluviais antigos (leito maior), topograficamente alçados em relação à cota da planície aluvial atual, bem como outros terrenos mais elevados, situados em flancos de encostas adjacentes (CPRM, 2014). Nos períodos de maior precipitação, às planícies exercem o papel de regulador hídrico ao absorver toda a água que ultrapassa a capacidade de descarga do canal.

Para a análise da distribuição espacial da chuva na área de bacias, optou-se por analisar o episódio do dia 7 de maio de 2018, que desencadeou diversos problemas, entre eles inundações de canais e ruas, causando sérios danos à população.

A análise espacial das dinâmicas hidroclimáticas nas bacias urbanas só foi possível graças à instalação de várias estações pluviométricas em diversos pontos da cidade de Belém, em especial nas áreas de bacias, através de uma parceria entre a Prefeitura de Belém e Defesa Civil Municipal e o CEMADEN.



Estabeleceram-se diversos pontos de coleta, onde foram instalados os pluviômetros, denominados de estações. Os dados de precipitação gerados pelas estações permitiram representar a distribuição espacial da precipitação, para um dia, ocorrida em 7 de maio de 2018 (Figura 2).

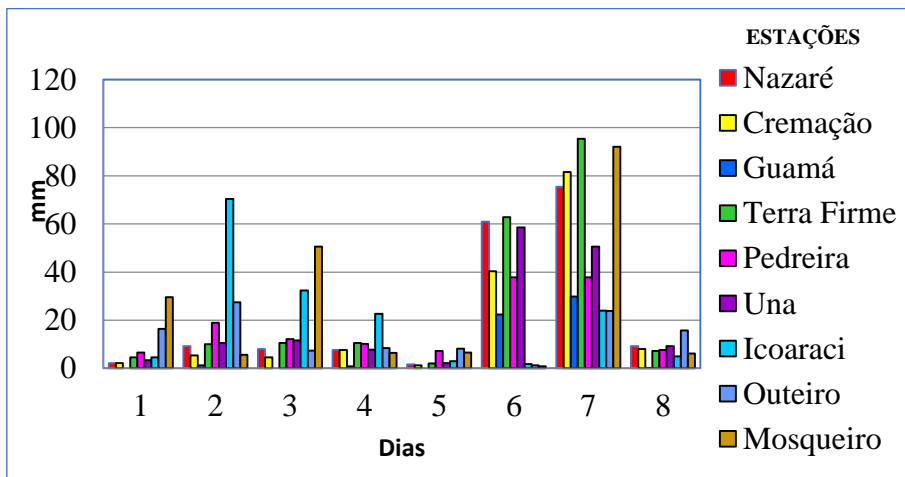


**Figura 2** - Mapa de precipitação espacial ocorrida no dia 07/05/2018

**Fonte:** Rodrigues, 2018.

No dia do registro, 7 de maio de 2018, a Estação Terra Firme registrou quase 100 mm de chuva. Isto quer dizer que choveu quase 100mm por m<sup>2</sup> no perímetro da bacia do Tucunduba. O segundo maior volume de precipitação, naquele dia, foi registrado na Estação Cremação, pouco mais de 80 mm, mostrando que na bacia da Estrada Nova choveu mais de 80 mm por m<sup>2</sup> no perímetro da bacia.

Nas bacias do Una e Mata Fome o volume registrado ficou entre 50 mm e 20 mm, respectivamente, ficando abaixo do que foi registrado nas bacias do Tucunduba e Estrada Nova (Figura 3).



**Figura 3** - Gráfico de registro da precipitação ocorrida entre os dias 01 e 08/05/2018.

A dinâmica atmosférica regional esclarece as causas dessas chuvas excepcionais que ocorreram entre os dias 1 e 8 de maio de 2018, sendo que o dia 7 foi considerado o mais chuvoso registrado no gráfico 01.

O município de Belém encontra-se em uma posição geográfica influenciada por duas grandes forças atmosféricas, uma delas são as Linhas de Instabilidade Tropical (IT) originárias da atuação do anticiclone subtropical semifixo do Atlântico Sul e do anticiclone subtropical semifixo dos Açores, que, no setor oriental

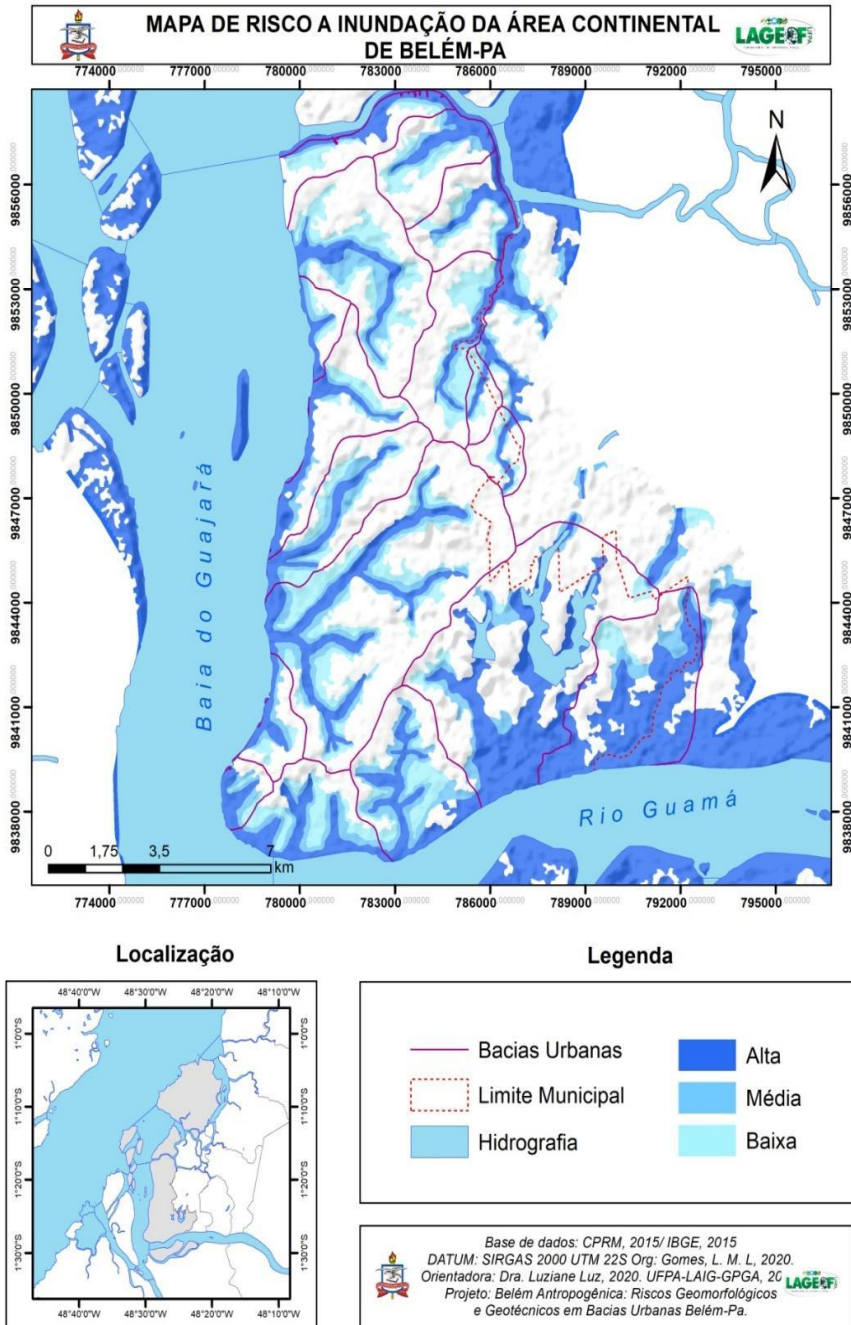
da Região Norte, sopram periodicamente ventos de E a NE, mais frequentes e regulares no verão (dezembro a fevereiro), quando há um decréscimo geral de pressão motivado pelo forte aquecimento do interior do continente. Essa massa de ar, pela forte umidade específica e ausência de subsidência superior, está, frequentemente, sujeita a instabilidades causadoras de chuvas abundantes.

Outro sistema de circulação muito importante vem do Norte, e é representado pela invasão da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) dos ventos do anticiclone dos Açores e do anticiclone do Atlântico Sul. Tais correntes são responsáveis por aguaceiros e têm sua posição média sobre o hemisfério Norte, porém no inverno, outono e verão, especialmente no outono, elas descem com frequência para o hemisfério Sul. (NIMER, 1989).

A exemplo das chuvas de IT, as da ZCIT são de notável concentração no tempo e no espaço, porém estas são, geralmente, mais intensas e pesadas, ocasionando uma das regiões mais pluviosas.

Analisando-se as imagens de satélites disponíveis no site do INMET, verificou-se que no dia 7 houve um corredor de massa de ar Equatorial Atlântica (mEa) sobre o oceano Atlântico, que se estendeu por diversos quilômetros no sentido SE-NW. Essa massa de ar é extremamente quente e úmida, e provocada pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que se deslocou no sentido de Leste para Oeste (do oceano para o continente). Esse fator natural associado à ausência de grandes investimentos ligados ao planejamento urbano e à reprodução do uso e ocupação do solo colocam essas áreas em maior risco geotécnico-geomorfológico e risco de inundações, uma vez que as ocupações foram construídas nas margens dos canais ou em áreas reconhecidamente de riscos geomorfológicos associados. Para a área continental de Belém, foram classificadas as áreas de risco de inundação baseadas pelas

cotas das planícies, que variam de 0 a 4 metros, e canais urbanos (Figura 4).



**Figura 4 - Mapa de Risco de Inundações de Belém**

1. ALTO RISCO: essas áreas correspondem, a leste, à grande planície de inundação do rio Guamá, que não apresenta orla com proteção por diques contra inundação, onde a coincidência de períodos chuvosos e maré alta leva à inundação de extensas áreas na Universidade Federal do Pará, sobretudo o campus profissional e da saúde (Figura 6). As zonas baixas nos canais urbanos em cotas inferiores a 4m de altitude são áreas crônicas de inundações na bacia do Tucunduba (Figura 7), Estrada Nova, Tamandaré, Armas Reduto e Una, conforme Luz e Rodrigues (2017). As bacias localizadas ao norte também sofrem com as inundações nos canais de Val-de-Cães, Mata Fome e Paracuri.

2. MÉDIO RISCO: essas áreas correspondem à zona de influência das planícies e terraços baixos de Belém em cotas de 4 a 8m de altitude. Essas planícies, formadas por solos hidromórficos e não hidromórficos, em terrenos argilo-arenosos e com nível d'água subterrâneo de raso a pouco profundo, são áreas que também sofrem com as inundações de maré que podem atingir até 4m em Belém.

3. BAIXO RISCO: são áreas mais elevadas que correspondem aos terraços e tabuleiros acima de 10m de altitude. São terrenos formados por solos não hidromórficos, em terrenos silto-arenosos e com nível d'água subterrâneo profundo. Essas zonas, que correspondem aos divisores das bacias, são menos suscetíveis às inundações periódicas.



**Figura 5** - Zona de ALTO risco de inundação no período de maré de sizígia. Bacia do Tucunduba. Campus profissional da UFPA.

Março/ 2019.

**Fonte:** Luz, 2020.



**Figura 6** - Inundações no canal Cipriano Santos, Bacia do Tucunduba. Zona de ALTO risco de inundações das áreas adjacentes, aumenta no período chuvoso. Março/2020.

**Fonte:** Luz, 2020.



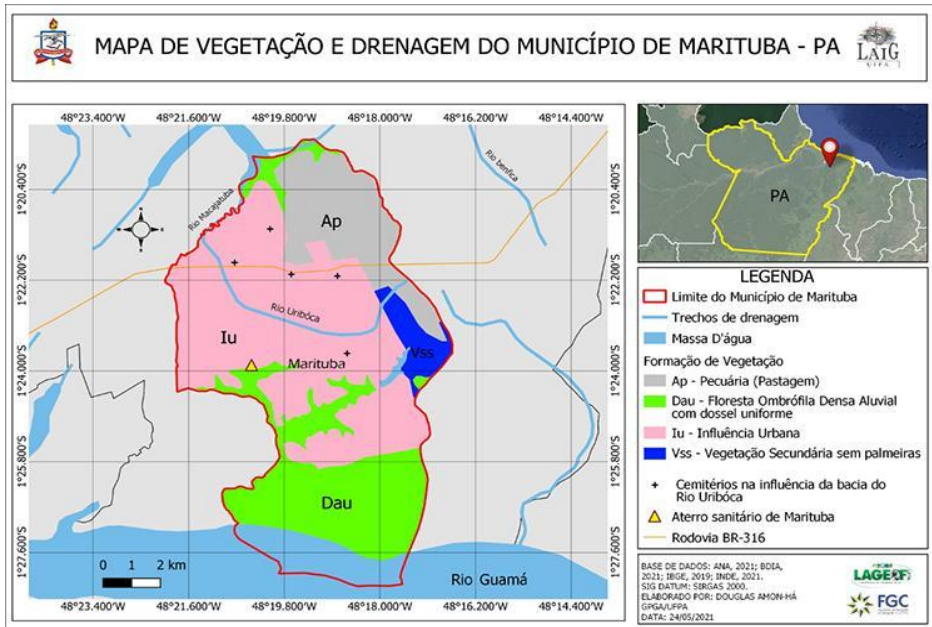
**BACIAS DA REGIÃO METROPOLITANA: BACIA DO URIBOCA**

A condição ambiental das bacias hidrográficas deve ser levada em conta no momento de realizar os ordenamentos urbanos e intervenções, uma vez que as inundações causam transtornos à população, prejuízos financeiros, problemas de saúde, além dos impactos ambientais. O rio Uriboça, localizado no município de Marituba, nasce nas vertentes colinosas do rio Guamá, localizadas ao sul da BR-316, e deságua em direção ao norte, no rio Mocajutuba, que drena em direção ao furo do Maguari. A altitude média na nascente do rio Uriboça é de cerca de 30 metros, e a parte baixa na famosa ponte sobre o rio Uriboça, na BR-316, está em uma altitude de 5 metros na área de influência da planície de inundação, daí a grande quantidade de água que observamos na localidade nos períodos de cheias. Nas últimas décadas, toda a área da bacia do rio Uriboça vem sofrendo com amplas obras de infraestrutura, como as construções da Av. Independência e da Alça Viária.

A implantação das vias levou ao desmatamento de grandes áreas de floresta original e à utilização de uma considerável quantidade de aterro para a construção e finalização desses eixos viários de alta circulação. Recentemente, também as obras dos terminais do BRT, no município de Marituba, causaram o aumento da impermeabilização na área da bacia, o que, por vez, aumenta as inundações no baixo curso do rio Uriboça, o que acarreta os alagamentos em área de confluência de rios e rodovias.

O uso do solo na bacia do rio Uriboça é essencialmente urbano, o que faz com que o baixo curso do rio sofra com o adensamento, a perda de cobertura vegetal, a utilização de solo exposto pela retirada de materiais de construção etc. Além disso, na área de influência das bacias, mapeamos cinco cemitérios, o que aumenta muito o risco de poluição das águas tanto superficiais quanto subterrâneas, já que os afluentes do rio drenam essas áreas

e lá desembocam. Nas proximidades da nascente, ainda, está localizado o Aterro Sanitário de Marituba, no divisor de águas das bacias, em área de relevo, o que agrava bastante a situação (Figura 7).



**Figura 7 - Rio Uruboca localizado no município de Marituba. Região Metropolitana de Belém.**

## CONCLUSÃO

O aumento das inundações urbanas é uma questão recorrente em Belém e Região Metropolitana. O monitoramento das bacias hidrográficas através de mapeamento de grande escala e o acompanhamento no padrão do uso do solo e da distribuição da precipitação são recursos importantes para a avaliação do risco de inundações. A implantação de obras de drenagem e eixos viários tem ocasionado grandes impactos na dinâmica fluvial, aumentando a velocidade das enchentes. A dinâmica da precipitação também é outro fator que tem influência na dinâmica das bacias, levando a cheias repentinas que provocam grandes transtornos no deslocamento de veículos e pessoas em Belém e



adjacências. Medidas importantes para contornar os impactos causados seriam ações de ampliação das áreas verdes para melhorar a infiltração e a permeabilidade das bacias, a revitalização dos rios e igarapés, o reflorestamento de solos expostos e a criação de cinturões verdes, observando que a mudança no regime de chuvas, que está associada às mudanças climáticas, ocasiona também transformações no regime fluvial.

## REFERÊNCIAS

ASSUNÇÃO, A. P.; MARÇAL, M. S. Retificação dos canais fluviais e mudanças geomorfológicas na planície do rio Macaé-RJ. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 29, n. 3, 2012

BOTELHO, R. G. **Bacias Hidrográficas Urbanas**. Guerra, A. J. T. (Org.). Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

CPRM. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações: 1:25.000**. Coordenação Omar Yazbek Bitar. -- São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; Brasília, DF: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014.

GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2011. 280p

LUZ, L. M.; RODRIGUES, J. E; PONTE, F. C.; SILVA, C. N. Estudos Antropogênicos no sitio urbano de Belém-PA. *In: Belém dos 400 anos: análises geográficas e impactos antropogênicos na cidade*. Christian Nunes da Silva (Org.). Belém: GAPTA, 2017.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

RODRIGUES, J. E.; LUZ, L. M.; COSTA, B. R. **Distribuição Geográfica da Precipitação na Área Continental do Município de**

**Belém.** *In:* SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA.  
Belém: UFPA, 2019.

RODRIGUES, J. E. C.; LUZ, L. M. **Os impactos ambientais sofridos pelas bacias hidrográficas no contexto urbano.** SEMANA DE MEIO AMBIENTE. Belém, UFPA, 2021.

## CAPÍTULO 11

# INTERFERÊNCIA DO VAZAMENTO DA USINA TERMOELÉTRICA RIO MADEIRA NOS POÇOS DO BAIRRO NACIONAL - PORTO VELHO/RO

**Melissa Cíndel Alves da Silva<sup>33</sup>, Ana Cristina Santos Strava  
Correa<sup>34</sup>**

### 1. INTRODUÇÃO

A água é o mais importante meio de subsistência para os seres vivos, sendo direito de todos a sua utilização para o suprimento de necessidades básicas no que tange ao direito à vida preconizado no artigo 5º da Constituição Federal de 1988.

Todavia, os órgãos competentes de cada estado ou região têm a função de gerir de forma responsável a distribuição e manutenção dos meios utilizados para o fornecimento da água potável à população. Muito embora os canais de abastecimentos mais utilizados sejam realizados na modalidade superficial, ou seja, através da captação de água em rios, lagos e represas, há também a captação de águas subterrâneas, através de poços artesianos ou semiartesianos, que são fontes de utilização de menor custo e necessárias para algumas localidades, visando facilitar a vida dos moradores.

Conforme Silva (apud OLIVEIRA; LOUREIRO,1998):

“A água subterrânea tem se tornado uma fonte alternativa de abastecimento de água para o

---

<sup>33</sup> Engenheira Civil. melissa-cindel@hotmail.com

<sup>34</sup> Coordenadora de Operações, Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM).  
Professora da Faro. 000330@ijn.faro.edu.br

consumo humano. Isso é devido tanto a escassez quanto a poluição das águas superficiais, tornando os custos de tratamento, em níveis de potabilidade, cada vez mais elevados. Em geral, as águas subterrâneas são potáveis e dispensam tratamento prévio, pois os processos de filtração e depuração do subsolo promovem a purificação da água durante a sua percolação no meio, tornando-se uma fonte potencial de água de boa qualidade e baixo custo, podendo sua exploração ser realizada em áreas rurais e urbanas”.

Desta forma, se faz necessária a preservação das águas subterrâneas, pois uma vez contaminadas o custo será maior e por vezes inviáveis aos setores responsáveis.

Uma área contaminada é definida como local, terreno ou instalação onde há legítima condição de poluição ou contaminação causada pela presença de quantidades ou concentrações de quaisquer substâncias ou resíduos que neles tenham sido depositados, disfarçados, concentrados, armazenados ou infiltrados de forma acidental, natural ou até mesmo propositadamente, resíduos que se encontram em condições que possam ocasionar danos à saúde humana e ao meio ambiente.

Milani (2008) define que a existência de uma contaminação pode ocasionar problemas nas seguintes áreas:

“A existência de uma área contaminada pode gerar problemas como danos à saúde humana, comprometimento da qualidade dos recursos hídricos, restrições ao uso do solo e danos ao patrimônio público e privado, com a desvalorização das propriedades, além de inúmeros danos ao meio ambiente”.

Em um local contaminado há uma grande possibilidade dos poluentes concentrarem-se em diversos meios físicos, causando grandes prejuízos ao meio ambiente, como nas águas superficiais, no solo, e até mesmo no ar que respiramos. Conforme a CETESB

(2013), os poluentes ou contaminantes possuem a capacidade de transporte por diferentes meios, como por exemplo o solo, o ar, as águas subterrâneas e superficiais, de forma a modificar as características naturais de qualidade do ambiente trazendo impactos negativos e/ou riscos aos bens a proteger localizados na própria área ou em seus arredores.

É importante ressaltar que os componentes da água, sua concentração e outros parâmetros influenciam diretamente o tipo de tratamento a ser realizado. No caso de mananciais ou poços, os mesmos estão sujeitos às condições locais quanto à geologia, clima e atividades humanas. Dessa forma, o processo de tratamento e análise da água deve ser ajustado de acordo com o seu uso, posto que a principal preocupação com a qualidade da água está diretamente voltada para consumo humano. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo estudar a área de contaminação por derivados de petróleo que afetam a qualidade de vida dos moradores locais, de forma a classificar o nível de contaminação da água dos poços tipo amazonas nas residências de uma região limitada do bairro Nacional do município de Porto Velho.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Localização e Área de Estudo**

A área do presente estudo é eminentemente urbana e está localizada no município de Porto Velho - Rondônia, no bairro Nacional. Neste ponto, estão localizadas instalações da concessionária de distribuição de energia elétrica do estado, ENERGISA, local este onde ocorre a contaminação (Figura 1). Vale ressaltar que a contaminação ocorreu anteriormente à administração da ENERGISA.

O bairro Nacional é classificado, segundo o plano diretor do município, como uma ZPI2 (Zona de projeção de Igarapés), com

uma grande densidade populacional. Já o local de onde deriva a contaminação é classificado como uma ZP (Zona Portuária). É imprescindível ressaltar a importância de uma boa qualidade das águas subterrâneas locais devido à inexistência de abastecimento de água pelo município em diversos pontos do bairro. Sendo assim, os moradores suprem suas necessidades básicas através da captação de águas por poços amazonas, que se encontram contaminados.



**Figura 1.** Usina Termelétrica Rio Madeira no bairro Nacional.

**Fonte:** Google Maps (2021).

## **2.2. Caracterização Física, Geológica, Geomorfológica e do Solo**

A área no entorno imediato é a mais afetada, pois recebe toda contaminação. A partir disso, a propagação dos contaminantes dependerá dos veículos e mídias existentes no meio físico. Para o início do estudo foi necessário determinar as características locais, levando-se em consideração os aspectos físicos, geológicos e geomorfológicos, visto que tais aspectos influenciam diretamente na forma como o fluido poluidor se comportará no solo até que

alcance as águas subterrâneas. A coleta das informações supracitadas serviu como fator crucial na determinação dos pontos de coleta de amostras.

O Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS juntamente com a base de dados de poços do Estado de Rondônia proporcionaram informações que permitiram estruturar um plano de ação para levantar dados de qualidade de água dos poços abastecidos pelo lençol freático contaminado pelo vazamento, disponibilizando informações como análises químicas, informações hidrogeológicas, geológicas e o perfil construtivo local, conforme demonstrado na Figura 2.

<b>Feição Geomorfológica:</b>				
Descrição:				
<b>Formação Geológica:</b>				
Profundidade Inicial (m):		Profundidade Final (m):		Tipo de Formação:
0,00		48,00		Grupo Ji-paraná
<b>Dados Litológicos:</b>				
De (m):		Até (m):		Litologia:
0		11,5		Argila arenosa
11,5		43		Areia conglomerática
43		48		Siltite
				Descrição Litológica:
				Argila arenosa amarela
				Areia conglomerática
				Siltite cinza amarronzado
<b>Aqüífero no Ponto</b>				
			Topo (m):	9,00
			Base (m):	48,00
<b>Aqüífero: Poroso</b>				
			Captação:	Simultânea
			Condição:	Semi-Confinedo
			Penetração:	Total
<b>Nível da Água:</b>				
Data:				
			08/03/1988	
Nível da Água (m):				
			6,3	
Nível Medido Bombeando (S/N)?				
			5	
Vazão (m <sup>3</sup> /h):				
			34,5	

**Figura 2.** Relatório de características geomorfológicas do bairro Nacional.

**Fonte:** Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS

### 2.3. Determinação dos Pontos de Coleta

O Sistema de abastecimento de água de Porto Velho beneficia 65% da população. O município tem hoje 539.354 Habitantes (IBGE/2020), e a alternativa usada pelos moradores é a utilização das águas subterrâneas, sendo estas coletadas em poços amazônicos e poços tubulares.

A fim de encontrar traços da contaminação no lençol freático utilizado para o abastecimento populacional, foi realizada uma

triangulação de forma a captar três extremidades estratégicas no entorno do vazamento, visando determinar os pontos de maior contaminação e possibilitar o estudo do comportamento do fluido poluidor. Foram realizadas seis coletas de amostras, sendo cinco em poços amazonas e uma em um córrego próximo às propriedades afetadas. Tais coletas foram realizadas no mês de maio/2021, período este enquadrado no inverno amazônico. A avaliação prévia da contaminação pelo fluido poluidor foi baseada nas características hidrogeológicas e geofísicas do local.

A Figura 3 apresenta a localização dos pontos de coleta, assim denominados:

AS-1 - Água Superficial do ponto de coleta 1

AP-1- Água de Poço do ponto de coleta 1

AP-2 - Água de Poço do ponto de coleta 2

AP-3 - Água de Poço do ponto de coleta 3

AP-4 - Água de Poço do ponto de coleta 4

AP-5 - Água de Poço do ponto de coleta 5



**Figura 3.** Usina Termelétrica Rio Madeira no bairro Nacional.

**Fonte:** Google Maps (2021).



Vale ressaltar que a coleta de pontos próximos se dá pela diferença geomorfológica local, como exemplo disto temos os pontos de coleta AP-04 e AP-02. O ponto de coleta AP-02 está localizado em um local de maior altitude, tornando-se, portanto, a montante do ponto AP-04. Tal escolha foi realizada visando identificar a possível percolação do fluido poluidor para localizações mais altas. A mesma linha de raciocínio foi adotada para os pontos AP-01 e AP-05, sendo considerados o ponto AP-01 a montante e o ponto AP-05 a jusante da contaminação.

#### **2.4. Análise Laboratorial dos Materiais Coletados**

As análises físico-químicas e microbiológicas das amostras coletadas foram realizadas no laboratório da FARO, aplicando-se os procedimentos e normas vigentes para cada parâmetro a ser determinado e seguindo-se padrões de qualidade da água para consumo humano e outras áreas (como entretenimento e indústria) preconizados pelas normas vigentes. Já as análises de óleos e graxas foram realizadas no laboratório LAPEF - Laboratório Análise de Água, Efluentes, Solo e Derivados de Petróleo, localizado no município de Porto Velho.

Foram coletados dados de campo como: data e hora da coleta, ocorrência de chuva, coordenadas geográficas, natureza do poço (amazônico ou tubular), nível estático da água, nome do proprietário e endereço da localidade. Dentre os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, destacam-se: pH, condutividade elétrica, cor, turbidez, e coliformes fecais e totais. Para as análises de detecção de óleos e graxas foram realizados os ensaios de teor de BTEX e índice de hidrocarbonetos (TPH).

Para a coleta das amostras em campo foram utilizadas garrafas de plástico esterilizadas (1L), que foram lançadas até o nível estático do poço com o auxílio de uma linha de náilon de forma a mergulhar as garrafas permitindo que a água adentrasse no recipiente. Desta forma, foi coletado 1 litro de amostra de água

de cada ponto estudado e transferido para os frascos de coleta disponibilizados pelo laboratório. Para a verificação dos parâmetros fora do padrão foram observados os limites adotados pela resolução CONAMA: Das Águas Doces, Seção I – Art. 4º, Classe I – RESOLUÇÃO CONAMA N.º 396, de 3 de abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.

## **2.5. Questionário de Pesquisa Populacional**

Como ferramenta de pesquisa, utilizou-se um questionário com perguntas abertas aos moradores das residências selecionadas para o estudo de seus poços, visando a coleta de dados informativos referentes à atual condição de tais moradores locais com relação aos prejuízos decorrentes da contaminação. Para isso, foram realizadas as seguintes perguntas:

- 1) Há quanto tempo residem no local?
- 2) Os moradores da residência têm conhecimento sobre o vazamento de óleo?
- 3) Notou-se a presença de cheiro, cor ou sabor na água?
- 4) Existe histórico de alagamentos na região?
- 5) Qual a forma de abastecimento de água da residência? CAERD, poço tipo amazonas, poço artesiano, outros...
- 6) Existem históricos de doenças infecciosas? (Vômitos, náuseas, diarreias, etc.)

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Conforme o Ministério da Saúde, Portaria n.º 2.914 de 12 de dezembro de 2011, os critérios de potabilidade são um conjunto de valores utilizados como parâmetros para a determinação da qualidade da água de abastecimento para o consumo humano. O

trabalho atual é de cunho investigativo, determinando a potabilidade das amostras de água analisadas e os poluentes derivados de petróleo ou coliformes nelas existentes, posto que os parâmetros analisados são suficientes para a determinação de tal qualidade e dos riscos ao plantio local e à saúde humana. Não foram analisadas as presenças de produtos químicos inorgânicos nas amostras de água, pois não eram pertinentes ao estudo.

### 3.1. Parâmetros físico-químicos

Através dos ensaios realizados no laboratório da FARO, foram obtidos os seguintes resultados (Tabela 1) a respeito dos parâmetros físico-químicos: pH, condutividade elétrica, cor e turbidez.

**Tabela 1.** Resultados dos parâmetros físico-químicos

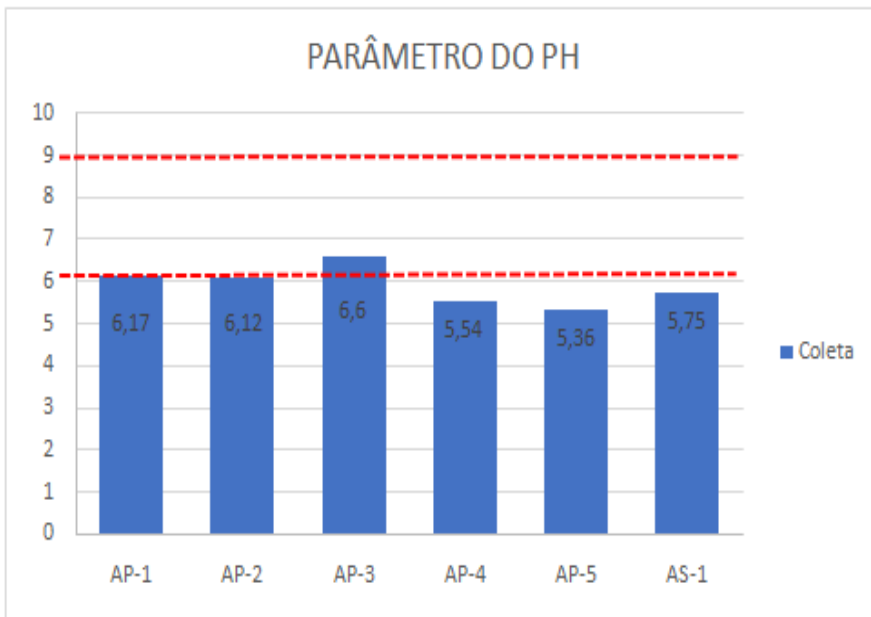
PARÂMETROS	UNID	AP-1	AP-2	AP-3	AP-4	AP-5	AS-1	CONAMA
								N.º
								396/2008
pH	-	6,17	6,12	6,6	5,54	5,36	5,75	6,0 - 9,0
CONDUTIVIDADE								
ELÉTRICA	µs/cm	75	113	125	29	112	72	-
COR	ppm	2,5	< 3	< 3	5	< 3	3	15
TURBIDEZ	NTU	357	0,02	0,02	249	0,02	187	100

**Fonte:** Autora (2021).

#### 3.1.1. pH (Potencial Hidrogeniônico)

O pH é um parâmetro muito importante, pois indica a acidez ou alcalinidade das soluções. Por meio dele pode-se ter noção da qualidade de dejetos industriais lançados na água, conforme leciona SANTOS, 2013 (apud Macedo, 2000).

Os parâmetros adotados para o pH de água podem variar de 0 a 14, identificando a acidez, a neutralidade ou a alcalinidade de uma solução aquosa. É considerado um  $\text{pH} < 7,0$  para soluções aquosas ácidas,  $\text{pH} = 7,0$  para soluções neutras e  $\text{pH} > 7,0$  para soluções alcalinas. A partir disto, fica definido como parâmetro para consumo humano uma faixa de pH entre 6 a 9, conforme preconizado pela CONAMA N.º 357, de 17 de março de 2005.



**Figura 4.** Faixas de limites do pH, conforme previsto pela CONAMA, e os respectivos resultados obtidos

**Fonte:** Autora (2021)

Quanto ao pH das amostras coletadas, os resultados obtidos indicam que as amostras AP-04, AP-05 e AS-01 estão fora da faixa do pH indicado na legislação vigente, conforme demonstrado na Figura 4, apresentando-se na faixa ácida abaixo de 6,0. Já as demais amostras analisadas estão em conformidade com a faixa de pH indicada na legislação vigente, sendo elas as amostras AP-01, AP-02 E AP-03, que obtiveram pH entre 6,0 e 9,0. Todavia, obteve-se uma média de pH 5,92 entre as amostras analisadas, coerente com o pH das águas subterrâneas da região de Porto Velho (CPRM, 2011).

Ainda que praticamente todas as etapas de tratamento de água dependam do pH obtido, como nos processos de neutralização, desinfecção, precipitação, dentre outros, o mesmo não possui caráter determinante para classificar uma água como potável ou não, devido ao fato de o mesmo não apresentar danos à saúde humana a curto prazo.

### **3.1.2. Condutividade Elétrica**

A condutividade elétrica é a capacidade de um ambiente aquoso conduzir corrente elétrica, e está inteiramente ligada ao teor de sais dissolvidos no mesmo sob a forma de íons. Ainda que não seja possível a detecção dos sais dissolvidos por meio deste parâmetro, o mesmo é um indicador de presença de fontes poluidoras na água. A condutividade elétrica não representa riscos à saúde humana, porém é através deste parâmetro que se torna possível determinar a concentração de sólidos totais dissolvidos. Estes podem apresentar riscos à saúde, uma vez que, em excesso, além de tornar a água desagradável ao paladar, possibilitam também a formação de cálculos renais devido ao acúmulo de sais na corrente sanguínea.

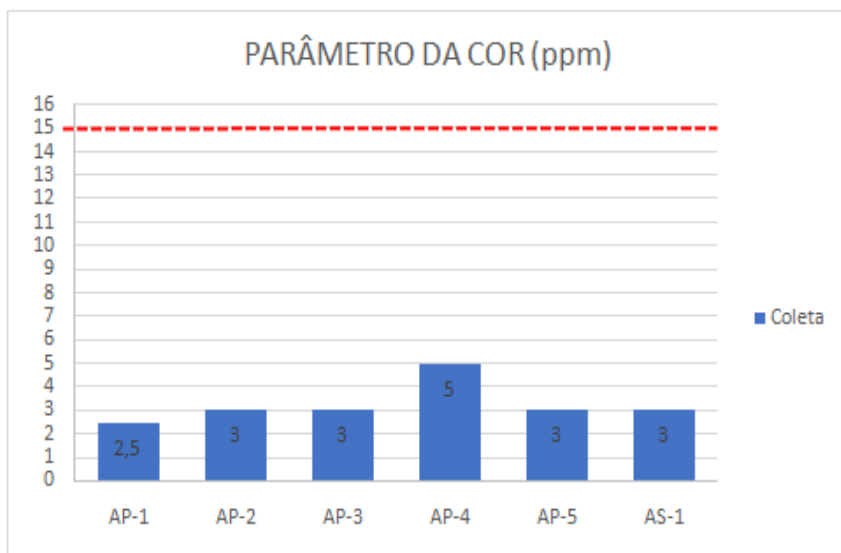
Quanto à condutividade elétrica resultante das amostras coletadas, não existe referência normativa a ser adotada para este parâmetro. Diante disso, subentende-se que quanto menor a condutividade elétrica, maior a possibilidade de presença de matérias orgânicas (óleos, graxas, álcool, fenóis), pois elas não conduzem corrente elétrica, e quanto maior a condutividade elétrica maior será a presença de sais na amostra.

Verifica-se que a amostra AP-04 apresentou a menor condutividade elétrica (29  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), caracterizando a amostra com a maior possibilidade de presença de matérias orgânicas quando comparada às demais, uma vez que tais matérias orgânicas não possuem capacidade de condução elétrica, sendo consideradas

isolantes. Já as amostras AP-02, AP-03 e AP-05 obtiveram os maiores resultados de condutividade elétrica, ultrapassando a faixa de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , representando as amostras com maior concentração de sais e, conseqüentemente, menor presença de matéria orgânica. Entre as amostras, obteve-se uma média de 87,66  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### 3.1.3. Cor

A cor é um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição da água analisada, que visa indicar a presença de substâncias dissolvidas na água. De acordo com a Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde, o valor máximo permissível de cor na água distribuída é de 15,0 U.C. Diante disto, todas as amostras de água analisadas encontram-se dentro da faixa indicada pela legislação vigente, indicando uma presença aceitável de matéria orgânica ou metais, conforme a Figura 5 apresentada abaixo.

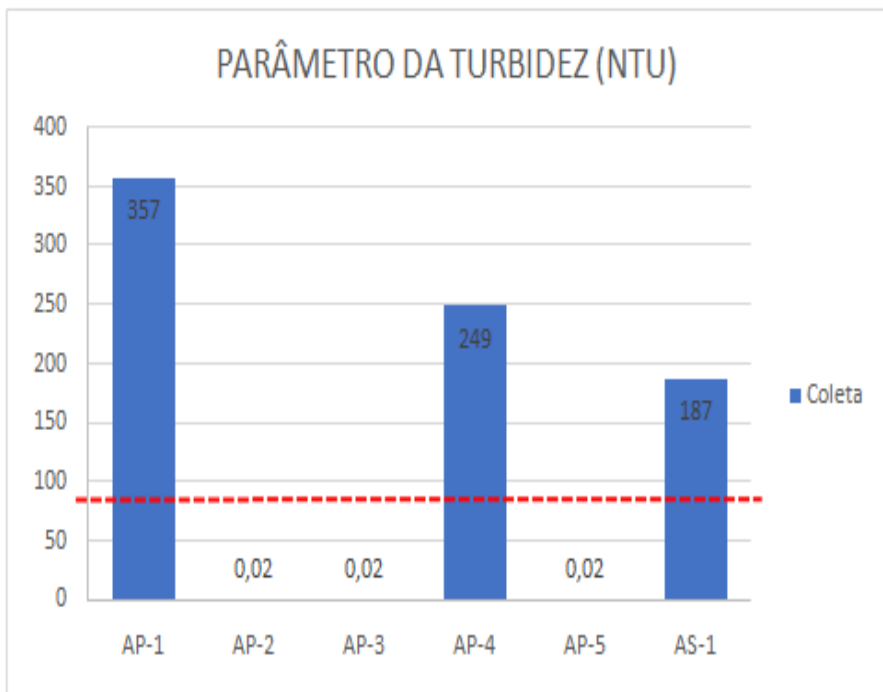


**Figura 5.** Faixa de limites do parâmetro cor, conforme previsto pela CONAMA, e os respectivos resultados obtidos.

**Fonte:** Autora (2021)

### 3.1.4. Turbidez

A turbidez possui uma ampla importância para o monitoramento ambiental, funcionando como um indicador de poluição. Segundo a Portaria n.º 2.914/011, o valor máximo permitido para a turbidez de água potável é de 5,0 NTU. Quanto maior a intensidade da luz espalhada menor será a turbidez da amostra analisada.



**Figura 6.** Faixa de limites do parâmetro cor, conforme previsto pela CONAMA, e os respectivos resultados obtidos

**Fonte:** Autora (2021).

No que se refere aos resultados obtidos nas análises, é possível verificar que as amostras AP-01, AP-04 e AS-01 obtiveram valores acima do permitido por norma. Isso indica que nessas amostras há a possibilidade de uma maior presença de matérias sólidas em suspensão na água, bem como argilas, siltes, e também

a presença de matérias orgânicas, foco este do presente estudo. Já as amostras AP-02, AP-03 e AP-05 encontram-se com resultados dentro da faixa limite preconizada pela CONAMA, conforme demonstrado na tabela.

### 3.2. Ensaio Microbiológicos

Os coliformes totais são os mais importantes indicadores da poluição em águas, onde tais micro-organismos são detectados rapidamente por técnicas que consistem na adição de substratos enzimáticos para a detecção de  $\beta$ -D-galactosidase, que indica a presença de coliformes totais, e de  $\beta$ -D-glucoronidase, que indica a presença de *E. coli*. (Silva et al., 2013). A Tabela 2 apresenta os resultados encontrados das análises microbiológicas.

**Tabela 2.** Resultados das análises microbiológicas

PARÂMETROS	UNID	AP-1	AP-2	AP-3	AP-4	AP-5	AS-1	CONAMA n.º 357/2005
COLIFORMES S FECAIS ou <i>E. Coli</i>	UFC / 100 ml	4800	800	640	720	0	12160	1000
COLIFORMES S TOTAIS	UFC / 100 ml	6800	120 0	160 0	2480	240	12800	-

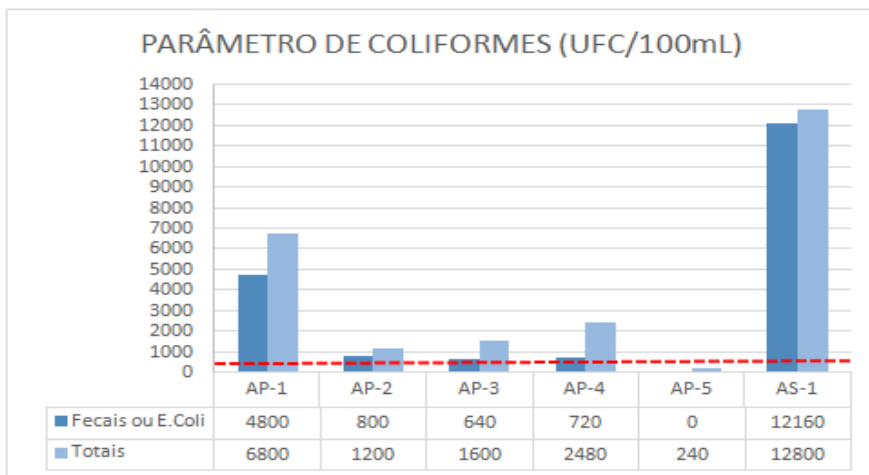
**Fonte:** Autora (2021)

Os coliformes totais são considerados micro-organismos ambientais, e indicam que a água pode estar em contato com algum tipo de matéria orgânica, o que pode ocorrer devido à permeabilidade das paredes dos poços de coleta que são revestidas, em sua grande maioria, por alvenaria convencional sem a presença de reboco, ou tratamento de impermeabilização. Embora seja considerado um indicador de poluição da água, seu uso para a avaliação de contaminação fecal é muito limitado. Isso se deve ao fato de que também existem bactérias de origem não fecal neste grupo (SILVA, 2016, apud BARBOSA; LAGE; BADARÓ, 2009).



A *Escherichia coli* é um micro-organismo encontrado em fezes humanas e de animais de sangue quente, presente comumente em solo com contaminação fecal, água e esgoto. A presença de *E. coli* nas amostras sugere que essa água é imprópria para o consumo humano, já que esta bactéria é um importante indicador das causas de gastroenterites (SILVA, 2016, apud ALVES et al., 2008; SIQUEIRA et al., 2010; DA SILVA et al., 2013).

Do total de seis amostras coletadas, todas apresentaram uma grande carga de bactérias heterotróficas, exceto a amostra AP-05, na qual não houve detecção de coliformes fecais ou *E. coli*. Todavia, em todas as amostras detectou-se a contaminação por coliformes totais. Coerentemente ao esperado, o número de colônias para coliformes totais é sempre superior ao de *E. coli*, já que esta última é um subgrupo do primeiro. A Figura 7 apresenta os resultados, de forma gráfica, contrastados com o limite preconizado pela Resolução CONAMA 357.



**Figura 07.** Gráfico dos resultados das análises microbiológicas.

**Fonte:** Autora (2021)

A Portaria n.º 2.914/2011 estabelece o padrão microbiológico da água para o consumo humano, e determina a ausência de positividade de coliformes totais e *Escherichia coli* por 100 mL de amostras de água analisada. Sendo assim, no que se refere às

análises microbiológicas, a água desses poços não pode ser considerada potável, de acordo com a Portaria n.º 15 2914, de dezembro de 2011 (MS), uma vez que foram detectados altos valores de coliformes fecais e totais em todas as amostras analisadas, ultrapassando os valores dispostos pela legislação vigente, conforme supracitado.

### 3.3. Teor BTEX

**Tabela 3.** Resultados das análises de BTEX

PARÂMETROS	UN D	AP-1	AP-2	AP-3	AP-4	AP-5	AS-1	CONAMA n° 396/2008
Benzeno	mg/ L	0,091	< 0,001	< 0,001	0,071	< 0,001	< 0,001	0,005
Tolueno	mg/ L	0,042	< 0,001	< 0,001	0,012	< 0,001	< 0,001	0,17
Etilbenxeno	mg/ L	0,021	< 0,001	< 0,001	0,061	< 0,001	< 0,001	0,2
Xileno Total	mg/ L	0,03	< 0,002	< 0,002	0,068	< 0,002	< 0,002	0,3

**Fonte:** Autora (2021).

Como pode ser observado, as amostras de água analisadas apresentaram valores inferiores ao limite máximo de enquadramento da resolução CONAMA n.º396, de abril de 2008. Entretanto, em todas as amostras foram detectadas concentração de compostos BTEX. Tais resultados levam ao entendimento de que a situação quanto à contaminação das águas não é preocupante. No quesito analítico, porém, é possível identificar de forma visual uma grande presença de óleos ou graxas na superfície da água nos locais de coleta. Conforme mostra a Figura 8, esta presença de óleos ou

graxas superficiais impede a entrada de luz e oxigênio da água, podendo ocasionar a morte de espécies aquáticas, posto que seu desenvolvimento e sobrevivência dependem da luz solar. A correta fiscalização por parte do Governo Federal e das agências estaduais responsáveis, e o monitoramento contínuo da poluição são de extrema importância para garantir a integridade do meio ambiente local, uma vez que houve a confirmação da contaminação em estudo por parte do Ministério Público no ano de 2020.



**Figura 8.** Detecção visual da presença de óleo ou graxas na superfície das amostras coletadas

**Fonte:** Autora (2021)

### 3.4. TPH Total

**Tabela 4.** Resultados das análises do índice de hidrocarbonetos.

PARÂMETROS	UND	AP-1	AP-2	AP-3	AP-4	AP-5	AS-1	CONAMA N° 357/20 05
Fenantreno	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	SVR / µg/L
Benzo(a)antraceno	µg/L	0,002	< 0,005	< 0,005	0,001	< 0,005	< 0,005	0,05
Benzeno(a)pireno	µg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,05
Indeno (1,2,3-cd) pireno	µg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,05
Estireno	µg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,02
Dibenzo(a)pireno	µg/L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	SVR / µg/L
Nastaleno	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	SVR / µg/L
Dibenzo(a.h)antraceno	µg/L	0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,05

**Fonte:** Autora (2021)

Os óleos e graxas são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Essas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, e sua presença diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo, dessa forma, a transferência do oxigênio da atmosfera para a água.

Quanto ao índice de hidrocarbonetos, houve detecção em todas as amostras, e os resultados indicaram baixas concentrações, de forma que todas as amostras analisadas se encontram dentro do limite permitido pela CONAMA. Isto mostra que, assim como os resultados obtidos nas análises de BTEX, a situação quanto à contaminação das águas por hidrocarbonetos não é preocupante. No quesito analítico, no entanto, torna-se necessário observar a

ocorrência de doenças infecciosas e problemas neurológicos nas famílias afetadas pela contaminação devido à detecção de hidrocarbonetos, ainda que enquadrados dentro das faixas-limites preconizadas pela CONAMA.

### **3.4. Questionário**

Através do questionário foi possível tomar ciência, por parte dos moradores, a respeito do histórico da contaminação, desde como a mesma ocorreu e a forma como afeta suas vidas. Foram levantados questionamentos a respeito da ciência dos moradores quanto à poluição, à incidência de alagamentos na região, presença de cheiro ou gosto na água, sobre qual o tipo de abastecimento de água utilizado pela residência e a possibilidade da existência de um histórico de doenças infecciosas (vômitos, náuseas, diarreias, etc.).

Em sua grande maioria, as respostas foram similares. Em todas as residências os moradores tinham conhecimento da contaminação, e apenas um morador não acusou a presença de cheiro ou gosto similar ao de combustível na água dos poços. Além disso, os moradores informaram um grande histórico de doenças infecciosas nas famílias afetadas após a contaminação. Os peixes que viviam em igarapés próximos à área afetada morreram e o plantio local tornou-se deficiente, trazendo grandes prejuízos à área local, devido ao fato de a mesma ser considerada uma área chacareira com forte incidência de plantio para o sustento das famílias locais. Com relação ao abastecimento de água pela concessionária local, o mesmo é inexistente. De acordo com os moradores, foram realizadas as instalações iniciais para o abastecimento de água, porém não foi feita a ligação para as residências.

### **3.6. Sugestões para a mitigação do problema dos residentes**

O levantamento das condições da qualidade da água dos poços mostra a impossibilidade do seu consumo seguro. Dessa forma, o presente trabalho avaliou as seguintes propostas de mitigação:

I) **Perfuração de poços artesianos** - Por meio de uma pesquisa local com moradores da região que já possuíam poços artesianos em suas propriedades, e com a confirmação da veracidade das informações por empresas especializadas em perfuração de poços artesianos do município, verificou-se que a profundidade média de alcance de água é de aproximadamente  $\pm 50$ m de profundidade, de forma a captar águas que se enquadrem dentro dos parâmetros previstos para o consumo humano conforme a CONAMA n.º 357 de 17 de Março de 2005. Diante disto, realizaram-se cotações em empresas municipais especializadas em perfuração de poços artesianos, e o custo médio para perfuração por unidade habitacional, para a profundidade e área de estudo desejadas, varia entre R\$14.000,00 (quatorze mil reais) a R\$ 16.000,00 (dezesesseis mil reais).

II) **Interligação da rede de distribuição da concessionária** existente no bairro, uma vez que já há instalações de distribuição de água executadas pela concessionária local (CAERD), porém inacabadas. Existe ainda um reservatório instalado no bairro com capacidade de 3,5 milhões de litros. As obras para a distribuição de água à população local foram paralisadas no ano de 2018 e têm previsão de serem retomadas no ano de 2021.

III) **Remediação do solo:** após o estancamento do vazamento e remoção da fonte de contaminação, sugere-se proceder à recuperação do solo contaminado por meio da biorremediação. De modo geral, a biorremediação baseia-se na degradação bioquímica dos contaminantes por meio da atividade de micro-organismos presentes ou adicionados ao local de contaminação (Bernoth et al.,

2000). Conforme Andrade (2010), os solos possuem, naturalmente, inúmeros micro-organismos com capacidades metabólicas variadas, podendo tornar-se capazes de degradar eficientemente diferentes contaminantes, como o petróleo e seus derivados. Contudo, em alguns casos, a contaminação de solos por estas substâncias tem se tornado uma problemática mundial, principalmente devido à dificuldade de reabilitar a área contaminada. Deve-se levar em conta o alto custo para a realização de tal estudo e sua implantação, visto que o período mínimo para a obtenção de resultados positivos válidos pode levar anos. A baixa detecção dos derivados do óleo nas análises da presente pesquisa pode ser indicativa de que o processo natural de biorremediação já esteja ocorrendo, uma vez que o vazamento já ocorreu há mais de 20 anos. Para a confirmação dessa hipótese, precisam ser comparados os valores encontrados na época da ação movida pelo MP de Rondônia, quando foram realizadas as análises da qualidade da água.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Quanto à forma de abastecimento de água domiciliar, dos cinco poços monitorados, os poços amazônicos são a única forma de abastecimento de água em 100% das residências utilizadas para o estudo, não havendo abastecimento de água da rede pública. Vale ressaltar que, para o suprimento das necessidades dos moradores, a empresa responsável pela propagação da poluição tem fornecido temporariamente água potável de suas instalações para os moradores locais através de uma instalação provisória. O estado da edificação, o saneamento e a localização do poço são fatores importantes diretamente relacionados à saúde dos consumidores finais da água, principalmente para as crianças, que são mais suscetíveis às doenças transmitidas pela água.

A análise dos dados quanto ao BTEX não apresentou valores que ultrapassem os limites de potabilidade impostos pela CONAMA

n.º 396, sendo as piores situações de contaminação encontradas nas amostras AP-01 e AP-04, e as situações mais favoráveis encontradas nas amostras AP-02, AP-03, AP-05 e AS-01. Tais diferenças de valores em localidades próximas se dão pela geologia local, visto que as amostras AP-02,03,05 e AS-01 encontram-se em pontos de maiores altitudes, dificultando a percolação do fluido poluidor, uma vez que o mesmo está desfavorecido pela gravidade.

Ainda que não tenham sido detectados valores acima do limite previsto para as análises de teor de BTEX e índice de hidrocarbonetos, foco este do presente estudo, e além da possível detecção visual da presença de óleos e graxas na lâmina superficial das águas coletadas através dos demais parâmetros analisados, foi possível concluir que existem várias fontes com potencial poluidor que permitem caracterizar a água dos poços estudados como imprópria para consumo. Em uma visão macro de todos os parâmetros estudados, determinam-se, portanto, os pontos de coleta AS-01, AP-01 e AP-04 como os mais críticos nos quesitos microbiológicos, físico-químicos e pela presença de derivados de petróleo.

Para tanto, a partir dos resultados obtidos é possível realizar o estudo a longo prazo a respeito da viabilidade da utilização de processos de biorremediação no local, visando-se a correção natural do solo. Contudo, havendo a necessidade de uma rápida intervenção, adota-se como proposta de solução a perfuração de poços artesianos para as famílias afetadas, tendo-se um custo médio de R\$ 14.000,00 a R\$ 16.000,00 reais. Além disso, os poços do tipo amazonas devem ser desativados e aterrados, impossibilitando a utilização de águas impróprias para o consumo humano.



## 5. REFERÊNCIAS

ALVES, E.C.; SILVA, C.F.; COSSICH, E. S.; TAVARES, C.R.G.; SOUZA FILHO, E.E.; CARNIEL, A. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó-Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.

ANDRADE, J. A., AUGUSTO, F.; JARDIM, I. C. S. F. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Eclética Química**, v. 35, número 3, 2010.

BARBOSA, D. A.; LAGE, M. M.; BADARÓ, A.C.L. Qualidade microbiológica da água dos bebedouros de um campus universitário de Ipatinga, Minas Gerais. **Revista Digital de Nutrição**, v. 3, n. 5, p. 505-517, 2009.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **O que são áreas contaminadas**, 2013. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/o-que-sao-areas-contaminadas/>>. Acessado em: 05/03/2021.

CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

CONAMA n° 396, de 03 de abril de 2008, Das Águas Doces, Seção I – Art. 4º, Classe I – Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. 2021. Disponível em: <[http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar\\_mapa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php)>. Acessado em/: 10/03/2021.

DA SILVA, C. A.; STRAPAÇÃO, S.; YAMANAKA, E. H. U.; BALLÃO, C.; MONTEIRO, C. S. Diagnóstico da potabilidade da água de

poços rasos de uma comunidade tradicional, Curitiba-PR. **Revista Biociências**, v. 19, n. 2, 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades, 2014. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/porto-velho/panorama>>. Acessado em 19/04/2021

MILANI, A. S. **Tecnologias para Remediação de Solos e Águas Subterrâneas**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Maria/RS, Brasil, 117f., 2008.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 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.

SANTOS, R. S. Saúde e Qualidade da Água: Análises Microbiológicas e Físico-químicas em Águas Subterrâneas. **Revista Contexto e Saúde**, vol.13 n°24/25. Dez 2013.

SILVA, R. A., BARBOSA, B. G. **Análise Microbiológica da Água de Poços Residenciais em Carmo do Rio Verde-GO**. 2016. Disponível em: <<http://repositorio.aee.edu.br/handle/aee/17027>>. Acessado em: 25/05/2021

SILVA, R. L. B., BARRA, C. M; MONTEIRO, T. C. N. 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**, v. 18, p. 1599-1607, 2002.

SIQUEIRA, L. P.; SHINOHARA, N. K. S.; LIMA, R. M. T.; PAIVA, J. D. E.; LIMA FILHO, J. L.; CARVALHO, I. T. Avaliação microbiológica da água de consumo empregada em unidades de alimentação. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v. 15, n. 1, 23 2010.

## CAPÍTULO 12

### IMPACTOS SOBRE O LAGO DO MACURANY NA CIDADE DE PARINTINS-AM

**Francielen Alves Pereira<sup>35</sup>, Wallace de Farias Simas<sup>36</sup>, Maria da  
Glória Gonçalves de Melo<sup>37</sup>, Rafael Jovito Souza<sup>38</sup> &  
Carlossandro Carvalho Albuquerque<sup>39</sup>**

#### INTRODUÇÃO

O processo de ocupação das cidades geralmente ocorre de maneira acelerada e desorganizada e acaba não refletindo positivamente para o meio. Larocca (2017) define que o crescimento acelerado dos núcleos urbanos, aliado à falta ou ineficiência do planejamento urbano, é um dos causadores dos impactos ambientais.

Um dos exemplos a ser citado em relevância ao mau gerenciamento de ocupação consiste nas consequências ambientais nos próprios mananciais localizados no território. O despejo de esgoto e liberação do lixo urbano nos lagos, córregos e rios que banham as cidades, a cada dia se tornam comuns, resultando em um ambiente que pode apresentar risco à saúde da população assim como o comprometimento da qualidade e disponibilidade do corpo hídrico.

---

<sup>35</sup> Mestrando do Mestrado em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos (Prof<sup>á</sup>gua) – UEA. fap.mgr19@uea.edu.br

<sup>36</sup> Mestrando Prof<sup>á</sup>gua – UEA. wallsimas5@gmail.com

<sup>37</sup> Mestrando Prof<sup>á</sup>gua - UEA. mgmelo@uea.edu.br

<sup>38</sup> Professor do Prof<sup>á</sup>gua - UEA. rjovito@uea.edu.br

<sup>39</sup> Professor do Prof<sup>á</sup>gua – UEA. carlossandro.albuquerque@gmail.com

Com base nisso, procurou-se atentar para a realidade amazônica, que detém a maior parte dos corpos d'água do Brasil. Dentro deste contexto, tem-se a sede urbana do município de Parintins, localizado no interior do estado do Amazonas. Por se tratar de uma ilha, é cercada por diversos corpos d'água. Um de seus lagos principais, o Macurany, banha a cidade e atende a diversos usos da população. Nele são despejados resíduos domésticos e efluentes provenientes das casas, dos balneários localizados em seu entorno e dos conjuntos habitacionais próximos, como o conjunto Vila Cristina, localizado na região sul da cidade.

Para a construção do conjunto habitacional, a prefeitura realizou diversas intervenções no local. Outro ponto a se destacar é que, segundo as legislações, o local é considerado como Área de Proteção Ambiental. Logo, trata-se de uma ocupação irregular.

Um estudo desenvolvido por Santos (2012) indicou que o Lago do Macurany é fortemente influenciado pelas atividades antrópicas da região, incluindo-se as atividades da Lixeira Pública, e também pelo lançamento de esgotos domésticos não tratados, despejados nos ecossistemas aquáticos que circundam a cidade.

Em relação à única estação de tratamento de esgoto na cidade, localizada no residencial Vila Cristina, após estudos de Campelo et al. (2020), em seu artigo intitulado “*Impactos do uso e ocupação do solo e do curso d'água no lago Macurany*”, foi relatado que existe uma licença ambiental para a operação da ETE, no entanto, a mesma não foi renovada e não foi repassada ao município, o que, possivelmente, está relacionado ao seu não funcionamento, caracterizado pelo total abandono de sua estrutura.

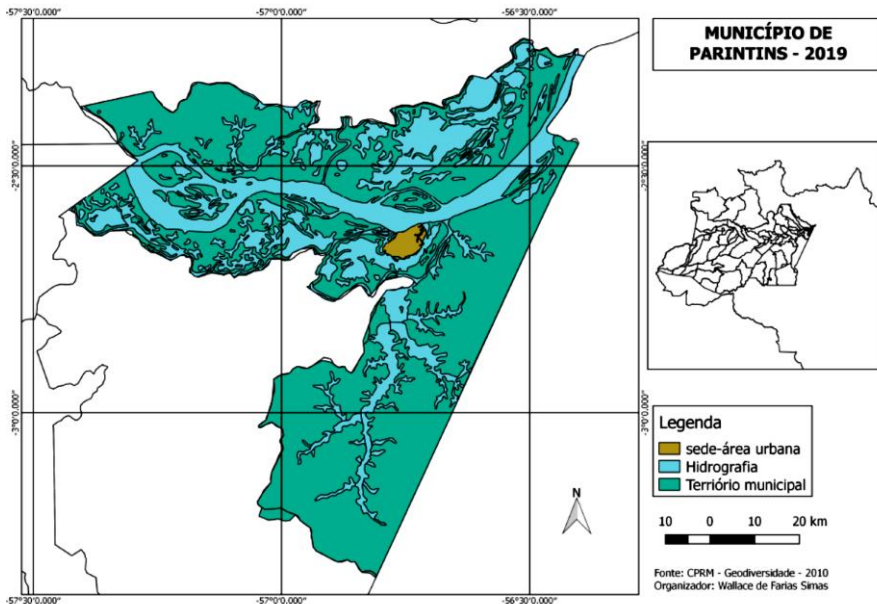
A falta de comprometimento do poder público nos níveis social e ambiental diante dessa situação é algo que necessita ser discutido. Portanto, este estudo tem o objetivo de verificar o

impacto ambiental dos resíduos do conjunto da Vila Cristina no Lago do Macurany, na cidade (sede urbana) de Parintins.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

A sede urbana do município de Parintins (interior do Amazonas) localiza-se à margem direita do rio Amazonas, e possui cerca de 45km de extensão e uma população estimada de 83.000 habitantes (Figura 1). Por ser uma ilha, é rodeada pelas águas e canais que drenam a cidade internamente.



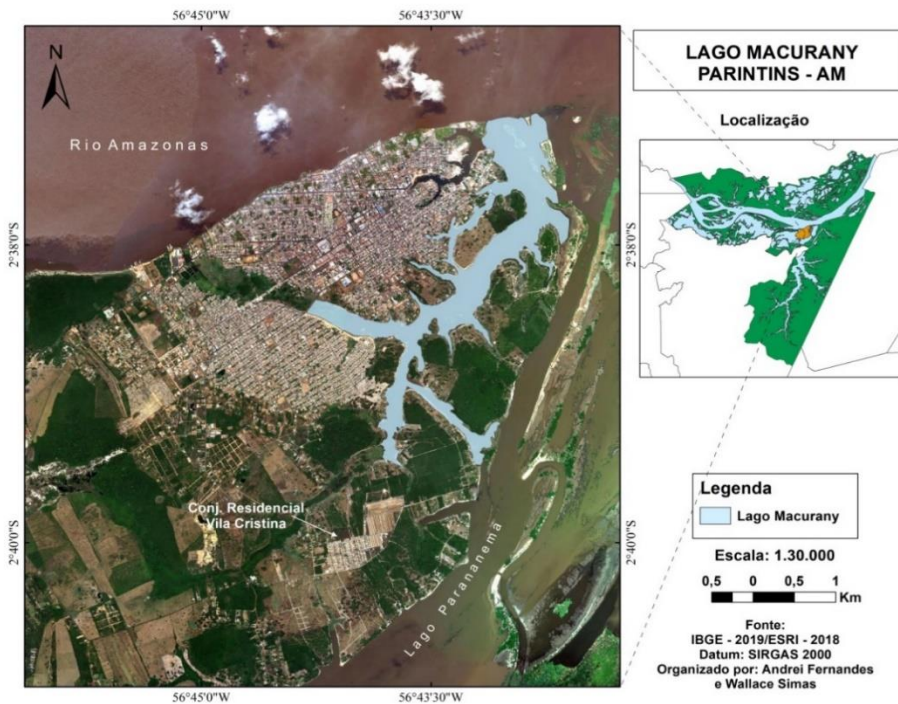
**Figura 1** – Localização do município de Parintins/AM

**Fonte:** Os autores.

O lago do Macurany é um dos afluentes que banham a cidade de Parintins e possui aproximadamente 10 km de extensão (Figura 2). Os bairros de Santa Rita, Nazaré, Palmares, Itaúna I, II, Paulo Corrêa, União, Residencial Vila Cristina, comunidade suburbana

do Macurany, bem como diversos loteamentos particulares estão localizados próximos às margens do lago Macurany.

O lago divide a área urbana em duas ilhas, tendo sido construídas três pontes para a interligação da malha viária na cidade. Seus canais são um importante recurso para a população parintinense. Souza et al. (2019) relatam que nos períodos de cheias dos rios tornam-se umas das alternativas de atracação para embarcações de pequeno porte, em sua maioria advindas das comunidades rurais do município, que chegam à cidade para a venda de produtos regionais e acesso a serviços urbanos.



**Figura 2** – Localização do Lago do Macurany na cidade de Parintins

**Fonte:** Os autores.

## **Procedimento Metodológico**

Os dados da pesquisa foram levantados a partir de visitas de reconhecimento à área de estudo durante o período da vazante do rio Amazonas, devido à facilidade de acesso ao local.

Foram realizadas observações *in loco*, com levantamento de informações, a partir de anotações em cadernetas, dos elementos que impactam a microbacia – como resíduos sólidos, drenagem, rede de esgoto, tipos de usos dos recursos hídricos –, e de elementos fotográficos para ilustrar a realidade da microbacia.

A confecção de mapas da área de estudo foi obtida por meio de ferramentas de sensoriamento remoto, do uso de Sistema de Posicionamento Global (GPS) e do *software* QGIS.

A partir das informações coletadas, que resultaram em um banco de dados para a caracterização da área de estudo, e de levantamento bibliográfico por meio de artigos, livros, dissertação e legislações vigentes, produziu-se um arcabouço bibliográfico de modo a iniciar as discussões a respeito do impacto da estação de tratamento do residencial Villa Cristina no lago Macurany, cidade de Parintins.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Processo de ocupação da área de estudo**

Em 2008, foi criado o Conjunto Habitacional Vila Cristina, por meio do programa Minha Casa, Minha Vida, do Governo Federal, com 500 unidades habitacionais que foram entregues aos moradores em 2014, o que Bartoli (2020) relata como o terceiro e mais recente processo de expansão urbana de Parintins, quando foram derrubadas várias castanheiras para a construção das casas.

É importante salientar que, segundo o Plano Diretor do Município, a área que serviu de ocupação para a construção do residencial é considerada como Área de Proteção Ambiental do Macurany. Porém, de acordo com Silva (2011, p.15), após análise do próprio Plano Diretor, foi constatado que não se encontra a delimitação da APA, fato esse que passou a beneficiar os agentes empreendedores. E por tais motivos, Bartoli (2020) relata que o loteamento ganhou destaque na imprensa parintinense.

Para Silva (2018), a implantação dessas residências na localidade é considerada muito problemática do ponto de vista ambiental, social e da legislação de ordenamento urbano. Segundo o autor, as obras foram autorizadas pelo Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) e pela Câmara Municipal de Parintins, indo contra o que determinam a Lei Orgânica Municipal de Parintins e o Plano Diretor do Município, sem consulta prévia aos moradores da localidade.

Em relação às margens do lago, elas são consideradas como áreas prioritárias para a preservação e valorização da paisagem urbana, conforme o Plano Diretor do Município, lei n.º 375/2006, art. 22, §2º, alínea “e”, sendo também confirmado pelo artigo 65:

a restrição da ocupação nas áreas de proteção ambiental existentes no âmbito municipal, preferencialmente as: Bacia hidrológica da Francesa, Bacia hidrológica do Parananema, **Bacia hidrológica do Macurany**, Bacia hidrológica do Aninga, Bacia hidrológica do Macuricanã. (art. 65, I).

Dentro deste contexto, é importante considerar a lei n.º 9.985/2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza que explica que as unidades de conservação são:

espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente

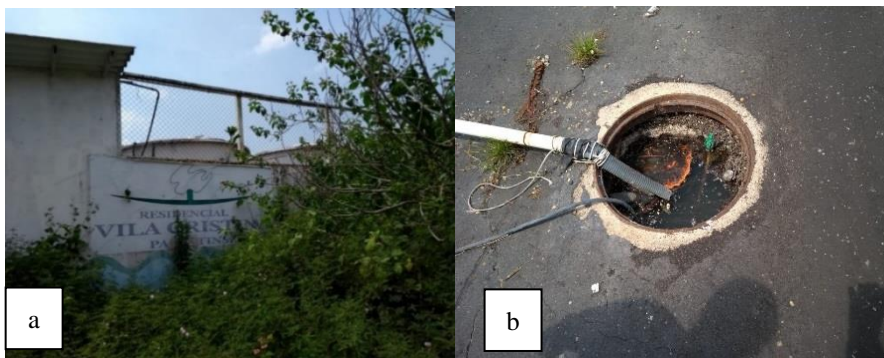


instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção da lei (art. 1º, I).

A Floresta ripária que antes existia em torno do lago do Macurany foi desmatada para a edificação de um novo residencial, nomeado como residencial Parintins, também financiado pela Caixa Econômica Federal do projeto Minha Casa, Minha Vida.

Larocca (2017) relata que, com o crescimento acelerado da taxa de urbanização no Brasil, as cidades estão crescendo de forma desordenada e que, apesar de trazer benefícios para as cidades, acaba induzindo ao comprometimento do ambiente urbano devido à expansão urbana não considerar as características naturais do meio.

De acordo com as observações realizadas na área de pesquisa, uma série de fotografias foi retirada para caracterizar a problemática analisada. A Figura 3 ilustra a ETE do conjunto habitacional totalmente inoperante e completamente abandonada pela empresa construtora, que, ao repassar a responsabilidade para a prefeitura, não prosseguiu com o investimento para a manutenção da estação de tratamento.



**Figura 3** – Estação de tratamento de Esgoto inativo do Residencial Vila Cristina. a) Estação tomada pela vegetação. b) tubulação da ETE.

**Fonte:** Os autores.

Ao lado, observa-se a tubulação que obedece ao fluxo do rio. O despejo liberado na tubulação se encaminha para o lago do Paranema, seguindo posteriormente para o lago do Macurany por meio da corrente fluvial (Figura 4).



**Figura 4** – Esgoto sendo despejado na área de várzea do lago do Macurany sem o tratamento da ETE.

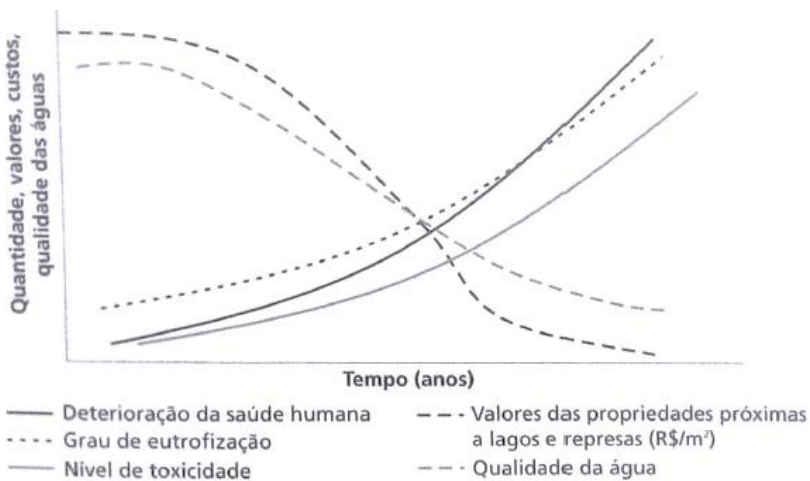
**Fonte:** Os autores.

O lago do Macurany recebe todos os resíduos de esgoto que são despejados através da tubulação sem o tratamento adequado. O efluente liberado alimenta um pequeno lago que se comunica com um canal e segue para o leito principal.

O despejo de efluentes oriundos do esgoto acelera o processo de eutrofização, o que acelera o crescimento de algas e plantas aquáticas além do acúmulo da matéria orgânica que se deposita no sedimento. Freitas et al. (2016) discorrem que a poluição de rios superficiais é um dos maiores problemas ambientais em todo o mundo, causando efeitos negativos para a saúde ambiental e prejudicando a manutenção das condições básicas de qualidade d'água para seus diversos usos.

A deterioração dos rios, lagos e represas pela eutrofização é um problema que afeta muitos países ao redor do mundo, e acaba se tornando um grave problema ambiental.

A Figura 5 mostra o impacto da eutrofização na qualidade da água e as perdas econômicas produzidas pela deterioração dos ecossistemas aquáticos (TUNDISI, 2011). Observa-se que a qualidade da água e deterioração do corpo d'água tende a cair à medida que o grau de eutrofização e o nível de toxicidade aumentam, o que pode acarretar danos à saúde humana. O ambiente se torna propício também às cianobactérias. As densas populações de algas que cobrem a superfície de lagos, represas e rios decompõem-se e liberam matéria orgânica, além de substâncias tóxicas (TUNDISI, 2011 p. 104). Com a morte, as algas se depositam no substrato e utilizam oxigênio dissolvido para sua decomposição, acarretando a falta de oxigênio para o ambiente aquático. Este processo prejudica a biota do lago, ou represa, e leva à mortandade dos animais pela falta de oxigênio.



**Figura 5** – Alterações na quantidade e qualidade da água, com aumento da eutrofização e perda da capacidade de sustentabilidade do sistema em função do avanço da eutrofização, e custos econômicos da eutrofização.

**Fonte:** Tundisi (2011).

Segundo Tundisi (2011), a eutrofização gera problemas econômicos que vão desde os custos para o tratamento, perda do valor estético do rio, lago ou represa, o impedimento da navegação e recreação, até a diminuição do valor turístico e valor de investimento na bacia.

Na área de várzea ao lado do conjunto habitacional observa-se uma clareira, certamente ocasionada por intervenção humana para servir como local de criação de animais que desfrutam da vegetação e paisagem (Figura 6). Com o desmatamento da pequena área, as sementes localizadas no banco de sementes do solo brotam após o contato com a luz solar, transformando a área posteriormente, se não for feita a devida manutenção, em uma capoeira.



**Figura 6** – Área de várzea do lago do Macurany, ao lado do Residencial Vila Cristina.

**Fonte:** Os autores.

Em torno da clareira, há a presença da floresta nativa com árvores em diferentes estádios de sucessão ecológica. O

desmatamento por meio de corte raso, com fins de destinação à pastagem, provoca a rápida degradação ambiental do solo. Além disso, constatou-se que, na área, são descartados resíduos sólidos, bem como entulhos oriundos de outras áreas adjacentes.

A Figura 7 representa a terceira área analisada do lago do Macurany. Como as observações foram realizadas no período de enchente dos rios, percebe-se que o gramado é mais esverdeado, indicando a presença de água.



**Figura 7** – Canal do lago do Macurany em seu período de vazante no entorno das ocupações antrópicas.

**Fonte:** Os autores.

No seu entorno são encontrados floresta secundária, embarcações, balneários e chácaras, caracterizando-se também como área de recreação.

Um aspecto relevante sobre o Lago do Macurany é que ele anteriormente era um lago perene, mas nos dias atuais possui baixa disponibilidade hídrica, o que o leva a expor o solo, caracterizando-se como um lago intermitente.



Andrade et al. (2016) descrevem que o lago, em períodos de seca, por conta da baixa quantidade de água, permanece isolado no meio da cidade de Parintins, enquanto no período de cheia é utilizado por embarcações e também por atividades de pesca, constituindo-se dessa forma como um importante recurso para a população parintinense.

A Figura 8 ilustra um exemplo de ocupação antrópica às margens do lago Macurany. É importante salientar, como mencionado anteriormente, que essas ocupações são irregulares, assim como a retirada das vegetações para a construção dessas ocupações.

Diante da lei n.º 12.651/2012, também conhecida como novo "Código Florestal", que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, como é uma área de preservação permanente, considera-se que:

§ 1º Tendo ocorrido supressão de vegetação situada em Área de Preservação Permanente, o proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título é obrigado a promover a recomposição da vegetação, ressalvados os usos autorizados previstos nesta Lei.

Além disso:

Art. 8º A intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental previstas nesta Lei.

Art. 9º É permitido o acesso de pessoas e animais às Áreas de Preservação Permanente para obtenção de água e para realização de atividades de baixo impacto ambiental.



**Figura 8** – Estrutura de chácara nas margens do Lago do Macurany durante período de vazante.

**Fonte:** Os autores.

É notória a falta de responsabilidade do poder público sobre a problemática do lago do Macurany. Percebe-se que a questão de uso e ocupação do solo é proveniente do rápido crescimento da população, que, sem o preparo adequado no gerenciamento territorial, acaba comprometendo a qualidade dos corpos hídricos. Como também afirmam Tucci et al. (2011), ao discorrer que esse processo ocorre, entre outros fatores, porque os municípios não possuem capacidade institucional e econômica para administrar o problema, enquanto os estados e a União estão distantes para buscar uma solução gerencial adequada para apoiar os municípios.

Noronha et al. (2013) abordam as atribuições dos municípios, seu papel de salvaguardar os corpos hídricos que fazem parte de seu território. Portanto, segundo os autores, cabe ao município o exercício de policiamento das águas, inclusive em relação aos bens federais e estaduais:

Como pode ser observado, a gestão ambiental dos solos possui atribuição compartilhada entre os três entes federativos, mas cabe ao poder público municipal, e aos seus gestores, a atribuição complementar de estabelecer diretrizes sobre o uso e à ocupação de áreas não contempladas pelos níveis federal e estadual. Cabe ainda, ao Município, executar diretamente a política urbana e, em particular, a gestão ambiental do território urbano. Aliado a este fato, o palco do zoneamento ambiental são as pequenas bacias hidrográficas, pois é nesta unidade territorial em que se estabelecem as relações socioambientais entre, dentro e ao redor de núcleos populacionais urbanos e periurbanos. Ao mesmo tempo, as pequenas bacias geralmente estão inseridas em grandes regiões hidrográficas cuja tutela das águas é realizada pela União e pelos Estados. Desta forma, estas áreas são, muitas vezes, geridas de forma homogênea, sendo as particularidades locais ignoradas nos estudos para elaboração e execução das políticas públicas e, conseqüentemente, para a repartição da água entre os seus diversos usos.

## **CONCLUSÃO**

Concluiu-se que as ocupações irregulares, tanto na área de proteção ambiental quanto na área de preservação permanente (em torno do lago), contribuem para os processos de deterioração do lago Macurany.

Portanto, é recomendado que a estação de tratamento deve ser ativada para o adequado funcionamento de tratamento dos esgotos do residencial e despejo dos efluentes tratados a fim de evitar maiores transtornos ao lago. Quanto ao órgão executor do município, o IPAAM, este deve acompanhar o andamento do processo.



É essencial também realizar ações necessárias que devem ser tomadas por meio do poder público, que contemplem, a princípio, a recuperação da mata ciliar para evitar processos de erosão bem como o despejo de esgotos das residências, e a relocação das famílias para uma área mais apropriada na cidade. Considera-se também que os gestores deveriam levar em conta as legislações vigentes, bem como o próprio plano diretor do município.

## **AGRADECIMENTO**

Os autores agradecem ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos - PROFÁGUA, Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas - FAPEAM, Projeto CAPES/ANA AUXPE N.º 2717/2015, pelo apoio técnico-científico aportado até o momento.

## **REFERÊNCIAS**

ANDRADE, F. S; SILVA, A. M; ARIDE, P. H. R; OLIVEIRA A. T. Análise físico-química e da microbiota da água do lago Macurany, Parintins, Amazonas. **Biota Amazônia**. Macapá, v. 6, n. 2, p. 132-134, 2016.

BARTOLI, E. A cidade arquipélago: Expansão e morfologia urbana de Parintins (AM). **Revista de Desenvolvimento Econômico – RDE** - Ano XXII – V. 2 - N. 46, p. 347 – 397. Salvador, BA. Ago. 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF, 18 de julho de 2000.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro

de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF, 25 de maio de 2012.

CAMPELO, F. R.; SOUZA, J. C. R.; DRAY, W. T. Impactos do uso e ocupação do solo e do curso d'água no lago Macurany. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 10, p. 81618-81631, oct. 2020.

FREITAS, L. S; SILVA, J. C; OLIVEIRA, R. S. **A falta de saneamento e o impacto ambiental em rios urbanos.** In XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência. Out. 2016.

LAROCCA, A. G; CARDOSO, C; DE ANGELIS, B. L. D. **O Impacto da Ocupação de Fundo de Vales em Áreas Urbanas –Estudo de caso Lago Igapó Londrina –PR.** Revista Nacional de Gerenciamento de cidades. v. 05. n. 30, 2017.

LIMA, M. V. **Movimento das Águas na Cidade de Parintins – AM.** 2016. 114 p. Dissertação (Mestrado Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) – Universidade do Estado do Amazonas. Manaus - Amazonas. 2016.

NORONHA, G. C.; HORA, M. A. G. M.; CASTRO, E. M. N. V. O papel do Poder Público Municipal na gestão dos recursos hídricos. **Labor & Engenho**, Campinas [Brasil], v. 7, n. 2, p. 94-107, 2013.

PARINTINS. Prefeitura Municipal de Parintins. **Lei Municipal nº 375, de 05 de outubro de 2006.** Regulamenta o Plano Diretor do Município de Parintins e estabelece diretrizes gerais da política urbana e rural do Município e dá outras providências. Parintins 2006b.

SANTOS, I. C. C. dos. **Biomarcadores de Efeito do Chorume da Lixeira Pública de Parintins-Am em tambaqui (*Colossoma Macropomum*).** 2012, 112 p. Dissertação (Mestrado em

Biotecnologia e Recursos Naturais) - Universidade do Estado do Amazonas. Manaus, 2012.

SOUZA, G. B.; SIMAS, W. F.; ALMEIDA, S.M.; PEREIRA, F. A.; JOVITO, R. S, ALBUQUERQUE, C. C. **Apropriação do espaço urbano e recursos hídricos: uma reflexão da orla dos bairros da união e Paulo Côrrea em Parintins/Am.** In VII Workshop Internacional sobre planejamento e desenvolvimento sustentável em Bacias Hidrográficas. Manaus, 02 a 05 de outubro de 2019.

TUNDISI. J. G. **Recursos Hídricos no Século XXI.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 328 p.

## CAPÍTULO 13

### UTILIZAÇÃO DE *HOPLIAS MALABARICUS* COMO BIOINDICADOR DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CATOLÉ GRANDE, BA

Hellen Karoline Brito da Rocha<sup>40</sup>, Cláudia Maria Reis Raposo  
Maciel<sup>41</sup> & Alaor Maciel Júnior<sup>42</sup>

#### INTRODUÇÃO

O rio Catolé Grande nasce no município de Barra do Choça e banha os municípios de Barra do Choça, Caatiba, Itambé, Itapetinga, Nova Canaã, Planalto e Vitória da Conquista, no sudoeste da Bahia, tendo os riachos do Saquinho, Anta Podre e Guingó como seus formadores (PINTO, 2013).

O Catolé Grande despertou o interesse de pesquisadores que, sabendo da sua importância, estudaram suas águas (BARRETO et al., 2014) e sua biodiversidade (RODRIGUES et al., 2015). Dentre os estudos, destacou-se o de Pinto (2013), que caracterizou a estrutura e composição da ictiofauna, e registrou 50 espécies de peixes.

No biomonitoramento ambiental, os bioindicadores são organismos que mostram respostas biológicas em longo prazo das condições ambientais e das mudanças súbitas dos fatores intrínsecos ao ambiente, como plantas, animais, fungos, bactérias, entre outros (BUENO et al., 2017). Desses organismos, os peixes são frequentemente os mais convenientes para o monitoramento da poluição em ecossistemas aquáticos (RAMSDORF et al., 2012).

---

<sup>40</sup> Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB. karolhellenbr@hotmail.com

<sup>41</sup> Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB.  
claudiaraposomaciel@yahoo.com.br

<sup>42</sup> Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB. alaormacjr@yahoo.com.br

Conforme Lima et al. (2018), os peixes, por ocuparem diferentes posições nas cadeias alimentares aquáticas, possuem grande potencial como bioindicadores da qualidade da água. Um bioindicador adequado deve habitar em ambientes favoráveis, porém necessita ser resistente aos contaminantes presentes no meio, e, quando o organismo apresenta abundância no ambiente, a pesquisa pode ser facilitada (LINS et al., 2010).

A espécie *Hoplias malabaricus* (BLOCH, 1794), conhecida popularmente como traíra, é encontrada em grande parte das bacias de rios das Américas Central e do Sul, da Costa Rica até a Argentina, onde é bastante adaptada a ambientes lênticos (PRADO, GOMIERO, FROEHLICH, 2006). Ela possui hábitos diurnos e crepusculares, habita em águas paradas e resiste a baixos níveis de oxigênio dissolvido. Na fase jovem, apresenta uma alimentação formada por microcrustáceos e larvas de insetos, já na fase adulta, possui hábito alimentar ictiófago eurifágico (MESCHIATTI e ARCIFA, 2002).

A presença da traíra no rio Catolé Grande, BA, foi registrada por Pinto (2013), e, desta forma, objetivou-se verificar o potencial da traíra (*Hoplias malabaricus*) como espécie bioindicadora da qualidade da água do Catolé Grande, Bahia.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Este estudo seguiu os Princípios Éticos para o Uso de Animais de Laboratório, autorizado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela Comissão de Ética de Uso Animal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (CEUA-UESB), registro n.º 129/2016.

Foram utilizados exemplares de *Hoplias malabaricus* coletados na área urbana do rio Catolé Grande, que atravessa o município de Itapetinga, BA, em três pontos diferentes. Coletou-se

o sangue da região branquial desses animais e aplicou-se a técnica de esfregaço sanguíneo de acordo com as orientações feitas por Bucker, Carvalho e Alves-Gomes (2006).

Utilizou-se um microscópio de luz acoplado a um microcomputador e um programa de análise de imagem (Image PRO PLUS) para as análises histológicas dos esfregaços sanguíneos. Os resultados encontrados foram analisados, comparados e discutidos conforme dados encontrados na literatura.

As coletas foram realizadas com autorização do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) para atividade com finalidade científica, n.º 30820-1, emitida pelo Sistema de Autorização e Informação de Biodiversidade (SISBIO).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados das análises histológicas dos esfregaços sanguíneos registraram a presença de alterações nucleares nos eritrócitos do sangue da traíra, *Hoplias malabaricus*.

Segundo Alves (2017), substâncias químicas provenientes do lançamento de efluentes urbanos, como o cádmio e o alumínio, promovem efeitos genotóxicos e mutagênicos em peixes. O autor registrou a presença dessas substâncias no rio Catolé Grande, BA.

As alterações nucleares encontradas nos eritrócitos de traíra foram as dos tipos: *Lobed*, *Blebbed* e *Notched*.

Foram consideradas alterações morfológicas nucleares do tipo *Lobed* as que apresentaram núcleos com projeções da membrana celular para fora da célula (evaginações), expandidas; nas alterações do tipo *Blebbed*, o núcleo também possui evaginação da membrana nuclear, porém em tamanho reduzido e ainda presa

ao núcleo; e nas do tipo *Notched*, são originadas quando o núcleo apresenta um corte exato em sua forma (CARRASCO et al., 1990).

De modo geral, a formação das anomalias nucleares pode significar uma forma de exclusão do material genético duplicado do núcleo da célula. Porém, em específico, as alterações denominadas *notched* provavelmente podem ter associação com casos de aneuploidias, que são alterações parciais no número de cromossomos (BATALHÃO, 2014).

O número de ocorrência de alterações morfológicas nucleares registradas nos eritrócitos de traíra foi de 7 MNs/ 3.000 eritrócitos (0,0023%) (Tabela 1), valor considerado elevado e que pode estar associado à perda da função da mata ciliar, ao descarte inadequado de lixo e ao carreamento de substâncias provenientes das atividades agropecuárias para o rio durante a precipitação.

**Tabela 1.** Número de anomalias nucleares (ANs) por ponto de coleta presentes em eritrócitos de *Hoplias malabaricus* coletados no rio Catolé Grande, BA, em 2018.

Ponto - número eritrócitos	Número de ANs
1	3
2	1
3	3
Total: 3.000 eritrócitos	7

De acordo com Lima e Pinto (2011), com a expansão da pecuária em Itapetinga, trechos expressivos foram desmatados e transformados em pastagens, contribuindo para a degradação ambiental e, conseqüentemente, afetando a qualidade da água do rio Catolé Grande, BA.

Vogel et al. (2009) relataram que uma mata ciliar bem estruturada funciona como uma barreira impedindo a erosão e lixiviação de fertilizantes, herbicidas, pesticidas e dos mais diversos poluentes, que contaminam a água e podem provocar grandes danos à comunidade aquática.

A análise das alterações morfológicas nucleares indicou que os peixes estão respondendo aos efeitos de xenobióticos presentes na água.

Novaes (2019), em seu estudo da análise histológica do fígado de *Hoplias malabaricus*, coletado no rio Catolé Grande, BA, inferiu que o fígado de traíra bioacumula os compostos tóxicos que são lançados no rio.

Segundo Thomé, Silva e Santos (2016), anormalidades nucleares presentes nos eritrócitos dos peixes são consideradas biomarcadores citogenéticos de impacto ambiental.

## CONCLUSÃO

As alterações genotóxicas encontradas na traíra (*Hoplias malabaricus*) sugerem que a espécie pode ser utilizada como bioindicadora da qualidade ambiental do rio Catolé Grande, BA, pois ela responde aos efeitos de substâncias xenobióticas presentes na água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R.S. **Uso de peixes como bioindicador de poluição aquática do rio Catolé Grande, Bahia.** 2017. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga. 2017.

BARRETO, L.V.; FRAGA, M.S.; BARROS, F.M.; ROCHA, F.A.; AMORIM, J.S.; CARVALHO, S.R.; BONOMO, P.; SILVA, D.P. Estado trófico em uma seção do rio Catolé Grande sob diferentes níveis de vazão. **Revista Ambiente e Água**, 49, n.2, p.250-260, 2014.

BATALHÃO, I.G. **Influência das substâncias húmicas aquáticas na genotoxicidade dos metais em tilápias do Nilo (*Oreochromis***



**niloticus**). 2014. p.14-41. Tese, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto, 2014.

BÜCKER, A.; CARVALHO, W.; ALVES-GOMES, J.A. Avaliação da mutagênese e genotoxicidade em *Eignmannia virescens* (Teleostei: Gymnotiformes) expostos ao benzeno. **Acta Amazônica**, v.26, n.3, p.357-364, 2006.

BUENO, A.P.M.; VASCONCELOS, M.G.; FRANCISCO, C.M.; PAVANIN, L.A. Teste de micronúcleos em peixes e parâmetros físico-químicos da água da represa Cocais, Minas Gerais. **Acta Brasiliensis**, v.1, n.3, p.32-36, 2017.

CARRASCO, K.R.; TILBURY, K.L.; MYERS, M.S. Assessment of the piscine micronucleus test as an in situ biological indicator of chemical contaminant effects. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.47, p.2123 -2136, 1990.

LIMA, L.B.D. et al. Use of biomarkers to evaluate the ecological risk of xenobiotics associated with agriculture. **Environmental Pollution** v.237, p. 11–624. 2018.

LIMA, E.M.; PINTO, J.E.S.S. Bacia do Rio Catolé, Bahia-Brasil: Bases Geoambientais e socioeconômicas para a gestão da água e do solo. **Revista Geográfica de América Central**, Número Especial. EGAL, 2011- Costa Rica II Semestre 2011, pp. 1-11. 2011.

LINS, J.A.P.N.; KIRSCHNIK, P.G.; QUEIROZ, V.S.; CIRIO, S.M. Uso de peixes como biomarcadores para monitoramento ambiental aquático. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v.8, p.469-484, 2010.

MESCHIATI, A.J.; ARCIFA, M.S. Early stages of fish and the relationships with zooplankton in a tropical Brazilian reservoir: lake Monte Alegre. **Brazilian Journal of Biology**, v.62, n.1, p.41-50, 2002.

NOVAES, J.G. **Efeito bioacumulador no fígado de *Hoplias malabaricus* (Block, 1794) (Characiformes, Erythrinidae) do rio**

**Catolé Grande, BA.** 2019. 47 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Itapetinga, BA: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia, 2019.

PINTO, R.C.A.B.L. **Caracterização da ictiofauna do rio Catolé Grande no município de Itapetinga, BA.** 2013, 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Itapetinga, BA: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia, 2013.

PRADO, C.P.A.; GOMIERO, L.M.; FROEHLICH, O. Spawning and parental care in *Hoplias malabaricus* (Teleostei, Characiformes, Erythrinidae) in southern pantanal, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.66, n.2B, p.697-702, 2006.

RAMSDORF, W.A.; VICARI, T.; ALMEIDA, M.I.M.; ARTONI, R.F.; CESTARI, M.M. Handling of *Astyanax* sp. for biomonitoring in Cangüiri Farm within a fountainhead (Iraí River Environment Preservation Area) through the use of genetic biomarkers. **Environ Monit Assess**, v.184, p. 5841– 5849, 2012.

RODRIGUES, I.S.; MACIEL, C.M.R.R.; MACIEL JUNIOR, A.; DINIZ, A.A.; SOUZA, L.N.B. Odonatas registradas no rio Catolé Grande, no município de Itapetinga, BA. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 2352-2364, 2015. (ISSN 1809-0583)

THOMÉ, R. G; DA SILVA, P. M.; DOS SANTOS, H. B. Avaliação de Genotoxicidade da Água de um Rio Urbano Utilizando Estudo de Células Sanguíneas de *Danio rerio*. **Conexão Ciência** (Online), v. 11, n. 2, p. 9-16, 2016.

VOGEL, H.F.; ZAWADZKI, C.H.; METRI, R. Florestas ripárias: importâncias e principais ameaças. **Revista de Saúde e Biologia**, v.4, n.1, p.24-30, 2009.

## CAPÍTULO 14

### O USO DE ECOBARREIRAS PARA CAPTURA DO RESÍDUO SÓLIDO FLUTUANTE: ESTUDO DE CASO DA BAÍA DE GUANABARA

**Maria Fernanda Bastos<sup>43</sup>, Claudia Hamacher<sup>44</sup>**

#### INTRODUÇÃO

Na Baía de Guanabara, a presença de resíduos sólidos, seja em suas praias ou flutuando em suas águas, é constante. O problema ganhou uma notoriedade maior por causa dos Jogos Olímpicos de 2016, que teve provas de vela nas águas da Baía de Guanabara, e a presença do lixo flutuante foi um dos principais motivos de crítica e de publicidade negativa da mídia internacional. Os resíduos estão presentes mesmo nos afluentes mais limpos da Área de Proteção Ambiental de Guapimirim.

O projeto Rio ecobarreira, implantado em 2004 e conduzido pela SERLA (Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas), atual INEA (Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro), tem como objetivo a retenção de resíduo sólido flutuante no espelho d'água da foz dos principais rios que deságuam na Baía de Guanabara. A proposta inicial era o projeto funcionar como uma medida mitigatória temporária, entretanto, encontra-se em funcionamento até hoje.

A ideia era fazer uma estrutura flutuante e leve, sem a intenção de pegar o resíduo que vem submerso. A solução proposta

---

<sup>43</sup> Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) - UERJ. mariafernandabastos@gmail.com

<sup>44</sup> Faculdade de Oceanografia, UERJ.

foi uma barreira flutuante, formada por bombonas, amarradas a um cordão de aço que, por sua vez, é ancorado nas margens dos rios.

A concepção do projeto previu a instalação de um ecoponto junto a cada ecobarreira, onde o resíduo removido diariamente seria separado, sendo a parte reciclável destinada à venda. A operação para coleta e reciclagem foi feita por Cooperativas de Reciclagem que forneciam os equipamentos e materiais necessários para a reciclagem e se encarregavam da comercialização do resíduo.

O projeto foi implantado com recursos aprovados pela deliberação Executiva N.º 220/03 do FECAM. Em 2009 foi firmado um convênio, processo N.º E-07/100.029/2008, entre o INEA, ASSERJ (Associação de Supermercados do Estado do Rio de Janeiro) e a FEBRACOM (Federação das cooperativas de catadores de materiais recicláveis do Estado do Rio de Janeiro). O convênio visava à coleta e à reciclagem de embalagens plásticas e outros materiais contidos nas ecobarreiras da Baía de Guanabara, do Sistema Lagunar da Barra da Tijuca e no interior do Rio de Janeiro.

Esse convênio durou até 2015, e durante esse período foram emitidos relatórios de acompanhamento das ecobarreiras, onde eram apresentadas tabelas quantitativas e qualitativas sobre os resíduos coletados nas ecobarreiras e ecopontos. Os resíduos eram discriminados da seguinte forma: resíduos recicláveis, óleo vegetal usado, pneu, madeira e lixo. Os itens recicláveis incluem materiais pet, outros plásticos, alumínio, ferro, papel e papelão, tetrapak e vidro. Ademais, os relatórios apresentam registros fotográficos e ocorrências, como manutenção, inauguração ou eventos.

Em 2015, foi feita uma licitação para a implantação de um novo projeto de retirada de lixo flutuante da Baía de Guanabara. A empresa Matos Teixeira e Serviços Ltda foi a vencedora (GRAEL, 2015) e é a atual responsável pelas ecobarreiras. Não existe mais o convênio com a FEBRACOM, nem os Ecopontos. O que se obteve

de dados das ecobarreiras do período entre 2015 e 2020 foi através de uma planilha de acompanhamento quantitativa, desenvolvida pela Gerência de Obras e Serviços de Manutenção do INEA. A estrutura das ecobarreiras foi substituída por uma mais robusta, feita com grade de aço com flutuadores de fibra de vidro.

A Figura 1 ilustra as diferentes estruturas das ecobarreiras nos dois períodos citados:



**Figura 1.** A – Estrutura de bombona de plástico (de 2009 a 2015); B – Estrutura de grade de aço (de 2015 até atualmente).

**Fonte:** SERLA, 2004; INEA, 2017.

Os dados quantitativos e qualitativos apresentados no estudo foram obtidos através de duas gestões diferentes do INEA, Instituto Estadual do Ambiente. A primeira foi através da ex-assessora da presidência, que forneceu dados de 2009 a 2014, por meio de 49 relatórios mensais e trimestrais feitos pela FEBRACOM para o INEA intitulados: Rio Ama os Rios - Ecobarreira. A outra foi através da Gerência de Obras e Serviços de Manutenção do INEA, que cedeu dados de 2015 a 2020, através de uma planilha. A referida planilha se limita a apresentar o histórico de resíduo retido e aponta que houve uma perda qualitativa em comparação ao período anterior, uma vez que não especifica o tipo de resíduo coletado.

Para melhor organização dos dados, todas as informações foram compiladas em uma planilha única abrangendo o período total, entre 2009 e 2020. Com esta visão geral dos dados do resíduo recolhido, da série histórica, foi possível fazer correlações com renda, taxa de cobertura de resíduos sólidos, área da bacia hidrográfica onde está instalada a ecobarreira, vazão dos rios, assim como com dados pluviométricos do período avaliado.

Este trabalho tem por objetivo apresentar, avaliar e discutir os dados do projeto Rio Ecobarreiras, implantado nos principais afluentes da Baía de Guanabara, desde 2004, no Estado do Rio de Janeiro, Brasil.

### **Objetivos Específicos**

- a) Verificar o uso das ecobarreiras enquanto medida mitigatória;
- b) Determinar os principais afluentes da BG em relação ao transporte de resíduo sólido flutuante e sua relação com a ocupação do solo;
- c) Comparar os gastos para o recolhimento do resíduo flutuante pelas ecobarreiras e a coleta de resíduos da cidade do Rio de Janeiro;
- d) Comparar a quantidade de resíduo retido nas ecobarreiras com as estimativas feitas acerca do montante de resíduo que é despejado diariamente na Baía de Guanabara.

### **DESENVOLVIMENTO**

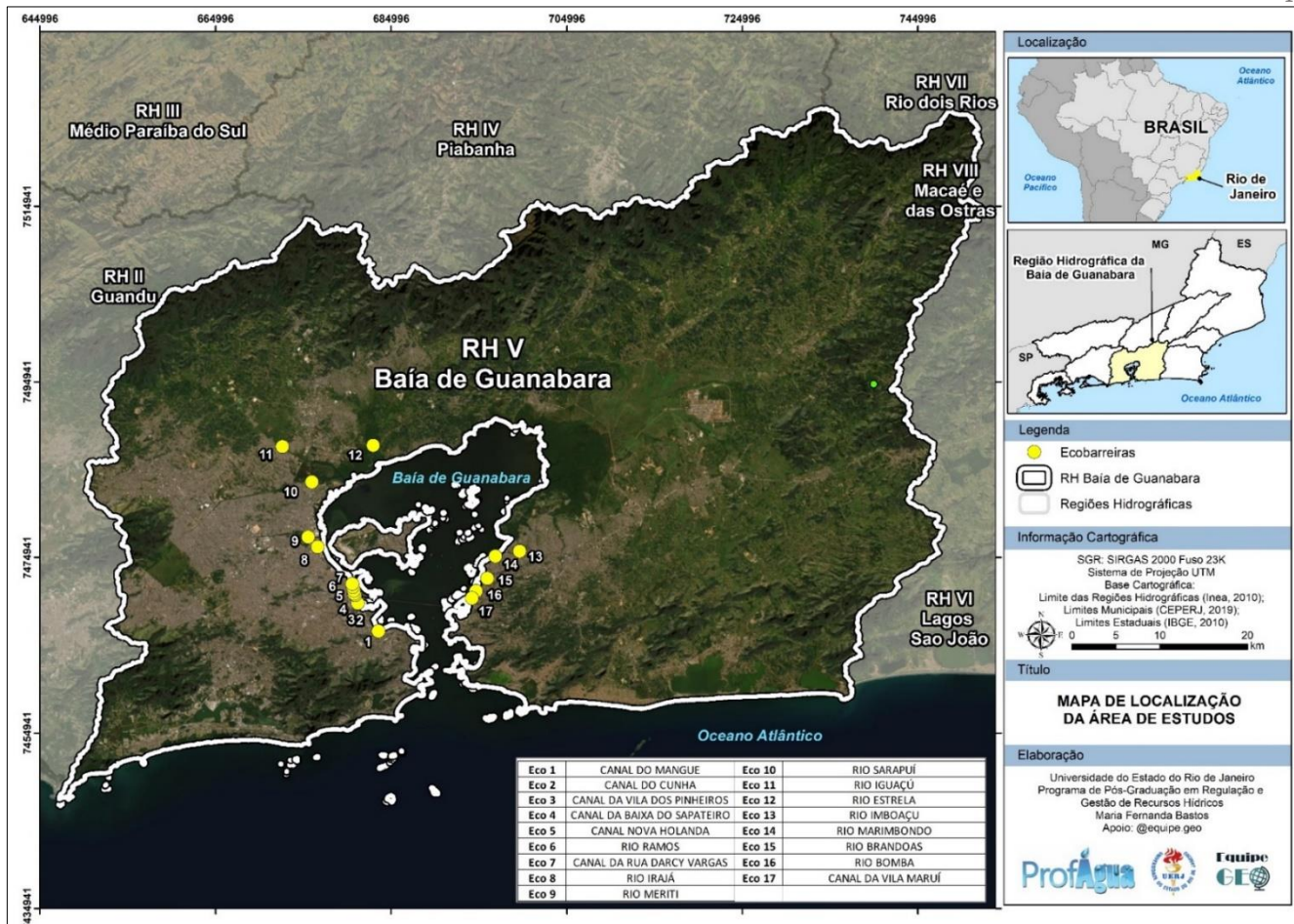
O projeto Rio Ecobarreira foi concebido pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) e conduzido pela então SERLA (Superintendência Estadual de Rios e Lagoas), atual INEA (Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro).

Tendo um viés socioambiental, o projeto visou abranger uma gama variada de atividades que, ao longo do seu processo, estimularam a interação entre a sociedade e o meio ambiente, gerando a conscientização da população.

Na sua concepção, o projeto envolvia a remoção e reciclagem do resíduo flutuante que diariamente é carregado para a Baía de Guanabara através dos rios que ali deságuam. Teve como objetivo desenvolver ações imediatas para a recuperação ambiental da Baía de Guanabara e ao mesmo tempo gerar empregos e renda para as comunidades locais. Contou com a instalação de barreiras flutuantes de retenção de resíduo sólido flutuante na foz dos principais rios afluentes da Baía de Guanabara (SERLA/FGV, 2004a).

Atualmente existem dezessete ecobarreiras em operação na BG. A Figura 2 traz o mapa com a localização delas. A numeração das ecobarreiras começa pelo lado leste, a partir do Canal do Mangue (Eco 1), indo até a região oeste, em São Gonçalo, onde está localizada a última, no Canal da Vila Maruí (Eco 17). As ecobarreiras do Rio Sarapuí (Eco 10) e Iguaçu (Eco 11) pertencem à mesma bacia hidrográfica.





**Figura 2** – Mapa contendo as dezessete Ecobarreiras instaladas na Baía de Guanabara-Rio



## **Resíduos Recicláveis Retidos nas Ecoarreiras e Ecopontos**

A Tabela 1 discrimina a quantidade de resíduos recicláveis recolhidos, segundo seus tipos, e de pneus coletados, entre os anos de 2009 e 2014, com base na série histórica contida nos relatórios da FEBRACOM. Os itens recicláveis incluíam materiais pet, outros plásticos, alumínio, ferro, papel e papelão, tetrapak e vidro.

Conforme já destacado, não foi possível completar a referida série até 2020, pois os dados fornecidos pelo INEA, a partir de 2015, são apenas quantitativos. A série contempla dez ecoarreiras instaladas na BG no período. Nos relatórios, não havia distinção dos resíduos das ecoarreiras e dos ecopontos, eles eram computados juntos.

As cooperativas tiveram dificuldade de vender os materiais recicláveis das ecoarreiras, devido à sujeira aderida a eles. A solução foi negociar com os próprios compradores dos resíduos recicláveis, ou seja, a cooperativa continuava a vender seus resíduos recicláveis recebidos de outros lugares, contanto que eles comprassem também os resíduos das ecoarreiras.

É importante ressaltar que os resíduos de papel e papelão, quando retirados da ecoarreira, não são reciclados, devido à sujeira que adere a eles. Estes mesmos materiais são predominantes na composição do resíduo, seguidos por folhas de árvores e plantas e resíduos orgânicos. Segundo os relatórios do INEA, os resíduos de papel e papelão contabilizados nos relatórios como material reciclado foram entregues nos ecopontos.

De uma maneira geral, o plástico foi o resíduo com maior predominância entre os materiais recicláveis ao longo da série, com exceção de 2014, cuja quantidade foi equivalente à dos itens feitos de papel ou papelão. Ao somarem-se as porcentagens de PET e plástico filme, esse resíduo representou 73% dos recicláveis em 2009. Embora não haja discriminação entre o que foi coletado nos ecopontos e nas ecoarreiras, os registros fotográficos evidenciam

que grande quantidade vem das ecobarreiras. Essa alta porcentagem corrobora o que vem sendo publicado sobre a poluição de plástico em rios e oceanos.

Dentre os resíduos de plástico, o PET foi o item mais recolhido na série, chegando a quase 58 toneladas em 2013 e 42 toneladas em 2014. O plástico filme, por sua vez, teve valores bem menos representativos, tendo apenas 132 kg coletados em 2010. Não foram computados valores desse resíduo nos anos de 2012, 2013 e 2014.

Franz (2011) fez uma pesquisa qualitativa sobre o lixo de duas ecobarreiras da Baía de Guanabara, nos rios Irajá e Meriti. No Rio Irajá, o plástico representou 64,9% do montante, e, no Rio Meriti, 71,6%. Também a ONG Uçá, que atua na APA de Guapimirim, a área com os afluentes mais limpos da BG, faz mutirões de limpeza na região há 5 anos. Dos itens recolhidos, 83% são de plástico, sendo garrafas PET e sacolas plásticas os rejeitos mais encontrados (O GLOBO/Rio, 2019).

Os resíduos de papel e papelão apresentaram um aumento significativo a partir de 2011, ano em que as ecobarreiras do Rio Bomba e Brandoas começaram a operar. O ecoponto do Rio Bomba estava instalado no supermercado Carrefour da Rodovia Manilha e recebia material do próprio estabelecimento, fato que explica o crescimento vertiginoso do resíduo.

**Tabela 1.** Tipo e quantidades, em kg, de resíduos recicláveis coletados por ano nas Eco barreiras e Ecopontos

TIPO DE RESÍDUO	Quantidade (kg) 2009	% por resíduo	Quantidade (kg) 2010	% por resíduo	Quantidade (kg) 2011	% por resíduo	Quantidade (kg) 2012	% por resíduo	Quantidade (kg) 2013	% por resíduo	Quantidade (kg) 2014	% por resíduo	TOTAL DE ITENS
PET	25.719	45,28 %	31.520	48,48 %	28.695	31,04%	33.591	24,99 %	57.844	28,12 %	42.435	21,71 %	219.804
PLÁSTICO MISTO	15.861	27,92 %	16.264	25,02 %	19.587	21,19%	19.546	14,54 %	33.741	16,40 %	31.830	16,29 %	136.829
PLÁSTICO FILME	772	1,36 %	132	0,20 %	582	0,63%	-	-	-	-	-	-	1.486
VIDRO	3.931	6,92 %	5.108	7,86 %	11.094	12,00%	10.534	7,84 %	14.175	6,89 %	16.110	8,24%	60.952
ALUMÍNIO	4.101	7,22 %	3.085	4,75 %	4.609	4,99%	5.796	4,31 %	8.359	4,06 %	5.960	3,05 %	31.910
FERRO	5.142	9,05 %	6.317	9,72 %	8.610	9,31%	10.023	7,46 %	24.116	11,72 %	19.520	9,99 %	73.728
PAPEL E PAPELÃO	1.278	2,25 %	2.462	3,79 %	17.467	18,89%	49.847	37,09 %	60.458	29,39 %	74.730	38,24 %	206.242
TETRAPAK	-	-	124	0,19 %	17.467	1,95 %	5.055	3,76 %	60.458	3,40 %	74.730	2,48 %	18.812
PNEUS	684		341		881		1.240		3.259		1.199		7.604

**Fonte:** Relatórios FEBRACOM.

Segundo o primeiro relatório de acompanhamento das atividades da ecobarreira do Rio Irajá, em 2004 (SERLA/ FGV, 2004b), os valores para a venda dos resíduos, por quilo, eram: pet e plásticos R\$ 0,65, ferro R\$ 0,30/kg e alumínio R\$ 3,50/kg. Considerando o ano de 2014, que teve 74.265 kg de plástico, 19.520 kg de ferro, e 5.960 kg de alumínio, o valor correspondente à venda dos resíduos seria: R\$ 48.272,25, R\$ 5.856 e R\$ 20.860, totalizando R\$ 74.988,25. Ou seja, uma média mensal de R\$ 6.249,02, considerando-se todas as ecobarreiras.

No relatório da proposta de implantação, 2ª Fase (SERLA/FGV 2004), o projeto previa a formação de equipes com 4 Ecogaris por Ecobarreira/Ecoponto. O valor do salário mínimo em 2014, segundo o site Globo.com era R\$ 724,00. Ou seja, com o valor mensal de R\$ 6.249,02, seria possível pagar o salário de 8 Ecogaris, o que cobriria 2 ecobarreiras. No entanto, em 2014, havia 10 ecobarreiras em funcionamento na Baía de Guanabara. Desta forma, fica evidente que o foco do projeto não era retorno financeiro, mas sim um viés socioambiental, com o qual fosse possível sensibilizar a população sobre a poluição do resíduo sólido flutuante e, também, mitigar a quantidade que iria em direção à Baía de Guanabara.

A Figura 3 explicita a enorme quantidade de plástico retirada da ecobarreira do Rio Meriti, que foi o campeão em plástico:



**Figura 3.** Fotos ilustrativas da quantidade de garrafas pet e plásticos coletados na Ecobarreira Rio Meriti.

**Fonte:** FEBRACOM, INEA. Relatório rio ama os rios – ecobarreira – 1º trimestre/2014.

### **Lixo Flutuante Retido nas Ecobarreiras**

A Tabela 2 apresenta o total de resíduo sólido não reciclado retirado por ano, de 2009 a 2020, nas ecobarreiras existentes na Baía de Guanabara. Os dados de 2020 vão até o mês de junho, por isso, se comparados aos do ano anterior, apresentam valores inferiores. O mesmo acontece com 2015, pois a planilha de acompanhamento começa a partir de agosto.

Os dados referentes às ecobarreiras dos Canais da Vila dos Pinheiros, Baixa do Sapateiro, Nova Holanda, Rua Darcy Vargas e Rio Ramos são computados juntos. Esses afluentes ficam no Complexo da Maré, conjunto de favelas situado em frente à cidade universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Embora as ecobarreiras do Rio Brandoas e do Bomba tenham registros a partir de 2011, não houve informações de resíduo coletado nas mesmas no ano de 2015. O mesmo aconteceu com o Rio Sarapuí, que iniciou seu histórico em 2013, mas em 2015 também não apresentou informação na série. Em 2015 foi o ano no qual o serviço de limpeza e acompanhamento das ecobarreiras foi terceirizado para uma empresa privada. Os dados de

acompanhamento da planilha do INEA começam a partir de agosto de 2015, fato que explica a quantidade de resíduo nesse ano ser menor em comparação aos demais. Já a ecobarreira do Rio Iguaçu não apresenta dados em 2020, pois, devido à escassez de recursos, a mesma não se encontra em operação.

A partir de 2012, a ecobarreira do Canal do Mangue passou por problemas operacionais de docas, o que impactou sua operação até 2014. Desta forma, os valores nesse período foram muito baixos, chegando a nenhum lixo retido em 2014. Em 2015, a referida ecobarreira mudou de localização, favorecendo o acesso a ela, e houve sua volta à operação.

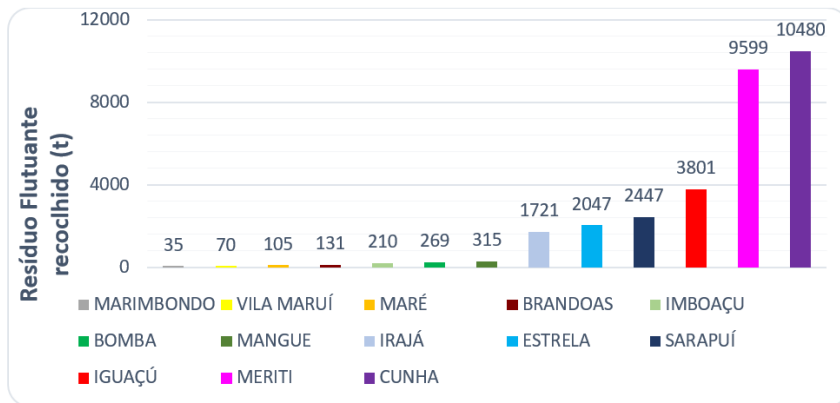
As ecobarreiras dos rios dos Cachorros, Pavuna, Botas e do CIASC (Centro de Instrução Almirante Sylvio de Camargo) não estão em operação desde 2015. E foi exatamente nesse ano que houve a mudança de responsável pelas ecobarreiras dentro do INEA, além do término da parceria com a FEBRACOM.

Ao longo dos doze anos registrados da série, mais de 34.000 toneladas de resíduos sólidos não reciclados deixaram de ir em direção à Baía de Guanabara, e, por ano, pelo menos 1.100 toneladas de resíduo flutuante foram retidas nas ecobarreiras.

O ano com a maior quantidade de resíduo recolhido foi 2017, com as atuais dezessete ecobarreiras instaladas, de onde 7.191 toneladas foram removidas, mesmo ano em que vários afluentes também tiveram valores máximos de resíduo retido, como o Canal do Mangue, Rio Iguaçu, Sarapuí, Estrela, Imboassú, Marimbondo e Canal da Vila Marúi. No ano de 2011 também foram obtidos valores de resíduo recolhido bastante significativos. Nesse ano, só havia nove ecobarreiras na Baía de Guanabara, e foram recolhidas 3.345 toneladas de resíduo flutuante, sendo o ano de máximo recolhimento na ecobarreira do canal do Canal do Cunha: 1.472 toneladas.

Considerando a série de janeiro de 2009 a junho de 2020, as ecobarreiras que retiveram mais resíduo foram a do Canal do

Cunha (Figura 4), com um montante de 10.480 toneladas, seguida do Rio Meriti (Figura 5), com 9.599 toneladas e do Rio Iguaçu (Figura 6), com 3.801 toneladas acumuladas. A grande diferença de valores de resíduo recolhido entre as ecobarreiras do Canal do Cunha e do Rio Meriti e a do Rio Iguaçu pode ser explicada pelo tempo de operação. As primeiras estão em funcionamento desde 2009, enquanto a do Rio Iguaçu, começou a operar em 2016. A Figura 3 ilustra o total de resíduo flutuante retirado por ecobarreira ao longo da série:



**Figura 4.** Total Resíduo Flutuante Retirado por Ecobarreira da Baía de Guanabara, em toneladas, de 2009 a 2020



**Figura 5.** Ecobarreira Canal do Cunha. **Fonte:** INEA, 2017.





**Figura 6.** Ecobarreira Rio Meriti.  
**Fonte:** INEA, 2017



**Figura 7.** Ecobarreira Rio Iguaçu.  
**Fonte:** INEA, 2017.



**Tabela 2.** Resíduo sólido não reciclado acumulado nas Ecobarreiras da Baía de Guanabara no período de 2009 a 2020  
(t) – Total anual por ecobarreira e total da série

ECOBARREIRA	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	TOTAL (toneladas)
CANAL DO MANGUE	14,32	1,36	26,23	3,00	2,03	-	24,43	61,91	79,77	47,40	33,31	20,85	314,60
CANAL DO CUNHA	672,45	901,70	1.472,40	1242	646,89	892,75	797,52	1.025,81	1.156,37	582,33	683,77	406,40	10.480,39
COMPLEXO DA MARE	-	-	-	-	-	-	44,24	14,82	30,42	13,81	3,99	2,15	109,43
RIO IRAJÁ	124,15	186,40	263,40	288,60	95,06	175,80	89,63	106,99	194,37	69,91	91,75	35,36	1.721,42
RIO MERITI	1.888,50	590,23	884,95	1.160,00	413	704,60	209,39	722,07	1.112,15	586,64	851,79	475,51	9.599,27
RIO DOS CACHORROS	95,3	104,30	208,50	219,00	50,00	147,60	-	-	-	-	-	-	824,70
RIO PAVUNA	-	-	-	-	349,72	318,00	-	-	-	-	-	-	667,72
RIO BOTAS	-	27,30	202,80	104,80	43,80	48,60	-	-	-	-	-	-	427,30
CIASC	-	-	277,20	145,80	100,20	162,00	-	-	-	-	-	-	685,20
RIO IGUAÇU	-	-	-	-	-	-	-	1.016,25	1.790,15	501,65	493,41	-	3.801,46
RIO SARAPUÍ	-	-	-	-	34,19	50,50	-	536,10	1.393,00	236,01	196,59	1,05	2.447,44
RIO ESTRELA	-	-	-	-	-	-	-	249,35	1.157,71	404,67	183,55	51,49	2.046,59
RIO IMBOAÇU	-	-	-	-	-	-	-	14,79	134,71	33,73	20,61	5,93	209,77
RIO MARIMBONDO	-	-	-	-	-	-	-	2,60	15,83	8,76	7,17	0,63	34,99
RIO BRANDOAS	-	-	3,01	6,07	12,21	8,10	-	6,81	24,17	32	26,12	12,14	130,62
RIO BOMBA	-	-	6,69	4,45	8,91	12,50	-	112,37	78,51	19,06	23,95	3,00	269,44
CANAL DA VILA MARUÍ	-	-	-	-	-	-	-	8,17	23,95	17,57	17,17	3,59	70,45
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>2.794,69</b>	<b>1.811,28</b>	<b>3.345,17</b>	<b>3.174,12</b>	<b>1.756,06</b>	<b>2.520,45</b>	<b>1.165,21</b>	<b>3.878,04</b>	<b>7.190,93</b>	<b>2.553,54</b>	<b>2.633,18</b>	<b>1.018,10</b>	
<b>TOTAL SÉRIE</b>								<b>34.060,21</b>					

Como todas as ecobarreiras não possuem o mesmo tempo de operação, foi feita uma média anual de resíduo acumulada na série, onde o valor total retido foi dividido pelo número de anos da série. Desta forma, a comparação dos valores por bacia fica mais coerente.

Como existem estimativas acerca da quantidade diária de resíduo despejada na BG, com base na média anual, fez-se uma estimativa da média diária de resíduo, dividindo-se o valor pelos 365 dias do ano. Assim, tentou-se comparar os valores das ecobarreiras com as estimativas realizadas por estudos pretéritos.

Devido aos anos de 2015 e de 2020 não estarem completos, eles não foram incluídos na análise. Conforme citado anteriormente, a ecobarreira do Canal do Mangue teve problemas operacionais nos anos de 2010, 2012, 2013 e 2014, desta forma, esses anos também não foram considerados na obtenção da média anual. A Tabela 3 informa o montante de resíduo sólido não reciclado, desconsiderando os anos supracitados, a quantidade de anos, média anual e diária de resíduo retida por ecobarreira.

As ecobarreiras do Rio Iguaçu, Canal do Cunha e Rio Meriti e Rio Iguaçu foram as que recolheram uma maior quantidade de resíduo, considerando-se as médias anuais: 950,37, 927,65, e 891,44t/ano, respectivamente, bastante semelhantes entre si. Na sequência ficaram o Rio Sarapuí, com 590,43 t/ano e o Rio Estrela, com 498,78 t/ano de média anual de resíduo recolhido. O rio Estrela ficou com a média três vezes maior do que o Rio Irajá, com 159,64 t/ano, rio com a 6<sup>a</sup> maior média anual. Com base nesses valores, pode se dizer que os principais rios que transportam resíduos sólidos flutuantes para a Baía de Guanabara são: Rio Meriti, Rio Iguaçu, Canal do Cunha, Rio Sarapuí e Rio Estrela.

**Tabela 3.** Somatório de resíduo sólido não reciclado (t), quantidade de anos considerados, média anual e diária de resíduo recolhido por Ecobarreira (t/ano)

<b>ECOBARREIRA</b>	<b>SOMATÓRIO DE RESÍDUO SÓLIDO NÃO REICLADO (toneladas)</b>	<b>QUANTIDADE DE ANOS CONSIDERADOS</b>	<b>MÉDIA ANUAL DE RESÍDUO (tonelada/a no)</b>	<b>MÉDIA DIÁRIA DE RESÍDUO (toneladas)</b>
<b>CANAL DO MANGUE</b>	262,93	6	43,82	0,12
<b>CANAL DO CUNHA</b>	9.276,47	10	927,65	2,54
<b>COMPLEXO DA MARÉ</b>	59,05	3	19,68	0,05
<b>RIO IRAJÁ</b>	1.596,43	10	159,64	0,44
<b>RIO MERITI</b>	8.914,37	10	891,44	2,44
<b>RIO IGUAÇU</b>	3.801,46	4	950,37	2,60
<b>RIO SARAPUÍ</b>	2.361,70	4	590,43	1,62
<b>RIO ESTRELA</b>	1.995,10	4	498,78	1,37
<b>RIO IMBOAÇU</b>	203,84	4	50,96	0,14
<b>RIO MARIMBONDO</b>	34,36	4	8,59	0,02
<b>RIO BRANDOAS</b>	118,48	8	14,81	0,04
<b>RIO BOMBA</b>	266,44	8	33,30	0,09
<b>CANAL DA VILA MARUÍ</b>	66,86	4	16,72	0,05

Quanto à média diária de resíduo, somando-se os valores retidos nas dezessete ecobarreiras, chega-se ao total de 11,52 t por dia. Fazendo analogia com caminhão caçamba de 15 m<sup>3</sup>, encheria 3,5 caminhões, considerando-se a densidade do resíduo doméstico de 0,22 t/m<sup>3</sup>. Tanto GRAEL, 2015 como ALENCAR, 2016 estimam que diariamente são despejados 90t de resíduo na BG. No entanto, essas referências englobam todos os tipos de resíduo, não somente os flutuantes que são recolhidos nas ecobarreiras.

## **Taxa de cobertura de resíduos sólidos**

De acordo com a atualização do Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara (RHA Engenharia, 2020), a taxa de cobertura de resíduos sólidos do Município do Rio de Janeiro é de 100%. No entanto, ao se avaliar a quantidade de resíduo recolhida nas ecobarreiras, verifica-se que há uma deficiência na coleta, visto o montante de resíduo que chega aos rios. Considerando as ecobarreiras localizadas no município do Rio de Janeiro (Eco 1 a 8), com seus respectivos totais de resíduos flutuante acumulados, ao menos 713 toneladas são despejadas nos rios por ano. Acredita-se que se a cobertura de resíduos sólidos fosse realmente eficiente, não haveria essa quantidade elevada de resíduo acumulado nas ecobarreiras. Vale ressaltar que também há uma certa falta de informação da população mais carente em relação à disposição correta do resíduo, bem como um hábito quase cultural de jogar o lixo na natureza.

Tentou-se diversas vezes entrar em contato com a empresa responsável pela limpeza da cidade do Rio de Janeiro, a COMLURB, solicitando dados de rotas ou planilhas de coletas dos bairros da cidade. A resposta foi sempre que a consulta pela coleta doméstica deveria ser feita através do site da companhia, digitando o nome do logradouro. Não seria possível fazer um levantamento pelo site da COMLURB sobre a situação de coleta de lixo em toda a área estudada. Desta forma, foi feito um exercício para uma parte das comunidades que circundam o Canal do Cunha, a fim de verificar como se dava a coleta da COMLURB nessa região. A partir do Google Earth foi verificado o nome das ruas das comunidades que circundam o Canal do Cunha, desde a ecobarreira até o Rio Jacaré, terminando na Rua Álvares de Azevedo, junto ao Jacarezinho (Figura 7).

Todos os nomes das ruas foram digitados no site da COMLURB(<<https://comlurbnet.rio.rj.gov.br/Extranet/ConsultaColetaLograd/index.asp>>; Acesso em fevereiro de 2021) a fim de se

obter o dia e horário da coleta. Nenhum dos nomes das ruas digitalizados resultou em informação sobre a coleta de resíduo. Desta forma, foi enviado um e-mail para <imprensa.comlurb@gmail.com> relatando a questão. A resposta fornecida foi que as ruas supracitadas não têm acesso para o tráfego de caminhões, o que leva os moradores a precisar se deslocar com o resíduo até os pontos da COMLURB próximos da área. A companhia realiza coleta nesses pontos diariamente, por até três vezes. A Figura 6 mostra as ruas em questão, apresentadas por uma linha rosa.

Com base na quantidade de resíduo sólido retido na ecobarreira do Canal do Cunha, junto com a informação da COMLURB, se deduz que parte das habitações ao longo dessas ruas pode jogar o resíduo diretamente no rio, em vez de deixar nos pontos de coleta. Ao analisar o tipo de habitação pelo Google Earth, percebe-se que as mesmas ocuparam a margem do rio e que são muito próximas umas das outras, com um espaço de circulação entre elas quase inexistente. Em diversos pontos é possível ver acúmulo ou presença de resíduo sólido flutuante junto às casas.

Embora o acesso ao saneamento seja um direito previsto pela lei nº 11.445/2016, onde está explícito que é dever do governo buscar formas de proporcionar a universalização dos serviços de esgotamento sanitário, abastecimento de água potável, coleta de resíduos sólidos e destinação adequada para esses resíduos e rejeitos, infelizmente, para muitos brasileiros essa ainda é uma realidade muito distante. Essas ocupações, tanto às margens dos rios como nas comunidades, sofrem ao longo de anos o descaso dos governos.





**Figura 8.** Ruas nas adjacências do Rio Jacaré e do Canal do Cunha sem coleta da Comlurb segundo o levantamento realizado em fevereiro de 2021, através da busca no site da Comlurb

O resíduo que acaba nos rios não é proveniente das pessoas que habitam essas moradias, e sim da omissão de anos do governo aos menos favorecidos. Uma pessoa que não tem acesso à água potável, esgotamento sanitário e educação, minimiza a importância de jogar o resíduo no ponto de coleta, visto que suas necessidades básicas não são atendidas por esses serviços que são de seu direito. Fora que muitas dessas pessoas passam fome, e não dá para cobrar educação quando se tem fome.

O Diagnóstico Preliminar de Resíduos Sólidos da Cidade do Rio de Janeiro (SMAC, 2015) elaborou uma pesquisa em 37 comunidades da cidade para obter dados sobre os hábitos da população quanto ao descarte dos resíduos gerados. As comunidades foram divididas em grupos 3 grupos: Grandes, Planas e Inclínadas. No grupo “grandes” foram 10 comunidades escolhidas dentre as mais populosas, situadas em diferentes regiões da cidade. Os grupos “Planas” e “Inclínadas” compreendem as comunidades pequenas, médias e grandes, excluídas as 10 mais populosas. Planas são as com inclinação igual ou menor do que 10 graus. Inclínadas são as com inclinação maior do que 10 graus. A partir das comunidades amostradas, fez-se uma estimativa para as demais comunidades da cidade, que, no total, são 1.026.

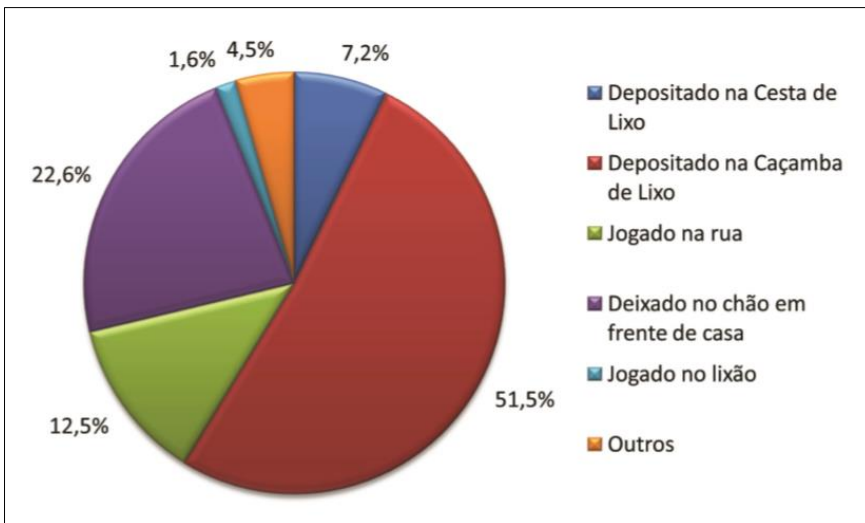
A pesquisa estimou a quantidade de resíduos gerados por cada grupo de comunidade. As grandes comunidades geram 115,94 t/dia, as comunidades planas 247,80 t/dia e as comunidades inclínadas 240,20 t/dia, totalizando 603,94 t/dia. A Tabela 4 apresenta os resultados da publicação:

**Tabela 4.** Estimadores dos resíduos gerados nas comunidades do Rio de Janeiro, e respectivos desvios padrões para o setor comunidades

Grupo	Total de Comunidades na Cidade	Total de Comunidades amostradas	Domicílios	Amostra (Domicílios pesquisados)	Estimador Total (t/dia)	DP Estimado Total (t/dia)	CV (%)
Grandes	10	10	75.082	380	115,94	6,53	5,6%
Planas	568	14 *	191.409	360	247,80	27,77	11,21%
Inclinadas	448	13 **	161.429	360	240,20	20,30	8,45%
<b>Total</b>	<b>1.026</b>	<b>37</b>	<b>427.920</b>	<b>1.100</b>	<b>603,94</b>	<b>35,01</b>	<b>5,80%</b>

**Fonte:** SMAC, 2015

A Figura 9 mostra a resposta das comunidades no que se refere ao descarte regular e irregular de resíduos quanto ao destino do lixo. O descarte regular corresponde à caçamba ou à cesta de lixo, e irregular, todo o restante.



**Figura 9.** Formas de destinação dos resíduos (%) em comunidades do Rio de Janeiro.

**Fonte:** SMAC, 2015

O descarte regular (depósito na caçamba e cesta de lixo) corresponde a apenas 58,7% do total de resíduo gerado, ou seja, 41,3% dos resíduos nas comunidades não possuem a destinação adequada.



Embora a COMLURB alegue que a taxa de cobertura de coleta dos resíduos é de 100%, já foi verificado que a rota não engloba todas as ruas das comunidades. Vale ressaltar que as ruas pesquisadas nesse item estavam em comunidades planas e em ruas que não são tão estreitas. Tratando-se de comunidades em morros, com vielas, a coleta tende a ser mais difícil.

A fim de se obter uma estimativa da realidade dos rios que possuem ecobarreiras, que são margeados por comunidades, considerou-se o grupo das comunidades planas e grandes. Desta forma, seriam 363,74 t de resíduos gerados por dia. Desse montante, 213,51 t/dia possuiriam coleta adequada, enquanto as 150,22 t restantes, não. Observando a estimativa diária de lixo na BG apresentada na Tabela 3, as oito ecobarreiras inseridas no Rio de Janeiro retêm 3,15 t de resíduo, valor equivalente a 2,1% das 150,22 t que em princípio não possuem destinação adequada.

O custo de implantação das bases e instalação das ecobarreiras que estão atualmente em operação foi de R\$ 4.000.000. Já o custo de operação, que engloba mão de obra, equipamento e transporte de disposição final, foi de R\$ 23.000.000, desde agosto de 2015 até maio de 2021. Esse valor não contempla manutenção.

O tempo de operação dessas ecobarreiras é de setenta meses, ou seja, o custo por mês é de R\$ 328.572,43 e por ano R\$ 3.942.857,14. Ao se tomar como base o total anual de resíduo das ecobarreiras, apresentado na Tabela 2, considerando os valores a partir de 2015, tem-se em média 3.073 t por ano retidas nas ecobarreiras. Ou seja, o custo por recolhimento do resíduo sólido flutuante, desconsiderando o investimento da implantação, é de R\$ 1.283 por tonelada.

A Tabela 5 apresenta valores de custo unitário da coleta do Município do Rio de Janeiro, de 2003 a 2017. Os dados foram obtidos a partir do site Data Rio ([data.rio](http://data.rio)), com base na Tabela 2661 - Indicadores de resíduos sólidos urbanos - Coleta - Município do

Rio de Janeiro - 2003 -2017. Não há informações detalhadas acerca dos itens e fatores que compõem esse custo.

**Tabela 5** - Indicadores de resíduos sólidos urbanos - coleta - Município do Rio de Janeiro - 2003 -2017

<b>ANO</b>	<b>CUSTO UNITÁRIO DA COLETA R\$ / TONELADA</b>
2003	54,44
2004	62,45
2005	63,14
2006	64,91
2007	70,29
2008	68,38
2009	125,42
2010	123,12
2011	132,99
2012	101,53
2013	112,04
2014	141,41
2015	146,35
2016	164,38
2017	179,9

**Fonte:** Data Rio, Tabela 2661.

Para o ano de 2017, o custo unitário da coleta foi de R\$ 179,90 por tonelada. Ainda que não seja o valor atualizado, dá uma ordem de grandeza do custo da coleta. Analisando-se os gastos de operação do INEA, chega-se ao valor de R\$ 1.283,00 por tonelada de resíduo sólido flutuante recolhido. Ainda que não seja possível destacar os fatores que compõem o custo unitário da coleta do município, ao simplesmente compararem-se os valores da coleta de resíduo aos do recolhimento de resíduo flutuante, percebe-se que é muito mais caro retirar o resíduo dos rios do que recolhê-lo em seu devido lugar de origem.

## CONCLUSÃO

Visto o montante de resíduo sólido flutuante que é recolhido anualmente pelas ecobarreiras, elas se mostram uma medida estrutural eficiente. Embora tenham sido implantadas como uma ação mitigatória, estão em operação há 12 anos, e impediram que cerca de 34.000 toneladas de resíduo flutuante chegassem à Baía de Guanabara. Considerando que a densidade média do resíduo doméstico é de  $0,22 \text{ t/m}^3$ , e que uma piscina olímpica tem  $2500 \text{ m}^3$  ( $50 \times 25 \times 2 \text{ m}$ ), essa quantia encheria quase 62 piscinas olímpicas.

Os principais afluentes da Baía de Guanabara em relação ao transporte de lixo flutuante são o Rio Meriti, o Rio Iguazu e o Canal do Cunha.

Os ecopontos tiveram um bom desempenho quanto à quantidade de resíduo reciclável recolhida, como no caso do papel e papelão, que alcançaram 206 toneladas coletadas entre 2009 e 2014. É um bom exemplo a ser replicado para a reciclagem dos resíduos, próximo ou direto da fonte, especialmente em grandes geradores, como supermercados. Infelizmente, os ecopontos não estão mais em operação, assim como o programa de logística reversa.

Por fim, sobre a estimativa do montante de resíduo aportado à BG diariamente, tanto GRAEL, 2015 como ALENCAR, 2016 consideraram em torno de 90 t/dia. Porém, a soma das dezessete ecobarreiras totaliza 11,52 t/dia. Ao se compararem os dois valores, dois fatos devem ser considerados: o primeiro é que as ecobarreiras instaladas não englobam todos os afluentes da Baía de Guanabara. O segundo é que o resíduo retido é apenas o flutuante. Ainda assim, existe uma disparidade entre os valores, principalmente considerando-se que as ecobarreiras estão localizadas nos rios com qualidade da água que variam de ruim a muito ruim segundo o INEA (2017). Ou seja, rios com maior densidade populacional, fator predominante na geração de

resíduo. Desta forma, as estimativas feitas parecem superestimadas.

Com base nos dados de SMAC, 2015, percebe-se que o investimento na coleta de resíduos nas comunidades é pequeno, e o resíduo produzido chega aos rios, de onde seu recolhimento tem um custo muito mais alto. Isso sem citar os impactos ambientais como danos ao ecossistema, contaminação, propagação de vetores de doenças, prejuízos ao lazer e à recreação nas praias, deterioração de espaços urbanos e prejuízos ao turismo, lazer e pesca.

De acordo com valores disponibilizados pela prefeitura do Rio de Janeiro sobre o custo da coleta de resíduo sólido urbano, por tonelada, chega-se à conclusão de que quando o resíduo não é recolhido devidamente pelo município, o estado está gastando sete vezes mais para recolher o mesmo de dentro dos rios.

A enorme quantidade de resíduo sólido flutuante retida nas ecobarreiras evidencia que os rios são utilizados como local de descarte, fruto de anos de omissão do governo aos menos favorecidos. Uma pessoa que não tem acesso à água potável, esgotamento sanitário e educação minimiza a importância de jogar o resíduo no ponto de coleta, visto que suas necessidades básicas não são atendidas por esses serviços, que são de seu direito. Um cidadão que não tem uma moradia digna e passa fome não pode ser o responsável pelos resíduos no rio.

Enquanto não houver o devido investimento, ações nas comunidades com recompensa para quem fizer o devido descarte dos resíduos podem ter um efeito positivo.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR, E. **Baía de Guanabara Descaso e Resistência**. Mórula Editorial. 128 p. 2016.

BRASIL. **Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as leis n° 6.766, de 19 de dezembro de 1979; e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei n° 6.528, de 11 de maio de 1978. Diário Oficial da União, 8 de janeiro de 2007.

COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA, COMLURB,  
Disponível em:  
<<https://comlurbnet.rio.rj.gov.br/Extranet/ConsultaColetaLograd/index.asp>> Acesso em Fevereiro de 2021.

DATA RIO. Disponível em <<https://www.data.rio>> Acesso em fevereiro de 2021.

FEBRACOM, ASSERJ, INEA. Rio Ama os Rios – Ecobarreira, Relatório janeiro/2009 a setembro/2010.

FEBRACOM/INEA. Rio Ama os Rios – Ecobarreira, Relatório Outubro/2010 a Janeiro/2012.

FEBRACOM/INEA. Rio Ama os Rios – Ecobarreira, Relatório 1° Trimestre/2012.

FEBRACOM/INEA. Rio Ama os Rios – Ecobarreira, Relatório 2° Trimestre/2012.

FEBRACOM/INEA. Rio Ama os Rios – Ecobarreira, Relatório 3° Trimestre/2012.

FEBRACOM/INEA. Rio Ama os Rios – Ecobarreira, Relatório 4° Trimestre/2012.

FEBRACOM/INEA. Rio Ama os Rios – Ecobarreira, Relatório 1° Trimestre/2013.

FEBRACOM/INEA. Rio Ama os Rios – Ecobarreira, Relatório 2° Trimestre/2013.

FEBRACOM/INEA. Rio Ama os Rios – Ecobarreira, Relatório 3º Trimestre/2013.

FEBRACOM/INEA. Rio Ama os Rios – Ecobarreira, Relatório 4º Trimestre/2013.

FEBRACOM/INEA. Rio Ama os Rios – Ecobarreira, Relatório 1º Trimestre/2014.

FEBRACOM/INEA. Rio Ama os Rios – Ecobarreira, Relatório 2º Trimestre/2014.

FEBRACOM/INEA. Rio Ama os Rios – Ecobarreira, Relatório 3º Trimestre/2014.

FEBRACOM/INEA. Rio Ama os Rios – Ecobarreira, Relatório 4º Trimestre/2014.

FRANZ, B. **O lixo flutuante em regiões metropolitanas costeiras no âmbito de políticas públicas: o caso da cidade do rio de janeiro.** Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE. Rio de Janeiro.162 p. 2011.

GRAEL, A. **Projeto Grael - Baía de Guanabara sem lixo - fase 2** – Rev. 03. 113 p. 2015.

GRAEL, A. SEA conclui processo licitatório e ecobarreiras nos rios da Baía de Guanabara começarão a ser implantadas a partir de agosto. **Blog do Axel Grael**, Rio de Janeiro, 16, Junho. 2015.

Disponível em

<<http://axelgrael.blogspot.com/2015/06/ecobarreiras-nos-rios-da-baia-de.html>> Acesso em: 24 de Julho de 2020.

INEA. **Apresentação Ecobarreiras – De olho no lixo.** Rio limpo, eu preservo, eu cuido. 2017

O GLOBO/ Disponível em <<https://oglobo.globo.com/rio/em-cinco-anos-ong-retira-30-toneladas-de-lixo-de-area-mais-preservada-da-baia-de-guanabara-24279536>> Acesso em 20 de Fevereiro de 2021.

O GLOBO. Disponível em <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2014/01/saiba-o-valor-do-salario-minimo-em-2014.html>> Acesso 28 de Janeiro de 2021.

RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS ENGENHARIA. **Relatório de Diagnóstico (Tomo 01 e 03). Atualização e complementação do Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá.** Curitiba, PR. 481p. 2020.

SMAC, Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Diagnóstico Preliminar de Resíduos Sólidos da Cidade do Rio de Janeiro.** 52p. 2015.

SERLA/FGV, 2004a. **Relatório de Avaliação da Ecobarreira Piloto. Projeto Rio Ecobarreira Estudo da Sustentabilidade Sócio Econômica e ambiental das remoções de lixo flutuante na Baía de Guanabara.** Rio de Janeiro, 30 de novembro de 2004. 97p.

SERLA/ FGV, 2004b. **Primeiro Relatório de Acompanhamento das atividades. Projeto Rio Ecobarreira Estudo da Sustentabilidade socioeconômica e ambiental da remoção de lixo flutuante da Baía de Guanabara e Sistema Lagunar de Jacarepaguá.** Rio de Janeiro, 15 de setembro de 2004.

## CAPÍTULO 15

### **AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS EM UMA REPRESA UTILIZADA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO EM SOROCABA-SP**

**Tatiana Acácio da Silva<sup>45</sup>, Miqueias Lima Duarte<sup>46</sup>, Cecília Maria de Paula Coelho<sup>47</sup>, Amazonino Lemos Castro<sup>48</sup> & Manuel Enrique Gamero Guandique<sup>49</sup>**

#### **INTRODUÇÃO**

O transporte de sedimentos em corpos hídricos é um fenômeno natural proveniente do intemperismo das rochas e da ação erosiva da chuva sobre o solo em bacias hidrográficas que, através da precipitação e do escoamento superficial, transporta partículas até os corpos hídricos, influenciando diretamente a composição das águas superficiais (LIBÂNIO; SARDINHA, 2020; SANTOS et al., 2021).

Entretanto, a construção de reservatórios em curso d'água alteram as características hidrológicas do corpo hídrico, pois, com o represamento ocorre a diminuição da velocidade do fluxo de escoamento, e essa redução causa a diminuição da capacidade de transporte dos sedimentos, proporcionando sua deposição (ARAÚJO et al., 2020). Além do mais, as atividades antrópicas desenvolvidas no contexto de bacias hidrográficas podem comprometer a vida útil dos reservatórios, pois o uso inadequado

---

<sup>45</sup> Universidade Estadual Paulista. tatiana.acaio1909@unesp.br

<sup>46</sup> Universidade Estadual Paulista. miqueiaseng@hotmail.com

<sup>47</sup> Universidade Estadual Paulista. cecilia.depaulacoelho@gmail.com

<sup>48</sup> Universidade Estadual Paulista. alcastro@ufam.edu.br

<sup>49</sup> Universidade Estadual Paulista. enrique.gamero@unesp.br



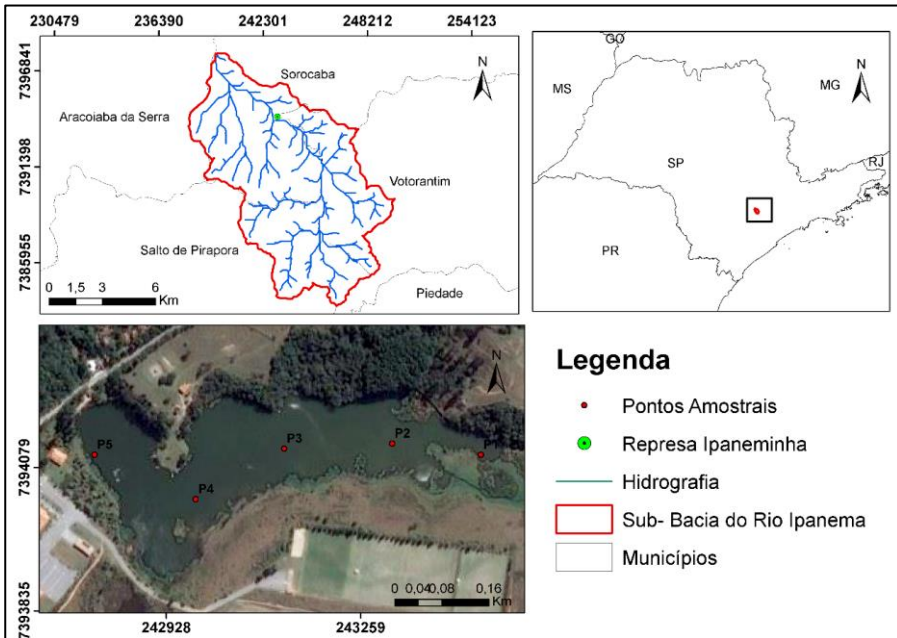
do solo causa a erosão acelerada, que, por sua vez, aumenta o arraste de sedimentos para o curso hídrico, reduzindo o volume útil dos reservatórios em função do aumento dos sedimentos decantados (CIESLA et al., 2019; SILVA et al., 2020).

Dessa forma, conhecer a quantidade e a composição de sedimentos que são transportados e depositados em reservatórios ao longo do tempo é de suma importância, pois fornece informações essenciais que podem servir como auxílio na gestão e gerenciamento de reservatórios, além de nortear políticas públicas para uma melhor gestão de bacias hidrográficas (CABRAL, 2005; GUIMARÃES et al., 2018). Neste contexto, este estudo avaliou a concentração de sólidos totais em suspensão na represa Ipaneminha no período seco e chuvoso nos anos de 2019 e 2020.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A área de estudo consiste na represa Ipaneminha, localizada na sub-bacia do rio Ipanema. Esta, por sua vez, está inserida entre os municípios de Sorocaba, Araçoiaba da Serra, Salto de Pirapora e Votorantim, entre as coordenadas métricas (UTM) 236000 a 251000 E e 7384000 a 7396000 S, com área aproximada de 88,70 Km<sup>2</sup> (Figura 1).

A captação de água no reservatório Ipaneminha é realizada apenas no período de seca, com volume médio de 306,5 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>. Essa represa é utilizada apenas em períodos de emergência, quando o volume de água captado nos demais reservatórios não supre a demanda necessária para o abastecimento no município (SAAE, 2021).



**Figura 1.** Localização da área de estudo e pontos amostrais

A amostragem de água para análise de sólidos totais e em suspensão foi realizada em dois períodos. A primeira amostragem foi realizada em novembro de 2019 (período seco), e a segunda em março de 2020 (período chuvoso). Os pontos amostrais foram distribuídos ao longo do manancial, conforme mostra a Figura 1. A distribuição dos pontos amostrais foi realizada da seguinte forma: uma amostra na entrada do reservatório (P1), três amostras ao longo do reservatório (P2, P3 e P4) e uma amostra próxima ao vertedouro (P5).

### **Análise de Sólidos Totais, Fixos e Voláteis**

A análise dos Sólidos Totais (Fixos e Voláteis) e em Suspensão (Fixos e Voláteis) foi realizada segundo a Norma Técnica Interna da SABESP NTS013 (SABESP, 1999). A concentração de Sólidos Totais foi determinada pela Equação 1:

$$ST = \frac{P2 - P1}{VOLam} * 1.000.000 \quad (1)$$

Onde ST corresponde aos Sólidos Totais (em mg.L-1), P1 corresponde ao peso da cápsula calcinada (em g), P2 ao peso da cápsula com amostra após secagem (em g) e VOlam ao volume da amostra inicial. A concentração de Sólidos Fixos foi determinada conforme Equação 2:

$$SF = \frac{P3 - P1}{V0l \text{ am}} * 1.000.000 \quad (2)$$

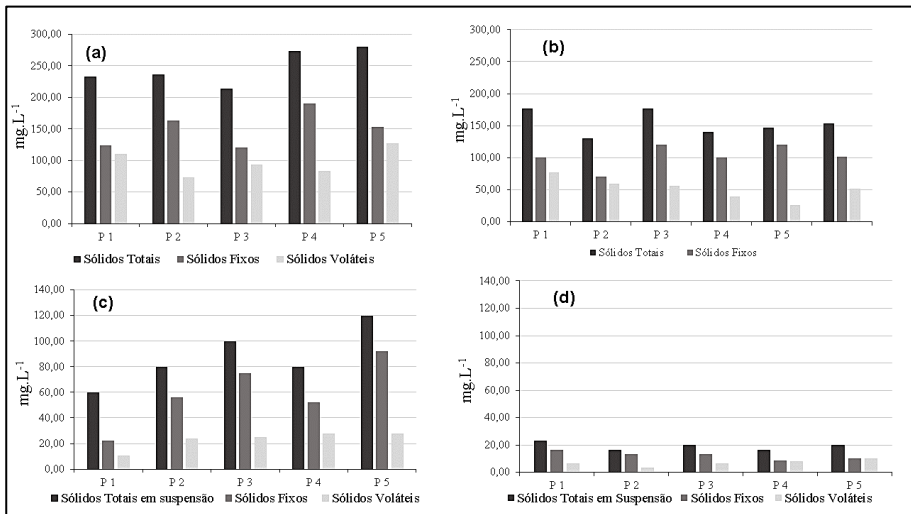
Onde SF corresponde aos Sólidos Fixos (em mg.L-1), P1 corresponde ao peso da cápsula calcinada (em g), P3 corresponde ao peso da cápsula com o resíduo seco da amostra na mufla a 500 °C por 2 horas, e VOlam ao volume da amostra inicial. E, por fim, foi determinada a concentração de Sólidos Voláteis (em mg.L-1) por meio da subtração entre ST e SF, conforme descrito pela SABESP (1999).

## RESULTADO E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta os gráficos referentes aos Sólidos Totais (Fixos e Voláteis) e Sólidos Totais em Suspensão (Fixos e Voláteis) para a represa Ipaneminha nos dois períodos avaliados (novembro de 2019 e março de 2020).

Observou-se que no período seco (Figura 2a, c) as concentrações de sólidos totais e totais em suspensão foram maiores que no período chuvoso (Figura 2b, d), fato que pode ser explicado em função do menor volume de água na represa, que aumenta a concentração de sedimentos, enquanto no período chuvoso ocorre uma maior diluição em função do maior volume de água. Além do mais, no período seco, no que tange aos Sólidos Totais e em Suspensão (Fixos e Voláteis), observou-se que à medida que se distancia da montante (de P1 ao P5) os valores aumentam. Já para o período chuvoso, apesar de não ser observada de forma

explícita uma tendência decrescente, os valores à montante foram mais expressivos que os observados ao longo do manancial, dos Sólidos Totais (Fixos e Voláteis). Por outro lado, a tendência decrescente foi explícita no manancial, para os Sólidos Totais em Suspensão (Sólidos Fixos).



**Figura 2.** Sólidos Totais (Fixos e Voláteis) no período seco (2a) e período chuvoso (2b), e Sólidos Totais em Suspensão (Fixos e Voláteis) no período seco (2c) e período chuvoso (2d).

Vale ressaltar que as frações de Sólidos Fixos correspondem à fração inorgânica de sedimentos presentes, enquanto as frações de Sólidos Voláteis representam a fração orgânica dos sedimentos (SILVA et al., 2009). Na represa Ipaneminha, observou-se que a carga de sólidos inorgânicos é maior que a de orgânicos, tanto no período seco quanto no período chuvoso (com exceção dos Sólidos Totais em Suspensão no período chuvoso em P5, cujos valores foram iguais).

Vale ressaltar a importância do monitoramento dos sedimentos, pois esses constituem elementos de fixação de vários componentes, dentre os quais podem-se destacar os metais pesados, bem como os macro e micronutrientes do solo, que são

arrastados por processos erosivos e depositados em reservatórios, causando não apenas o assoreamento, mas também a eutrofização do manancial e contaminação da água (NEILL et al., 2013).

## CONCLUSÃO

A partir dos dados avaliados é possível observar que no período seco a concentração de sedimentos na represa é maior, em virtude do volume de água armazenada, e no período chuvoso é possível observar que a concentração é menor, em virtude da diluição do material particulado. É possível observar ainda uma decantação desse material particulado durante o período seco, por conta da sua maior concentração. Logo, esse acúmulo de material pode comprometer a qualidade da água presente na represa, além de ocasionar uma redução no volume útil do reservatório.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. S.; NASCIMENTO, A. L.; SILVA, G. A.; SANTOS, W. L., VALE, J. G. M.; SERRANO, R. O. P.; Proposta metodológica para coleta e monitoramento de sedimentos de fundo em corpos hídricos lânticos. **UÁQUIRI**, v. 2, n. 2, p. 99-113, 2020.

CABRAL, J. B. P. Estudo do processo de assoreamento em reservatórios. Variabilidade da produção de sedimentos no norte da Etiópia: uma análise quantitativa de seus fatores de controle. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 6, p. 62-69. 2005.

CIESLA, M.; BARTOSZEK, L.; GRUCA-ROKOSZ, R. Characteristics and origin of suspended matter in a small reservoir in Poland. **Ecohydrology & hydrobiology**, p.73-82. 2019.

GUIMARÃES, A. G.; PRADO, F. S.; SANTOS, G. O.; DINIZ, R. G.; MARASCA, I.; MAIA, C. H. Qualidade da água e potencial de

assoreamento em represas com influência de diferentes usos do solo. **Journal Multidisciplinar**, v. 5, n. 3. p. 125–139.2018.

LIBÂNIO, C. R.; SOUZA; S. D. Transporte anual de sedimentos e nutrientes do rio Muzambo, tributário do reservatório de Furnas (MG). **Revista Mineira de Recursos Hídricos**. v.1, n.1, p. 1-18, 2020.

NEILL, C.; COE, M. T.; RISKIN, S. H.; KRUSCHE, A. V.; ELSENBEEER, H.; MACEDO, M. N.; MCHORNEY, R.; LEFEBVRE, P.; DAVIDSON, E. A.; SCHEFFLER, R.; MICHELA, A.; FIGUEIRA, S.; PORDER, S.; DEEGAN, L. A. River basin responses to the expansion and intensification of soybean farmland in the Amazon. **The Royal Society**. v. 368. Ed. 1619. 2013.

SAEE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto. Disponível em: <<https://www.saaesorocaba.com.br/>>. Acesso em: 12 mar. 2021.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Norma técnica 013 São Paulo. 1999. Disponível em: <<https://www3.sabesp.com.br/normastecnicas/>>. Acesso em 20 de setembro de 2020

SANTOS, P. S.; SANTOS, M. E. G.; SANTOS, R. Uso e ocupação do solo: reflexão sobre impacto ambiental. **Agri-environmental sciences**, V.7 .2021.

SILVA, A. P. S.; DIAS, H. C. T.; BASTOS, R. K. X. B.; SILVA, E. Qualidade da água do reservatório da usina hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.33, n.6, p.1063-1069, 2009.

SILVA, S. A.; RODRIGUES, B. M.; CARDOSO, F. A. R.; MAZZER, H. R.; ARANTES, E. J. Armadilha de sedimentos aplicada ao lago do Parque Joaquim Teodoro de Oliveira de Campo Mourão/PR. **Natural Resources**, v.10, n.3, p.87-102, 2020. Disponível em: <<http://doi.org/10.6008/CBPC2237-9290.2020.003.0010>>

## CAPÍTULO 16

### DIAGNÓSTICO DA BACIA DO RIBEIRÃO CACAU, ALVORADA DO OESTE, RO: RESULTADOS PRELIMINARES

**Katia Regina Casula<sup>50</sup>, João Paulo Papaleo Costa Moreira<sup>51</sup>,  
Fernanda Dutra da Silva<sup>52</sup>, Hermerson Jose da Silva<sup>53</sup>, Renan  
Sampaio Freitas Oliveira<sup>54</sup> & Marcia Gomes da Silva de Oliveira<sup>55</sup>**

#### INTRODUÇÃO

A crise hídrica tem se agravado dia após dia em todos os pontos do mundo, seja com enchentes ou secas, provocadas por inúmeros usos e ações antrópicas que promovem o desequilíbrio ambiental. No Brasil, desde 2014 a falta de água tem se agravado, castigando principalmente a região Sudeste, onde os níveis dos reservatórios de abastecimento têm ficado abaixo do normal (CRUZ, 2014).

A região amazônica, mesmo sendo a maior bacia hidrográfica do mundo, também tem sido afetada por problemas hídricos, agravados com grandes enchentes e com secas severas, principalmente em áreas onde a ocupação humana e produtiva é

---

<sup>50</sup> Bióloga. Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente pela UNIR. Analista Ambiental da SEDAM. katiacasula2@gmail.com

<sup>51</sup> Engenheiro Ambiental. Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pelo ProfÁgua- UNIR. Analista Ambiental da SEDAM. eng.ambjoapaulo@gmail.com

<sup>52</sup> Engenheira Ambiental. Gestora Ambiental. Técnica em Gestão Ambiental da SEDAM. fernandadutras06@gmail.com

<sup>53</sup> Geógrafo. Mestre em Direitos Humanos, História, Território e Cultura no Brasil e América Latina. Analista Ambiental da SEDAM. vianaalvarenga@hotmail.com

<sup>54</sup> Engenheiro Florestal. Analista Ambiental da SEDAM. enanflorestal.sedam@gmail.com

<sup>55</sup> Médica Veterinária. Analista Ambiental da SEDAM. marciaoliveiracopam@gmail.com

mais intensa. A alteração na vegetação (desmatamento) tem modificado o regime hídrico, o que, conseqüentemente, promove a redução da disponibilidade e qualidade da água ao longo do ano. Assim, a recarga de aquíferos nos topos de morro e o escoamento superficial sofrem efeitos negativos (TAMBOSI et al., 2015).

De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) do Estado de Rondônia (2018), os principais impactos sobre os recursos hídricos estão relacionados às atividades antrópicas orientadas para o desenvolvimento econômico, como a expansão da fronteira agropecuária, responsável pelo desmatamento dos redutos florestais remanescentes e contaminação do solo e corpos d'água locais.

Os estudos realizados para a compilação do PERH (2018) apontaram que, sob a ótica do volume de água retirado para atendimento aos diferentes usos consuntivos, destaca-se o abastecimento animal, que, a partir dos anos 2000, passou a representar as maiores retiradas de vazões do estado, atingindo aproximadamente 40% da água consumida, seguido pelo setor de abastecimento humano urbano. A irrigação, a partir do ano de 2004, passou a apresentar uma tendência contínua de crescimento.

Essa mudança no uso de água e seus efeitos também pode ser observada no município de Alvorada D'Oeste que, nos últimos quatro anos, tem causado racionamento no abastecimento urbano. Nesse período, além dos efeitos provocados pela abertura de novas áreas para a pecuária, houve estímulo na produção de café clonal irrigado (SILVA, 2020). Pode-se observar também que nos últimos anos houve aumento na instalação de poços tubulares profundos na zona rural devido à falta de água para consumo humano.

Diante desta situação a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM) foi acionada pela Prefeitura Municipal de Alvorada D'Oeste em 2020, a qual mobilizou uma equipe técnica para um diagnóstico dos problemas que estão

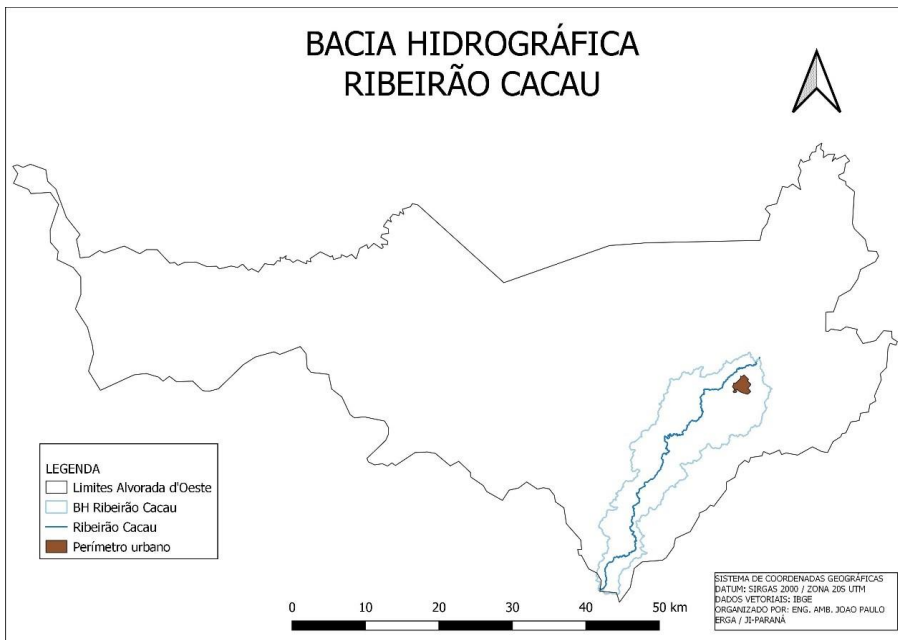


causando a crise hídrica no município, o qual terá os resultados preliminares aqui apresentados.

## DESENVOLVIMENTO

Inicialmente, os técnicos do Escritório Regional de Gestão Ambiental de Ji-Paraná (ERGAJPA) realizaram a delimitação da bacia do manancial e fizeram levantamento de dados bibliográficos. Após isso, realizaram vistoria em alguns pontos da área para um diagnóstico prévio da bacia do Ribeirão Cacau no mês de julho de 2020, no que concerne à identificação dos principais usos da terra e averiguação das outorgas emitidas na bacia.

A bacia hidrográfica do Ribeirão Cacau (Figura 1) ocupa uma área de 25.640,79 ha inserida totalmente no município de Alvorada D'Oeste.



**Figura 1 – Bacia Hidrográfica Ribeirão Cacau**

Este localiza-se na região central do estado, tem uma população estimada de 14.411 habitantes e possui sua economia baseada no setor primário, principalmente na agropecuária, predominando nessa área as pequenas propriedades rurais produtoras de gado, café, inhame, colorau e piscicultura (IBGE, 2019).

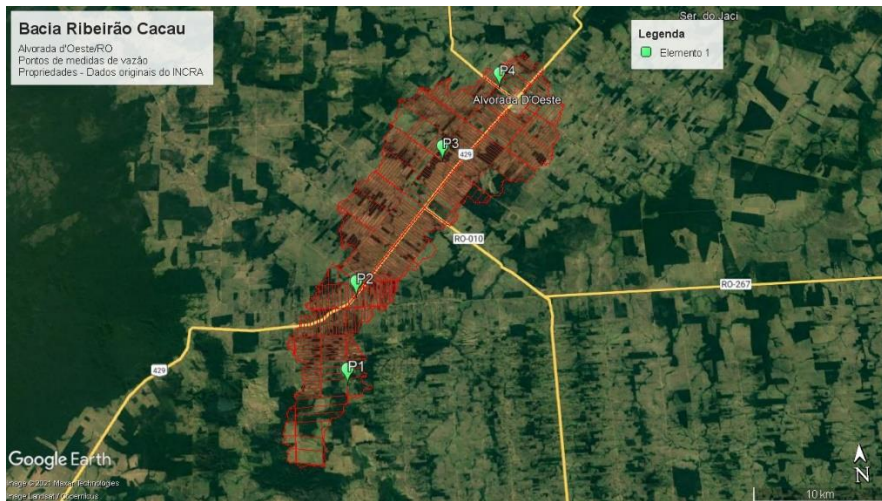
Silva (2020) identificou que na bacia do Ribeirão Cacau, até o ano de 2019, o uso e ocupação ocorria pelas seguintes classes: vegetação nativa (16,9%), cafeicultura (1,5%), pastagem (80,2%) e área urbana (1,3%), com crescimento dos usos por pastagem, cafeicultura e área urbana em detrimento da vegetação nativa, quando analisado o período de 2008 a 2019.

Assim, a metodologia adotada para o diagnóstico da bacia foi de fluxo descendente, ou seja, de montante a jusante, tendo os técnicos visitado todas as propriedades rurais que estavam total ou parcialmente inseridas na bacia. Nas visitas técnicas, os proprietários foram abordados com um formulário previamente definido onde eram requeridas informações sobre o uso da água, tanto doméstico quanto produtivo, permitindo estimativas de consumo diário por propriedade rural. Além da entrevista, eram observadas as condições da fonte de água, nascente ou igarapé/rio, e a sua área de preservação permanente.

Ao ser detectado o uso dos recursos hídricos sem a devida autorização do órgão ambiental, o proprietário recebia orientações e notificação para a regularização. As demais informações foram anotadas nas fichas de campo.

Além da busca por informações de uso, foi objeto deste trabalho também a quantificação da vazão existente no Ribeirão Cacau, o qual é responsável pelo abastecimento da cidade de Alvorada D'Oeste. Para as medidas de vazão foi utilizado o equipamento *Medidor de Vazão Acústico RiverSurveyor M9*. Foram escolhidos 4 pontos no curso principal, sendo 3 (P1, P2 e P3) à montante da captação e 1 à jusante (P4), nas seguintes

coordenadas: P1:  $11^{\circ}33'13.10''\text{S}/62^{\circ}25'23.86''\text{W}$ ; P2:  $11^{\circ}29'32.03''\text{S}/62^{\circ}24'54.58''\text{W}$ ; P3:  $11^{\circ}33'37.77''\text{S}/62^{\circ}20'48.33''\text{W}$ ; e P4:  $11^{\circ}20'15.45''\text{S}/62^{\circ}17'57.70''\text{W}$ , conforme a Figura 2. Até o momento foram feitas duas medidas, das quatro previstas, o que contemplará os períodos de cheia e seca e os intermediários.



**Figura 2** – Imagem da Bacia do Ribeirão Cacau, com demarcação original dos lotes pelo INCRA, e o pontos de medição de vazão  
**Fonte:** Google Earth Pro, 02/10/2020.

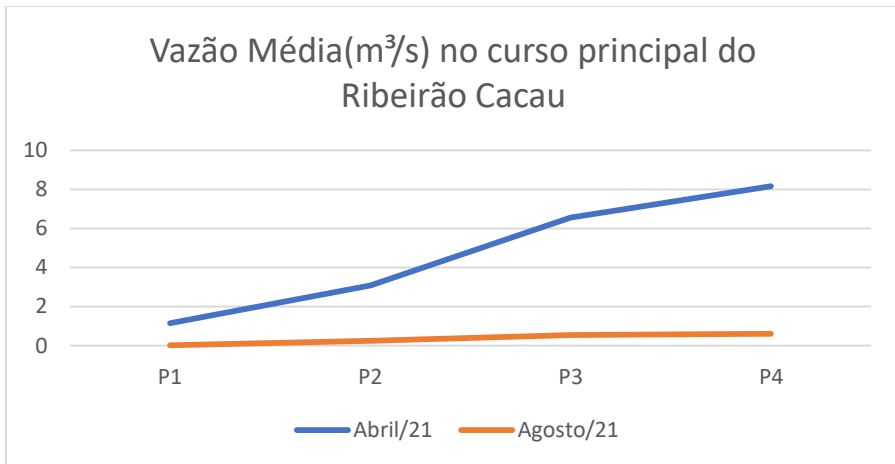
O diagnóstico em toda a bacia foi realizado no primeiro semestre de 2021, e contou com equipe técnica multidisciplinar, incluindo técnicos do ERGA Ji-Paraná e da Coordenadoria de Recursos Hídricos da Sedam em Porto Velho.

Até o momento, podem-se destacar alguns resultados preliminares:

- Total de propriedades rurais visitadas: 356
- Notificações: 255 (falta de outorga de recursos hídricos, falta de regularização de poço tubular profundo, falta de Cadastro Ambiental Rural – CAR, regularização de captação para abastecimento urbano e para lançamento de esgoto tratado).

- Área de Preservação Permanente (nascentes): 68% desflorestada, 23% parcialmente florestada e 9% florestada.

- Vazão média em 4 pontos no Ribeirão Cacau, sendo um à jusante do Ponto de Captação (P04). A primeira medição foi em abril (dias 20 e 21) e a segunda em agosto (dia 3). Os resultados podem ser observados na Figura 3.



**Figura 3** – Vazão média de água no Ribeirão Cacau medidas em dois períodos do ano

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

São nítidos a escassez e o mau uso dos recursos hídricos na região. Não apenas no abastecimento urbano, mas também em algumas propriedades rurais foram detectadas falta de água para consumo humano no período crítico de estiagem, explicitado nos resultados já obtidos: a queda brusca da vazão no mês de agosto.

É possível observar que a vazão média não seguiu o mesmo padrão de diminuição, ou seja, a jusante tem muito menos água proporcionalmente, implicando dizer que os tributários não estão contribuindo com o curso principal, ou ainda que a captação está sendo maior que a capacidade do corpo hídrico em se manter com a vazão mínima necessária.

As áreas de preservação permanente sofrem com o acesso do gado em todo o curso, com erosão, assoreamento e falta de vegetação, entre tantas outras. A bacia do Ribeirão Cacaú é bastante rica em nascentes, contudo estas se encontram em sua maioria desflorestadas, inclusive as nascentes que dão origem ao Ribeirão, fator este que é preocupante, uma vez que a produção de café clonal do município tem sido alavancada e cada vez mais tem requerido água para sua sustentabilidade. Estima-se que em toda a bacia existam aproximadamente 200 nascentes a serem recompostas.

Santos (2021) chama a atenção para a dinâmica hidrogeológica de toda a bacia, pois toda ela contribui para a infiltração da água no solo e surge como um “sangramento” do lençol freático chamado nascente. Assim, segundo ele, a política de produção de água deve abranger um amplo programa de recuperação da capacidade de infiltração de água de chuva em toda a bacia de contribuição. Contudo, solos descobertos de vegetação fazem com que a velocidade da água das chuvas seja maior, e ela pouco se infiltra, gerando mais erosão e assoreamento. A necessidade de recuperação destas áreas se mostra urgente não apenas para o cumprimento do Código Florestal, mas também pela sua função de proteger os cursos d’água, permitir a infiltração da água no solo, entre outras funções vitais para um ambiente sustentável.

Ao finalizar a composição dos dados, a equipe técnica pretende propor ações para que esses objetivos sejam alcançados, porém já se sabe que deverão ser executadas a várias mãos, com participação dos governos locais e estadual, assim como da população como um todo.

## REFERÊNCIAS

CRUZ, F. **São Paulo sofreu pior crise de água de sua história em 2014**. Agência Brasil - São Paulo. Matéria publicada em 24/12/2014. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2014-12/sao-paulo-sofreu-pior-crise-de-agua-da-sua-historia-em-2014>>. Acesso em: 22 ago. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População estimada: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/alvorada-doeste/panorama>>. Acesso em: 16 out. 2019.

SANTOS. A.R. As Nascentes no Código Florestal. **Revista Ambiente Legal**, 22/03/2021, Edição Ana A. Alencar. Disponível em: <<https://www.ambientelegal.com.br/as-nascentes-no-codigo-florestal/>>. Acesso em: 13 set. 2021.

SILVA, F. M. **Microbacia do rio Ribeirão Cacaú em Alvorada D’oeste – RO: análise socioambiental em decorrência da expansão cafeeira**. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos). Universidade Federal de Rondônia. Ji-Paraná. 2020.

TAMBOSI, L. R.; VIDAL, M. M.; FERRAZ, S. F. B.; METZGER, J. P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 151-162, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142015000200010>>. Acesso em: 22 ago. 2021.

UNESCO. WWDR 2017. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2017 – **Resumo Executivo: Águas residuais: O recurso inexplorado**. Disponível em <[https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247552\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247552_por)>. Acesso em: 14 ago. 2021.

## CAPÍTULO 17

### OCORREU DECOADA NO RIO SÃO MIGUEL, SERINGUEIRAS/RO NO ANO DE 2020?

**Márcia Gomes da Silva de Oliveira<sup>56</sup>, Vanderli Alves Trindade<sup>57</sup>,  
Renan Sampaio Freitas Oliveira<sup>58</sup>, Fernanda Dutra da Silva<sup>59</sup>,  
Nathália Luzia Cardoso Marcelino<sup>60</sup> & João Paulo Papaleo Costa  
Moreira<sup>61</sup>**

#### INTRODUÇÃO

A decoada é descrita principalmente em áreas do Pantanal meridional, resultado do gradiente de água e do fluxo lento do rio Paraguai. Em áreas do norte do Pantanal, esse fenômeno foi representado como baixa intensidade (OLIVEIRA et al., 2013). Todas essas inter-relações promovem a ocorrência do fenômeno natural de deterioração da qualidade da água (decoada), capaz de causar a morte de peixes, de acordo com sua magnitude (FERRAZ DE LIMA et al., Sd; RESENDE et al., 1990).

Essa atividade ecossistêmica muito intensa promove a oxidação da matéria orgânica por bactérias e pode consumir todo o oxigênio dissolvido (OD) na coluna d'água, tornando gradativamente os ambientes hipóxicos ou anóxicos, e liberando

---

<sup>56</sup> Médica Veterinária. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM. marciaoliveiracopam@gmail.com

<sup>57</sup> Pedagogo. Polícia Militar do Estado de Rondônia. trindadegoe@hotmail.com

<sup>58</sup> Engenheiro Florestal. SEDAM. enanflorestral.sedam@gmail.com

<sup>59</sup> Gestora Ambiental. Engenheira Ambiental e Sanitarista. SEDAM. fernandadutras06@gmail.com

<sup>60</sup> Engenheira Agrônoma. SEDAM. nathaliasedam@gmail.com

<sup>61</sup> Engenheiro Ambiental. SEDAM. eng.ambjoapaulo@gmail.com

dióxido de carbono livre (CO<sub>2</sub> livre) (HAMILTON et al., 1995; ANDRADE et al., 2014). Além disso, como resultado da intensa decomposição, há uma mudança nos parâmetros físicos e químicos da água (transparência da água, pH, condutividade elétrica, concentração de gás dissolvido - oxigênio, dióxido de carbono e metano, nutrientes - nitrogênio, carbono e fósforo, e material em suspensão) (CALHEIROS et al., 1997). Esse fenômeno influencia a ciclagem de nutrientes (ciclos biogeoquímicos) e a transferência de energia entre os elos da cadeia trófica, que são os fatores que medeiam as interações entre os ambientes terrestre e aquático em áreas alagadas.

A Resolução CONAMA 357/05, por exemplo, limita a concentração de oxigênio ao mínimo de 5 mg/l e o pH entre 6 e 9,0 a ser considerada de qualidade para usos em a) abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) a proteção das comunidades aquáticas; c) a recreação de contato principal, como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n.º 274, de 2000; d) irrigação de hortaliças, fruteiras e parques, jardins, campos desportivos e de lazer, com os quais o público pode ter contacto directo; e e) aquicultura e pesca, (BRASIL, 2005).

No ano de 2020, precisamente aos vinte e três dias do mês de dezembro, a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM foi acionada através do Ministério Público para que uma equipe de fiscalização atendesse a demanda que citava mortandade de peixes na Comunidade de Remanescentes de Quilombolas – Quilombo de Jesus, (Coordenadas Geográficas 12°10'29.17"S 63°7'3.46"W) às margens do Rio São Miguel no município de Seringueiras/RO. Com o objetivo de apurar as prováveis causas de mortandade de peixes identificada por moradores locais, o que gerou, inclusive, comoção por parte dos moradores da referida Comunidade Quilombola, sendo realizada fiscalização *in loco*.



Dessa maneira, ocorreu no Rio São Miguel a mortandade de peixes sem nenhum registro de incremento de matéria ou energia que pudesse alterar a qualidade do corpo hídrico para gerar esta anomalia, levando a acreditar que a morte dos peixes poderia estar relacionada ao fenômeno da decoada. Assim, o objetivo deste trabalho é expor os acontecimentos que ocorreram em 2020 no referido rio, buscando-se difundir o conhecimento acerca desse fenômeno e o efeito da decoada sobre o Rio São Miguel.

## **DESENVOLVIMENTO**

### **Relato de caso do fenômeno da decoada**

A comunidade tem sua formação a partir da década de 1940, às margens do Rio São Miguel, afluente do Rio Guaporé. Em conversa, os Quilombolas declararam que não é o primeiro ano que ocorre a mortandade de peixes na região, e informaram que em 2019 ocorreu fato semelhante: vários peixes e arraias morreram misteriosamente após chuvas intensas. Em pesquisa rápida foi possível observar que em 2018 um fenômeno natural parecido denominado de “decoada” ou “dequada” ocorreu no Rio São Miguel. A Figura 1 mostra a margem do Rio São Miguel com peixes mortos nas proximidades das margens.

Dados da Agência Nacional de Águas – ANA, Estação Convencional Código 1163000, mostraram ocorrência de chuvas no ano de 2019 no mês de dezembro (63,3 mm), o que poderia gerar o fenômeno. Em 2020, para o mesmo período, não foram coletados dados, ou não estão disponibilizados.



**Figura 1** – Peixes mortos nas proximidades das margens do Rio São Miguel.

A decoada é um fenômeno natural das águas que geralmente ocorre no início das chuvas, quando grande quantidade de matéria orgânica, folhas e galhos são levados para dentro do rio e começa a se decompor, reduzindo a quantidade de oxigênio na água e provocando a morte em massa dos peixes. Esse fenômeno é caracterizado pela alteração das características da água, como cor, odor, oxigênio dissolvido, gás carbônico dissolvido, pH, condutividade elétrica, nutrientes (nitrogênio, fósforo, carbono), demanda bioquímica de oxigênio, dentre outras. Outra questão importante é que rios de águas negras se formam em áreas com solos encharcados e alagáveis, que possuem muito material orgânico dissolvido.

A água preta é extremamente pobre em sais minerais, nutrientes e eletrólitos devido à pouca movimentação e ao suave relevo das suas regiões de origem, sendo que o movimento de

bateção das águas é um importante responsável pela oxigenação da água.

Diante dos fatos, uma arraia pintada (*Potamotrygon falkneri*) em estado agonizante foi coletada do Rio São Miguel, abatida, e foi necropsiada ainda em campo (*in loco*) (Figura 2). Em análise externa o animal apresentava-se com características próprias para a espécie, com movimentos lentos, sendo que procurava pelas margens do rio, em especial pelas águas rasas. É possível identificar esse comportamento em animais da mesma espécie. Após a insensibilização por concussão cerebral, foi efetuado o abate do animal por perfuração cranioencefálica e efetuada a abertura das cavidades do animal, sendo possível identificar vísceras com aparência e consistência normais para a espécie. Nenhum odor, coloração ou textura indicava doenças metabólicas ou infecciosas, ou mesmo contaminação por agrotóxicos.



**Figura 2** – Exemplar de arraia pintada em estágio agonizante às margens do Rio São Miguel. Notar a coloração característica das águas.

Considerando os relatos dos moradores locais, em ocorrência de fenômeno semelhante anteriormente a mortandade de peixes diminuiu e/ou cessou após chuvas amenas (de menor volume de água). Relatos apontam que na foz, no Rio Guaporé, onde o Rio São Miguel deságua, a mortandade de peixes não foi observada; pode-se inferir que essa ocorrência de mortandade de peixes no Rio São Miguel, na Comunidade Quilombola de Jesus, pode se tratar do fenômeno natural conhecido por decoada. No entanto, estudos mais aprofundados deverão ser realizados para comprovação, se a ocorrência de mortandade de peixes na mesma região for observada futuramente.

Por fim, vale destacar a importância da continuidade deste estudo, desde a avaliação da qualidade dos cursos d'água, extremamente importante, devendo ser testada de acordo com a particularidade de cada bacia hidrográfica, para propor medidas adequadas à gestão ambiental e de recursos hídricos.

## **CONCLUSÃO**

Desta forma, a ocorrência de mortandade de peixes no Rio São Miguel em conjunto com a alteração da qualidade da água, no que tange aos parâmetros recomendados pela legislação nacional, deverão ser melhor estudadas para a obtenção de resultados precisos sobre a ocorrência de fenômeno natural ou outro de natureza antrópica. Sua ocorrência não é contínua e é principalmente iniciada pelo aumento repentino das chuvas. A ocorrência é notada principalmente em corpos marginais com vazões mais lentas, no entanto, é preciso investigar se ocorreu fenômeno da decoada natural, mesmo em baixa intensidade, e se afetou significativamente a qualidade da água de acordo com os parâmetros utilizados conforme legislação nacional.

## AGRADECIMENTOS

Sinceros agradecimentos à Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM e ao Batalhão de Polícia Ambiental – BPA do Estado de Rondônia pelo apoio prestado durante a execução dos trabalhos.

## REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Séries Históricas. Estações Convencionais.** Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em: 16 set. 2021.

ANDRADE, M. H. S.; BRANDIMARTE, A. L.; CALHEIROS, D. F.; TAMBOSI, L. **Caracterização limnológica de dois ambientes de área de inundação do rio Paraguai, Pantanal de Mato Grosso do Sul, com ênfase no fenômeno da ‘decoada’.** In: **Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, 5. Anais. Campo Grande: INPE, 2014. p.220-230.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <[http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=450](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450)>. Acesso em: 20 ago. 2021

CALHEIROS, D. F.; FERREIRA, C. J. A. **Alterações limnológicas no rio Paraguai (‘Dequada’) e o fenômeno natural de mortandade de peixes no Pantanal Matogrossense/MS.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Corumbá: EMBRAPA Pantanal, 1997.

FERRAZ DE LIMA, J.A.; CONCEIÇÃO, P.N.; FERRAZ DE LIMA, C.L.B. **Considerações sobre um fenômeno de auto-poliuição no**

**Pantanal de Mato Grosso.** Relatório. [s.l.]: [s.n.], s.d. 9p.  
Datilografado.

HAMILTON, S. K.; SIPPEL, S. J.; MELACK, J. M. Oxygen depletion and carbon dioxide and methane production in waters of the Pantanal wetland of Brazil. **Biogeochemistry**, v.30, p.115-141, 1995.

OLIVEIRA, M. D.; CALHEIROS, D. F.; PADOVANI, C. R. Mapeamento e descrição das áreas de ocorrência dos eventos de decoada no Pantanal. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v.121, p.1-21, 2013.

RESENDE, E.K. de; FERREIRA, C.J.A.; CALHEIROS, D.F.; NASCIMENTO, F.L. **Alterações na qualidade da água durante a mortandade de peixes no rio Paraguai, Pantanal Mato-Grossense.** Congresso Brasileiro de Limnologia, 3., 1990, Porto Alegre. Resumos. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Limnologia/UFRGS, p.183, 1990.



## Eixo 3

# Teoria e métodos de pesquisa em recursos hídricos



**Foto:** Amapá, registro fotográfico de Vanessa Stefannie Rodrigues da Gama

## CAPÍTULO 18

### ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO, EVAPOTRANSPIRAÇÃO E BALANÇO HÍDRICO CLIMÁTICO DO MUNICÍPIO DE TUPÃ-SP

**Aliny Maldonado dos Santos<sup>62</sup> & José Tadeu Garcia Tommaselli<sup>63</sup>**

#### INTRODUÇÃO

No gerenciamento de recursos hídricos, a hidrologia surge como um quesito de fundamental importância quando os assuntos são o manejo e planejamento de ações para o desenvolvimento da política hídrica em um município ou em uma bacia hidrográfica. Dados hidrológicos como vazão, disponibilidade de água nos rios e aquíferos, escoamentos superficiais, subsuperficiais e subterrâneos, capacidades de canal, tamanho adequado de reservatório de armazenamento, entre outros, são importantes para o entendimento da interação da hidrologia com os sistemas naturais. Possibilitam ainda o entendimento das consequências das modificações efetuadas nos sistemas hidrológicos pelos usos da água e outras atividades humanas e, assim, evitar desastres como inundações e enchentes ou crises hídricas.

Deve-se atentar aos usos da água, sendo considerados usos consuntivos (abastecimento urbano, industrial, dessedentação de animais e irrigação) e usos não consuntivos (geração de energia elétrica, navegação e recreação, manejo ambiental, drenagem

---

<sup>62</sup> Mestranda em Geografia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, Campus de Presidente Prudente. alinymaldonado@gmail.com

<sup>63</sup> Professor da UNESP, Campus de Presidente Prudente.  
tadeu.tommaselli@unesp.br



urbana e de cheias, e manejo de sedimentos. Segundo a ANA (2019, p. 09), os principais usos consuntivos no país são “[...] o abastecimento humano (urbano e rural), o abastecimento animal, a indústria de transformação, a mineração, a termoelectricidade, a irrigação e a evaporação líquida de reservatórios artificiais”. A irrigação é responsável por “[...] 52% das retiradas de água, seguida pelo abastecimento urbano (23,8%), indústria de transformação (9,1%) e abastecimento animal (8%), sendo que o abastecimento urbano ocorre [...] de forma concentrada no território, acarretando em crescente pressão sobre os sistemas produtores de água” (ANA, 2019).

O estudo sobre a escassez da água de mananciais subterrâneos relacionados com o avanço da impermeabilização nas cidades e o risco de escassez desses mananciais, como análises da precipitação, o escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo, bem como os déficits e excedentes de água nos solos através de balanços hídricos, são importantes subsídios para gestores municipais na busca de uma melhoria de usos de gerações atuais e futuras, bem como também contribuem para amenizar e/ou minimizar tais ameaças.

Este artigo tem por objetivo realizar uma análise da precipitação, evapotranspiração e do balanço hídrico na sede do município de Tupã, através de uma ferramenta virtual de sensoriamento remoto da NASA (NASA, 2021) conhecido como Giovanni. O estudo justifica-se ao gerar dados de apoio para a tomada de decisão, por parte do poder público, sobre o manejo das águas que ocorrem no perímetro urbano, a fim de prevenir déficits na infiltração de água em mananciais subterrâneos, que são utilizados como fonte de abastecimento urbano.

## **A HIDROLOGIA E O MANEJO DAS ÁGUAS URBANAS**

No Brasil, a lei 9.433/97 da política nacional de recursos hídricos, conhecida como lei das águas, reconhece em seu artigo 1º

como uso prioritário dos recursos hídricos, em situação de escassez, o consumo humano e a dessedentação animal (sendo o consumo considerado o urbano e o rural) (BRASIL, 1997). Segundo ANA (2019, p. 16), estima-se que em 2017 foram retirados 496,2 m<sup>3</sup>/s para abastecimento urbano e 34,5 m<sup>3</sup>/s para uso rural. Esses valores representam 23,8% e 1,7% do uso consuntivo total do país, desconsiderando a evaporação líquida de reservatórios artificiais”. A demanda por água no país é alta e estima-se, segundo ANA (2019, p. 11) um [...] aumento estimado de aproximadamente 80% no total retirado nas últimas duas décadas, com previsão de aumento de 24% na demanda até 2030.

É muito comum, em diversos municípios brasileiros, a captação subterrânea de água e/ou em mananciais presentes nas localidades. Estes podem estar em risco em relação ao uso das futuras gerações, já que a demanda vem aumentando com o aumento da população, mas a reposição de água através do ciclo hidrológico não ocorre nos mesmos níveis de velocidade que os usos preponderantes exigem. Em muitos municípios, é possível observar também processos de degradação ambiental dos corpos hídricos com o descarte irregular do lixo, falhas no tratamento dos efluentes industriais e domiciliares, bem como a poluição dos aquíferos através de processos industriais e agrícolas (muito presente em todo o país), por meio da poluição do solo por fertilizantes químicos e agrotóxicos.

No município de Tupã, por exemplo, segundo análises microbiológicas e físicas e químicas realizadas por Santos (2018, p. 78) em uma avaliação de 25 poços de soluções alternativas de abastecimento, os resultados revelaram uma porcentagem contaminada de 11 amostras (44%) com coliformes totais e 3 (12%) apresentaram *Escherichia coli*. O autor salienta que todas as amostras com presença de coliformes totais e *E. coli* não apresentavam cloro residual livre (CRL). Ainda segundo o autor, as contaminações das águas dos poços estão relacionadas às contaminações microbiológicas decorrentes da presença dos

microrganismos coliformes totais e *E. coli*, e química, devido à presença de nitrato (SANTOS, 2018, p. 78).

### **Precipitação Pluviométrica, Evapotranspiração e Balanço Hídrico Climatológico**

A hidrologia, segundo Segundo Chow (1962): “Hidrologia é a ciência que trata da água na Terra, sua ocorrência e sua relação com o meio ambiente, incluindo sua relação com as formas vivas”; estuda as propriedades físicas e químicas, sua circulação e distribuição espacial bem como a sua relação com os seres vivos.

Ao se considerar a estrutura física de uma bacia de drenagem, deve se levar em conta o corpo freático, o escoamento superficial, subsuperficial, subterrâneo (sendo processos fundamentais os de transpiração, evaporação e precipitação), a infiltração, as zonas saturadas e não saturadas, e a zona de flutuação do nível freático. Alguns conceitos fundamentais da hidrologia consideram a água subterrânea como uso reserva para momentos catastróficos, não sendo possível sua captação através de mananciais ou escoamento superficial. Alguns fatores são associados ao movimento da água pelo solo, como a permeabilidade, porosidade do solo, potencial e matriz do solo, entre outros.

Em processos de gestão de bacias, é importante saber como a chuva será parcelada e o volume de água que vai contribuir para o escoamento dos cursos d’água. A precipitação pluviométrica, ou chuva, segundo Hatwig (2012, p. 47), é o processo pelo qual a água volta à terra pela condensação do vapor d’água contido na atmosfera. A intensidade pode ser fraca (até 2,5 mm/h), moderada (de 2,5 até 7,5 mm/h) e forte (intensidade superior a 7,5 mm/h); é dividida entre infiltração e escoamento, considerando que a infiltração vai diminuindo com o tempo (REICHARDT et al., 1955). É expressa, segundo Silva (2006, p. 353), em termos da espessura da camada d’água que se formaria sobre uma superfície horizontal,

plana e impermeável, com 1 metro quadrado de área. Ainda segundo o autor, a unidade adotada é o milímetro, que corresponde à queda de um litro de água por metro quadrado da projeção da superfície terrestre (SILVA, 2006, p. 353).

A disponibilidade de precipitação em uma bacia hidrográfica no decorrer do ano, segundo Hatwig (2012, p. 47), é um “[...] fator determinante para quantificar, entre outros, a necessidade de irrigação de culturas, abastecimento de água doméstico e industrial” e a determinação da intensidade da chuva pode colaborar para o controle de erosões hídricas e inundações. Ainda segundo o autor, as principais características são “[...] o seu total, duração e distribuição temporal e espacial”. Áreas com capacidade de infiltração de águas limitadas ou impermeáveis (como com solos muitos argilosos, compactados, alterados via ação antrópica, solos nus ou gramados) possuem baixa capacidade de infiltração e percolação da água, a geração de escoamento superficial é quase que imediata e a infiltração é mínima e pode ser considerada nula, dependendo da escala de análise.

A contribuição da evapotranspiração no escoamento dos corpos hídricos em bacias hidrográficas vem através do armazenamento da água no solo. Segundo ANA (2020, p. 08), a evapotranspiração abrange “[...] tanto a evaporação da água contida na superfície do solo e da vegetação quanto a transpiração das plantas, ou seja, representa o total de água transferida da superfície terrestre para a atmosfera”. Ainda cita o autor que 75% da precipitação no Brasil retorna à atmosfera através da evapotranspiração. ANA (2020, p. 08) cita que vários fatores, como o clima, o tipo de solo, o uso da terra e o manejo da água, podem influenciar a evapotranspiração, como também variáveis climáticas (radiação, temperatura, umidade relativa do ar e ventos).

O Balanço Hídrico Climático é uma metodologia desenvolvida por Thornthwaite e Mather, em 1957, que consiste,

segundo Silva (2006, p. 430), em se efetuar a contabilidade hídrica do solo até a profundidade explorada pelas raízes, computando-se sistematicamente todos os fluxos hídricos positivos (entrada de água no solo) e negativos (saída de água do solo). Ela computa as entradas e saídas de água da atmosfera em uma bacia e pode ser realizada em diversas escalas, desde em microbacias até toda a extensão da área de drenagem de uma bacia hidrográfica. Avalia a quantidade de água no sistema, quanto foi evapotranspirado, quanto escoou, o armazenamento de água no solo, o excedente e deficiências hídricas.

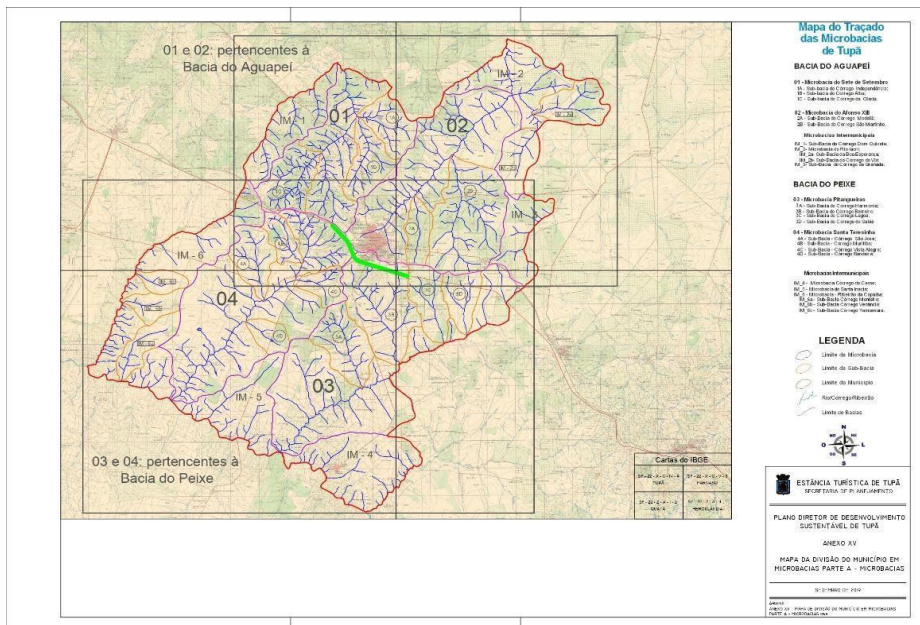
Hatwig (2012, p. 71) cita que, em um balanço hídrico, se a quantidade de água que entra ( $Q_e$ ) neste volume de solo num período  $t_2 - t_1$  for maior do que a quantidade de água que dele sai ( $Q_s$ ), durante o mesmo período, o saldo de água será positivo, e se sair mais do que entrar, negativo. Segundo o autor, esse saldo de água no solo é alcançado pela variação de armazenamento de água durante o período considerado. Se considerarmos um período de tempo longo (20 – 30 anos) espera-se que os ganhos e/ou perdas de água sejam nulos, mantendo-se o equilíbrio hídrico.

O aplicativo Giovanni, desenvolvido pela NASA, permite, segundo a própria agência (NASA, 2020), a visualização de parâmetros geofísicos selecionados. Conforme Acker et al. (2014, p. 1373), criado em 2003, esse aplicativo de interação virtual geoespacial e de infraestrutura de análise fornece acesso a uma ampla variedade de dados de sensoriamento remoto da NASA e outros conjuntos de dados de ciências da Terra, permitindo que os pesquisadores apliquem dados selecionados a uma ampla gama de tópicos de pesquisa. O Giovanni tem a missão de monitorar, além de vários elementos geofísicos, toda água da chuva tropical, sendo possível elaborar mapas com dados de sensoriamento remoto com diversos valores de dados e séries temporais de média de áreas, perfis verticais de variáveis atmosféricas, animações, histograma. Os conteúdos a serem disponibilizados são sobre, segundo a NASA (2020), aerossóis, química da atmosfera, dinâmica da atmosfera,

hidrologia, oceanografia, água e ciclo energético. As medições que podem ser feitas são: pressão atmosférica, temperatura do ar, altitude, CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, energia, evapotranspiração, precipitação, geopotencial, nitrato, runoff, radiação, entre diversas outras (NASA, 2020).

## ÁREA DE ESTUDO

O município da Estância Turística de Tupã está situado na região centro-oeste do estado de São Paulo denominada Alta Paulista, com altitude média de 524 m, localizada na latitude 21° 56' 06" S e longitude 50° 30' 50" 40" W, e faz limites com os municípios de Arco-Íris, Bastos, Borá, Iacri, Quatá e Queiroz (Figura 1) (TUPÃ, 2015).



**Figura 1 – Mapa do Traçado das Microbacias de Tupã**

O clima da cidade é tropical, que, segundo a classificação de KöppenGeiger, é Aw (com estação seca no inverno e chuvosa no verão). A temperatura média anual de Tupã é 23 °C, e a

pluviosidade média anual é de 1.385 mm (CLIMATE- DATA.ORG, 2021).

O município possui: área territorial de 627,986 km<sup>2</sup>; população estimada em 65. 570 mil pessoas (segundo dados do ano base 2019); densidade demográfica 100,99 hab./km<sup>2</sup> (dados do ano base 2010); e Índice de Desenvolvimento Humano municipal (IDHM) de 0,771. Possui esgotamento sanitário considerado adequado (atendendo a 97,4% de domicílios), 96,2% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização, 26,8% das vias públicas urbanizadas, e encontra-se dentro do bioma Mata Atlântica (IBGE, 2020). No quesito arborização, segundo Tupã (2013, p. 02), em áreas privadas da Estância Turística de Tupã, ela deverá ser proporcional às dimensões do local, respeitando-se o paisagismo da região ao qual pertence e os critérios do artigo anterior.

Segundo a ANA (2021), o município da Estância Turística de Tupã possui a avaliação de abastecimento urbano satisfatório, com demanda urbana de 168 L/s. A empresa prestadora de serviços de captação e distribuição é a SABESP, sendo por sistemas isolados com captação por poços. A economia e o uso e ocupação da estância turística de Tupã, segundo Tupã (2020), são baseados fortemente na agricultura (com destaque para o cultivo do amendoim, sendo o maior produtor do estado), pecuária e comércio. Um dos destaques são empresas de fotografia de eventos e formaturas, e para a indústria moveleira, que vem crescendo consideravelmente (TUPÃ, 2020).

A cidade é banhada pelas bacias hidrográficas do Rio Aguapeí e Rio do Peixe e seus diversos tributários, como consta no Mapa do Traçado das Microbacias de Tupã (TUPÃ, 2019) (Figura 1). Sendo os principais: Afonso XIII, Sete de Setembro, Iacri, Pitangueiras, Copaíbas e Santa Teresinha. O município é um dos poucos no estado que é abastecido totalmente pelo Aquífero Guarani (TUPÃ, 2015). No mapa abaixo das microbacias urbanas do município, encontram-se: enumerado com 01- microbacia do Sete de



Setembro; 02 - microbacia Afonso XII e algumas intermunicipais (todas pertencentes à Bacia do Rio Aguapeí); 03- microbacia do Rio Pitangueiras; e 04- microbacia Santa Terezinha e algumas intermunicipais (todas na Bacia do Rio do Peixe).

## **METODOLOGIA**

Os estudos sobre dados mensais de precipitação e evapotranspiração, e o balanço hídrico climático foram executados para a sede do município da estância turística de Tupã, com dados georreferenciados a partir do ponto localizado no paço municipal. A sede fica localizada em uma região central, muito urbanizada, em frente de uma praça da bandeira, local onde também se encontra a igreja matriz de São Pedro.

Para este estudo foram utilizados dados de uma série histórica entre os anos de 1998 e 2019, contendo variáveis de precipitação pluvial média mensal e evapotranspiração potencial, cujos dados permitiram calcular a evapotranspiração real, deficiência, excedentes, alterações e armazenamento de água no solo.

Na extração de dados diários de precipitação, foi utilizada a ferramenta virtual de sistema de análises de dados da NASA, Giovanni, que acessa diferentes tipos de dados geofísicos (sensores remotos, medidas e resultados de modelos). As coordenadas utilizadas foram da sede oficial do município de Tupã (latitude 21° 56' 06" S e longitude 50° 30' 50',40" W), com o retângulo envolvente (-50.6, -22, -50.4,-21.8). Utilizou-se o conjunto "precipitation rate (trmm\_3b42\_daily v7)" com o intervalo de tempo entre 1° de janeiro de 1998 e 31 de dezembro de 2019. Foi estabelecido o critério de média espacial do retângulo envolvente definido (*time series, area averaged*). Através das informações coletadas, foi gerada uma planilha com dados médios mensais de precipitação com base na localização da sede do município.



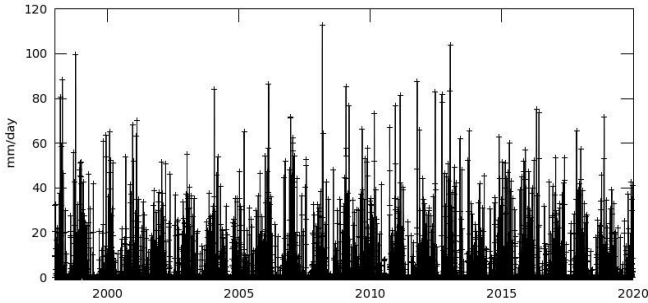
Para dados de evapotranspiração potencial, como não estava disponível uma série temporal que contivesse os mesmos anos aplicados à precipitação, optou-se por utilizar dois conjuntos, sendo eles o evapotranspiration water h (gldas\_clsm025\_d v2.0) de janeiro de 1948 a dezembro de 2014, e o evapotranspiration (gldas\_clsm025\_da1\_d v2.2) de janeiro de 2003 a junho de 2020. Foi utilizado o mesmo critério de média espacial para a série temporal. Os dados foram processados e compilados em apenas uma planilha.

Para o cálculo do balanço hídrico climático, foram utilizados dados de precipitação e evapotranspiração potencial analisados e dispostos em uma planilha, segundo o procedimento original de Thornthwaite e Mather (1955). A capacidade de água disponível (cad) utilizada foi de 125 mm/m. Na aferição dos dados, foram utilizadas as seguintes premissas para comparações dos valores: 1) a soma de alt (alteração) é igual a 0 – (soma de alt = 0); 2) a soma (precipitação menos evapotranspiração potencial) é igual à soma de precipitação menos evapotranspiração potencial (soma (p-etp)= soma p – soma etp); 3) a soma de evapotranspiração potencial é igual à soma evapotranspiração real e mais soma das deficiências (soma (etp) = soma etr + soma def); 4) soma da precipitação é igual à soma da evapotranspiração real + soma dos excedentes (soma (p)= soma etr + soma exc).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Figura 2 são apresentadas as médias mensais/anuais de precipitação pluviométrica. O mês com histórico mais chuvoso do município, segundo a série temporal analisada de 1998 a 2019, é o mês de janeiro, seguido dos meses de fevereiro, dezembro, março e abril, sendo que em janeiro de 1999 o volume de precipitação chegou ao pico máximo de 252,7 mm.

Time Series, Area-Averaged of Precipitation Rate daily 0.25 deg. [TRMM TRMM\_3B42\_Daily v7] mm/day over 1998-01-01 01:30Z - 2019-12-31 01:29Z, Region 50.6W, 22S, 50.4W, 21.8S



- The user-selected region was defined by 50.6W, 22S, 50.4W, 21.8S. The data grid also limits the analyzable region to the this point: 50.825W, 21.875S. This analyzable region indicates the spatial limits of the subsetted granules that went into making this visualization result.

**Figura 2** - Histograma de dados mensais de precipitação, gerado através de localização da sede do município de Tupã, dos anos de 1998 a 2019.

O período com histórico mais seco coincide justamente com períodos de inverno, compreendendo os meses de maio, junho, julho e agosto. O mês mais seco é o mês de junho, seguido por julho, agosto, maio e abril. Nesse contexto, destacam-se junho de 2002, agosto de 2010 e julho de 2017 como meses em que não foram registradas chuvas na localidade. O ano mais chuvoso foi o de 1998, em seguida vêm os anos de 2007, 2013, 2001 e 1998. O ano mais seco foi o de 2016, seguido de 2002, 2010, 2012 e 2019.

A maior precipitação diária registrada neste estudo foi de 112,8 mm/dia, em 4 de março de 2008. Em seguida, 103,7 mm/dia foram registrados em 14 de janeiro de 2013, em 16 de outubro de 1998 foram registrados 99,7 mm/dia, e dia 16 de abril do mesmo ano, um volume de 88,4 mm/dia. As maiores médias mensais foram nos meses de janeiro (179 mm/mês), fevereiro (151 mm/mês) e dezembro (143 mm/mês). E as mais baixas foram nos meses de junho (41 mm/mês), julho (45 mm/mês) e agosto (com médias mensais de 54 mm/mês).

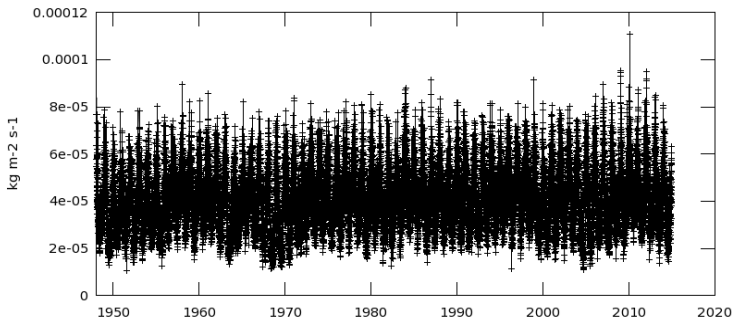
## **Histograma de médias mensais de Evapotranspiração Potencial**

Segundo dados obtidos em planilhas na série histórica de 1998 a 2019, o mês com maior taxa de evapotranspiração é janeiro, totalizando 3011mm, seguido pelo mês de dezembro, cujo total é de 2940,563 mm, março, com 2858,153 mm, e fevereiro, com um total de 2805, 873 mm.

No que tange ao mês de janeiro, o ano com mais taxas de evapotranspiração foram os de 1998 (166 mm) e 2014 (166 mm), seguidos de 2002 (160 mm) e 2001 (159 mm). A maior média também foi em janeiro, chegando a 137 mm, seguido de dezembro (134 mm), março (130 mm) e fevereiro (128 mm). Esses dados coincidem com dados de precipitação e principalmente com a estação chuvosa na região, que tem início em meados de novembro e segue até final de março, quando taxas de precipitação caem similarmente com as taxas de evapotranspiração (Figura 3).

O ano com maior valor acumulado foi o de 2002, com 1398 mm/mês, seguido por 1998, com 1395 mm/mês e 2001, com 1333 mm/mês. O dia com maior taxa de evapotranspiração foi registrado em 29 de dezembro de 2014 (8,60 mm/dia) – sendo que no dia anterior a taxa ficou em 7,61 mm/dia –, seguido do 2 de janeiro de 2015 (8,01 mm/dia), e do 17 de janeiro de 2016 (8,16 mm/dia). Foi observado o fenômeno de dois dias seguidos de altas taxas em janeiro de 2014 (sendo os dias 4, com 7,57 mm/dia, e 5, com 7,55 m/dia).

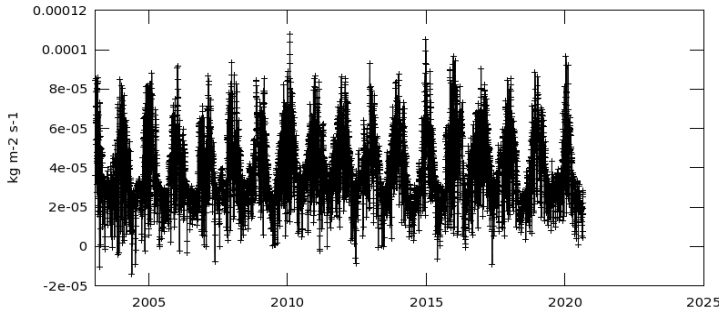
Time Series, Area-Averaged of Evapotranspiration daily 0.25 deg. [GLDAS Model GLDAS\_CLSM025\_D v2.0] kg m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> over 1948-02-01 - 2014-12-31 00:00:00Z, Region 50.6W, 22S, 50.4W, 21.8S



- The user-selected region was defined by 50.6W, 22S, 50.4W, 21.8S. The data grid also limits the analyzable region to the this point: 50.625W, 21.875S. This analyzable region indicates the spatial limits of the subsetted granules that went into making this visualization result.

**Figura 3** – Histograma de dados mensais de evapotranspiração, gerado através de localização da sede do município de Tupã, dos anos de 1948 a 2014

Time Series, Area-Averaged of Evapotranspiration daily 0.25 deg. [GLDAS Model GLDAS\_CLSM025\_DA1\_D v2.2] kg m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> over 2003-02-01 - 2020-08-31 00:00:00Z, Region 50.6W, 22S, 50.4W, 21.8S



- The user-selected region was defined by 50.6W, 22S, 50.4W, 21.8S. The data grid also limits the analyzable region to the this point: 50.625W, 21.875S. This analyzable region indicates the spatial limits of the subsetted granules that went into making this visualization result.

**Figura 4** - Histograma de dados mensais de evapotranspiração, gerado através de localização da sede do município de Tupã, dos anos 2003 a 2019.

Os dias com menores taxas de evapotranspiração (considerando-se que se  $ET < 0$  é  $ET = 0$ ), foram 25 de maio de 2004, 26 de março de 2003, 10 de julho de 2004 e 21 de maio de 2017. Para análises de precipitação *versus* evapotranspiração, é possível observar que houve mais perdas da água pelo solo através da evapotranspiração do que pela infiltração.

## Balanço Hídrico Climático

Observou-se que dentro do total das médias mensais da série 1998 a 2019 dos componentes do balanço hídrico climático (Tabela 1), o único mês com excedente de água no solo foi fevereiro, com 3mm, com evapotranspiração real de 128 mm, e com armazenamento igual a CAD (125 mm). A partir de março o solo ia perdendo água, com uma ligeira recuperação em outubro e depois a partir do mês de dezembro. Foram calculados, no balanço hídrico climático: as Precipitações menos as Evapotranspirações (P-ETP); o Negativo Acumulado (Nac); o Armazenamento (ARM); as Alterações (ATL); a Evapotranspiração Real (ETR); as Deficiências (DEF); e os Excedentes (EXC) de água.

Nos meses seguintes é possível observar uma diminuição da precipitação e um aumento da evapotranspiração, tornando essa diferença negativa até meados do mês de outubro, aumentando os valores de negativos acumulados e diminuindo os valores de armazenamento da água no solo. No total das médias anuais, é possível observar que 47 mm de água representam o déficit do ciclo hidrológico em Tupã. Nos dados de médias totais anuais foi possível observar, para a precipitação, um valor de 1179 mm e uma evapotranspiração de 1226 mm.

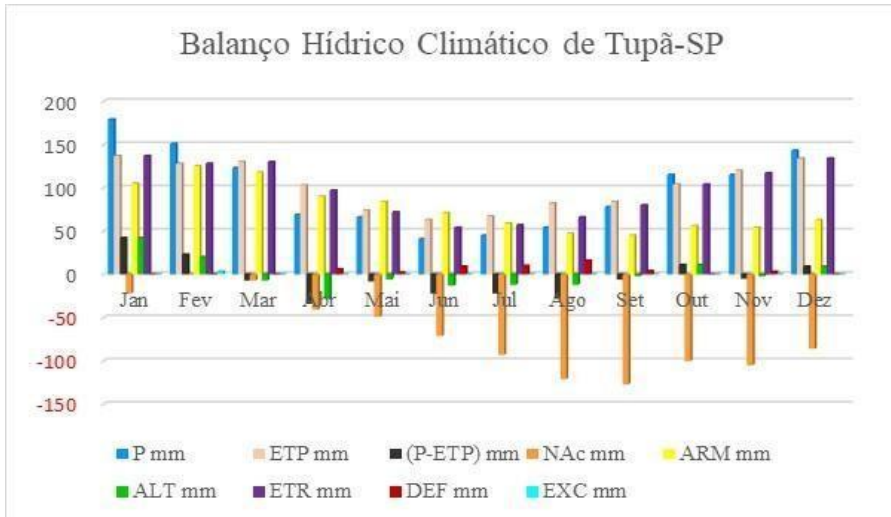
É possível observar que existe água sobrando no sistema nos meses de janeiro, fevereiro, outubro e dezembro. No mês de fevereiro ela foi excedente e, nos demais meses, repôs o armazenamento de água do solo.

Os meses com deficiência de água no solo são de abril a setembro e novembro, com maior deficiência em agosto. A deficiência anual de água é da ordem de 50 mm, e o excedente é de 3 mm, representando um ciclo hidrológico com deficiência de água na região de Tupã-SP, durante o intervalo temporal de 1998 a 2019.

**Tabela 1** - Balanço Hídrico Climático com base de ponto localizado na sede da Estância Turística de Tupã/SP.

Local: Tupã, SP (Lat. 21,9°) Período: 1961-1990 CAD = 125mm									
Mês	P	ETP	(P-ETP)	NAc	AR M	ALT	ETR	DEF	EXC
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	179	137	42	-22	105	42	137	0	0
Fev	151	128	23	0	125	20	128	0	3
Mar	123	130	-7	-7	118	-7	130	0	0
Abr	6 9	103	-34	-41	90	-28	97	6	0
Mai	6 6	7 4	-8	-49	84	-6	72	2	0
Jun	4 1	6 3	-22	-71	71	-13	54	9	0
Jul	4 5	6 7	-22	-93	59	-12	57	10	0
Ago	5 4	8 2	-28	- 121	47	-12	66	16	0
Set	7 8	8 4	-6	- 127	45	-2	80	4	0
Out	115	104	11	- 100	56	11	104	0	0
Nov	115	120	-5	- 105	54	-2	117	3	0
Dez	143	134	9	-86	63	9	134	0	0
Ano	1179	1226	-47			0	1176	50	3

As retiradas de água do solo ocorrem de março a setembro e no mês de novembro, com a máxima retirada ocorrendo em abril (28 mm). As reposições de água no solo ocorrem nos meses de janeiro, fevereiro, outubro e dezembro, com a reposição máxima ocorrendo em janeiro (42 mm).



**Figura 5** - Balanço Hídrico Climático com base em dados georreferenciados da sede do município de Tupã, SP.

## CONCLUSÃO

Na análise da precipitação, evapotranspiração e balanço hídrico do município da Estância Turística de Tupã, através de uma ferramenta virtual de sensoriamento remoto da NASA, entre 1998 e 2019, foi possível observar poucas mudanças em volumes de precipitação pluviométrica no período. Os meses de maiores secas são os que coincidem com o período de inverno, tendo apenas em alguns meses médias mensais de precipitação abaixo de 10 mm. E os meses com maior volume de chuvas são os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março.

As maiores taxas de evapotranspiração coincidem com os meses de maiores valores de precipitação, sendo que, em relação à evapotranspiração, o mês com maior índice é o de janeiro, seguido por dezembro, março e fevereiro.

O mês com maior excedente de água no solo e capacidade de água disponível é fevereiro, quando é possível observar o aumento do volume no armazenamento de água, vindo de meses anteriores.

Os meses com maiores déficits hídricos estão nas estações mais frias, outono e inverno (de abril a agosto). Os dados que devem ser olhados com maiores atenções são os vários meses com baixo armazenamento de água no solo, como no mês de agosto, por exemplo, considerando-se que o abastecimento público do município de Tupã é realizado por captação subterrânea.

É importante que áreas de infiltração da água no solo sejam ampliadas, por meio de praças públicas arborizadas e recuperação ou conservação de áreas de preservação permanente, e que ocorra a fiscalização da aplicação da lei municipal sobre a disposição de uma árvore em todos os imóveis urbanos proporcionais às dimensões locais, reduzindo-se assim a área impermeabilizada. Trata-se de medidas importantes para melhorar as condições de reposição de água nos sistemas freáticos e garantir a segurança hídrica do município.

## REFERÊNCIAS

ACKER, J.; SOEBIYANTO, R.; KIANG, R.; KEMPLER, S. Use of the NASA Giovanni Data System for Geospatial Public Health Research: Example of Weather- Influenza Connection. **ISPRS Inter. Jour. of Geo-infor.** [S.l.]: ISPRS, dez. 2014. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2220-9964/3/4/1372>>. Acesso em: 28 nov. 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil.** Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <[http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana\\_manual\\_de\\_usos\\_consuntivos\\_da\\_agua\\_no\\_brasil.pdf](http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf)>. Acesso em: 15 nov. 2020.

ANA. Agencia Nacional de Águas. **Atlas Águas. Abastecimento Urbano de Água.** Brasília: ANA, 2021. Disponível em:



<<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Resultados.aspx>>.  
Acesso em: 15 nov. 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Estimativas de evapotranspiração real por sensoriamento remoto no Brasil**. 41 p. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/23-estimativas-de-evapotranspiracao-real-por-sensoriamento-remoto/view>>.  
Acesso em: 20 nov. 2020.

BRASIL. **Lei nº 9433 de 08 de janeiro de 1997**. Política Nacional de Recursos Hídricos. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. (Lei das Águas). Brasil: Presidência da República, [1997]. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)>. Acesso em: 26 out. 2020.

CHOW, V.T. Hydrologic Design of Culverts. **Journal of Hydraulics Division**. Proceedings of the American Society of Civil Engineers. v.88. p. 39-555. 1962.

CLIMATE-DATA.ORG. Dados Climáticos para Cidades Mundiais. **Clima Tupã (Brasil)**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/tupa-4220/>>. Acesso em: 28 jun. 2021.

HATWIG, M.P. **Apostila de Hidrologia**. Universidade Aberta do Brasil. Instituto Federal sul-rio-Grandense. Brasil: UAB/IF Sul-rio-grandense, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Cidades**. Brasil: IBGE, 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/tupa/panorama>>.  
Acesso em 18 nov. 2020.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Giovanni**. Washington D.C.: NASA, nov. 2020. Disponível em: <<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>>. Acesso em: 22 nov. 2020.

REICHARDT, K.; ANGELOCCI, L. R.; BACCHI, O. O. S.; PILOTTO, J. E. Daily rainfall variability at a local scale (1,000 ha), in Piracicaba, SP, Brazil, and its implications on soil water recharge. **Scientia Agricola**, v. 52, n. 1, p. 43-49, 1995.

SANTOS, R.C. **Avaliação da potabilidade das águas subterrâneas do sistema Aquífero Bauru provenientes de poços de soluções alternativas coletivas do município de Tupã – SP**. Dissertação (Mestrado) UTFPR. 102 p. Londrina: UTFPR, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3597>>. Acesso em: 25 nov. 2020.

SILVA, A.M.V. **Meteorologia e Climatologia. Instituto de Ciências Atmosféricas** [versão digital]. 2° ed. Recife: ICAT, 2006. Disponível em: <[https://icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA\\_E\\_CLIMATOLOGIA\\_VD2\\_Mar\\_2006.pdf](https://icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf)>. Acesso em: 28 nov. 2020.

THORNTHWAITTE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. vol. VIII, n.1 Centerton: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955.

TUPÃ. **Lei Municipal nº 4.638 de 9 de abril de 2013**. Disciplina a arborização urbana na Estância Turística de Tupã e dá outras providências. Tupã: Governo Municipal, 2013. Disponível em:<<https://www.legislacaodigital.com.br/Tupa-SP/LeisOrdinarias/4638>>. Acesso em: 20 nov. 2020.

TUPÃ. Prefeitura Municipal de Tupã. **Plano Diretor de Turismo**. Inventário da Oferta Turística. Tupã: Governo de Tupã, 2015. Disponível

em:<<https://www.tupa.sp.gov.br/planodiretor/secretarias/turismo/2.%20ETAPA%20II%20Invent%C3%A1rio%20da%20Oferta%20Tur%C3%ADstica.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2020.

TUPÃ. Prefeitura Municipal de Tupã. **Plano Diretor de Turismo**. Mapa da Divisão do Município em Microbacias. Tupã: Governo de Tupã, 2019. Disponível em: <<https://www.tupa.sp.gov.br/siteadd/planodiretorseplin/ANEXO%20XV%20-%20MAPA%20DE%20DIVIS%C3%83O%20DO%20MUNIC%C3%8DCIO%20EM%20MICROBACIAS%20PARTE%20A%20-%20MICROBACIAS.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2020.

TUPÃ. Prefeitura Municipal de Tupã. **Qualidade de Vida**. Tupã: Governo de Tupã, 2020. Disponível em: <<https://www.tupa.sp.gov.br/conteudo/32/2/qualidade-de-vida.html>>. Acesso em: 20 nov. 2020.

## CAPÍTULO 19

### REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS NA PREVISÃO HIDROCLIMÁTICA DE VAZANTE EM TRÊS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ACRE

Waléria Souza Figueira<sup>64</sup>, Luiz Alves dos Santos Neto<sup>65</sup> &  
Marcelo José Gama da Silva<sup>66</sup>

#### INTRODUÇÃO

A seca é um fenômeno natural do cenário amazônico. No entanto, a Amazônia está experimentando um aumento na frequência de secas extremas (BERENGUER et al., 2021). A exemplo disso, as três das mais severas secas dos últimos 100 anos ocorreram recentemente: 2005, 2010 e 2015. Tais eventos ocasionaram danos sociais e econômicos que foram marcantes em diferentes pontos da bacia amazônica, levando muitos municípios a decretar situação de calamidade pública (JIMÉNEZ-MUÑOZ et al., 2016; MARENGO; ESPINOZA, 2016; PANISSET et al., 2018; SENA et al., 2012a).

A influência desses eventos severos de seca na Amazônia desperta interesse no meio científico, visto que a bacia amazônica contém a maior floresta tropical do mundo, que influencia substancialmente o ciclo hidrológico regional (MARENGO, 2006). O impacto negativo causado por este fenômeno na região afeta diretamente a população ribeirinha, limitando seu

---

<sup>64</sup> Doutora em Meteorologia. Universidade Federal de Campina Grande - UFCG.  
wal.figueira@gmail.com

<sup>65</sup> Doutor em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente. Fundação Universidade Federal de Rondônia - Unir. luiz.santos@sipam.gov.br

<sup>66</sup> Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Unir.  
marcelo.gama@sipam.gov.br

desenvolvimento. Os prejuízos vão desde às atividades humanas até aos ecossistemas, além dos ciclos biogeoquímicos regionais, uma vez que secas extremas também podem causar incêndios florestais. (BERENQUER et al., 2021; BORMA et al., 2013; MARENGO et al., 2013; MARENGO e ESPINOZA, 2016; SENA et al., 2012b).

As bacias hidrográficas localizadas no sudoeste da Amazônia, como as localizadas no estado do Acre, por estarem inseridas no arco do desmatamento, se encaixam no contexto de alteração da paisagem devido à expansão agrícola, do crescimento populacional e da vulnerabilidade em relação aos extremos climáticos (ACRE, 2012). Os rios acreanos apresentam uma característica hidrológica muito dinâmica que se dá pela variabilidade climática interanual e pelos frequentes eventos extremos (ACRE, 2015).

Vários estudos têm mostrado que a variabilidade interanual da precipitação e dos níveis dos rios na região amazônica está associada (mas não exclusivamente) à TSM no Oceano Pacífico Tropical, em decorrência do El Niño-Oscilação Sul (ENSO), como também ao gradiente meridional de TSM no Atlântico Tropical, ou ao efeito conjunto de ambos (COELHO et al., 2012; MARENGO et al., 2011; MARENGO; ESPINOZA, 2016; PANISSET et al., 2018; SILVA et al., 2018; ZANIN; SATYAMURTY, 2020; entre outros). Alguns estudos também mostram que a região oceânica do Atlântico Sudoeste também influi na precipitação da Amazônia (ESPINOZA et al., 2014; PEZZI; SOUZA, 2009; RONCHAIL et al., 2005; entre outros).

Com o aumento previsto das secas severas (BAKER et al., 2021), uma das medidas de mitigação se dá através da elaboração de modelos de previsão hidrológica, pois eles permitem aos tomadores de decisão se anteciparem a estes eventos (ALMEIDA; SERRA, 2017). Para Jain e Singh (2019), o melhor modelo hidrológico é aquele que consegue ter resultados simulados

próximos da realidade de forma simples e rápida, dentre os quais destacam-se os modelos empíricos baseados em Redes Neurais Artificiais (RNA). As RNAs são uma popular técnica de inteligência artificial que simula o mecanismo de aprendizado de organismos biológicos (AGGARWAL, 2018). Tal método é utilizado para modelar sistemas não lineares complexos que demandam a análise de grandes volumes de dados, como a previsão de séries hidrológicas, vazão e precipitação (SOUSA e DE SOUSA, 2010; RODRIGUES, 2015; SILVA et al., 2018).

Neste sentido, este estudo propõe fazer uso de métodos de modelagem hidroclimatológica baseada em RNA com intuito de prognosticar as cotas mínimas mensais em sub-bacias hidrográficas do Acre com quatro meses de antecedência. Tais métodos estão em avaliação de uso pelo projeto Sistema de Monitoramento e Alerta Hidrometeorológico (SipamHidro) do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM), que usa apenas o método de Regressão Linear Múltipla (RLM), utilizado neste artigo para níveis de comparação com os modelos baseados em RNA.

## **1. MATERIAL E MÉTODOS**

### **1.1. Área de estudo**

O estado do Acre situa-se no extremo sudoeste da região norte, sua área de pouco mais de 164 mil km<sup>2</sup> correspondente a 4% da Amazônia brasileira. Sua hidrografia compõe a grande bacia hidrográfica amazônica, e os cursos d'água do estado correm no sentido sudoeste-nordeste de forma praticamente paralela (CEPED-UFSC, 2013). A rede de drenagem é bem complexa e distribuída, composta por seus principais rios: Juruá, Purus, Tarauacá-Envira e Acre (ACRE, 2012). A área de estudo deste trabalho corresponde às bacias hidrográficas do rio Juruá, até a

cidade de Cruzeiro do Sul, do rio Tarauacá, até a cidade de Tarauacá, e do rio Acre, até o município de Rio Branco (Figura 1).

A Bacia Hidrográfica do rio Acre (BHA), situada no leste acreano, nasce em território peruano e adentra o território brasileiro totalizando 1.190 km de extensão, considerado o segundo maior representante da drenagem no estado do Acre (ACRE, 2012). A Bacia Hidrográfica do rio Juruá (BHJ), assim como a BHA, também tem sua nascente no Peru, percorre todo o oeste acreano, perfazendo 3.283 km de extensão. Considerado um dos mais sinuosos do mundo, é a maior bacia hidrográfica acreana, englobando 51,7% (17.082 km de cursos d'água) da extensão total de rios e igarapés existentes no estado (ACRE, 2012; CPRM, 2015). Já a Bacia Hidrográfica do rio Tarauacá (BHT), localizada na região central acreana, com 715 km de extensão, nasce no próprio estado e é uma sub-bacia da BHJ (ACRE, 2012; CPRM, 2015).

As bacias hidrográficas em estudo, por estarem inseridas na região amazônica, apresentam um clima equatorial quente e úmido, caracterizado por altas temperaturas, elevados índices de precipitação pluviométrica e alta umidade relativa do ar. O padrão de distribuição das chuvas é irregular, com um período marcadamente seco, entre junho e outubro (ACRE, 2015). Sobre o regime pluviométrico, observa-se nas três bacias a ocorrência de um trimestre com baixos índices de precipitações nos meses de junho, julho e agosto. Santos Neto et al. (2018) observaram que de junho a setembro a precipitação média mensal da BHA é inferior a 100 mm e o mês de julho (31,3 mm) é o menos chuvoso na região. Já para as BHJ e BHT, o mês menos chuvoso, também em julho, tem precipitação em torno de 50 mm, com a precipitação média mensal inferior a 100 mm apenas entre os meses de junho a agosto.



**Figura 1** – Mapa do cenário de estudo com destaque às três bacias hidrográficas escolhidas do Acre.

**Fonte:** Elaborada pelos autores.

## 1.2. Seleção das variáveis preditoras e dependentes

Os modelos hidroclimatológicos necessitam de uma base de dados com variáveis preditoras (usados como entrada do modelo) e com variáveis dependentes (a saída simulada do modelo que depende dos dados de entrada do mesmo). Seguindo o método adotado por Santos Neto et al. (2020), a variável dependente (VD) utilizada foi o nível do rio para três bacias pertencentes ao estado do Acre (Figura 1), enquanto para as variáveis preditoras (VPs) foram utilizados dados oceânico-climáticos mensais. Assim:

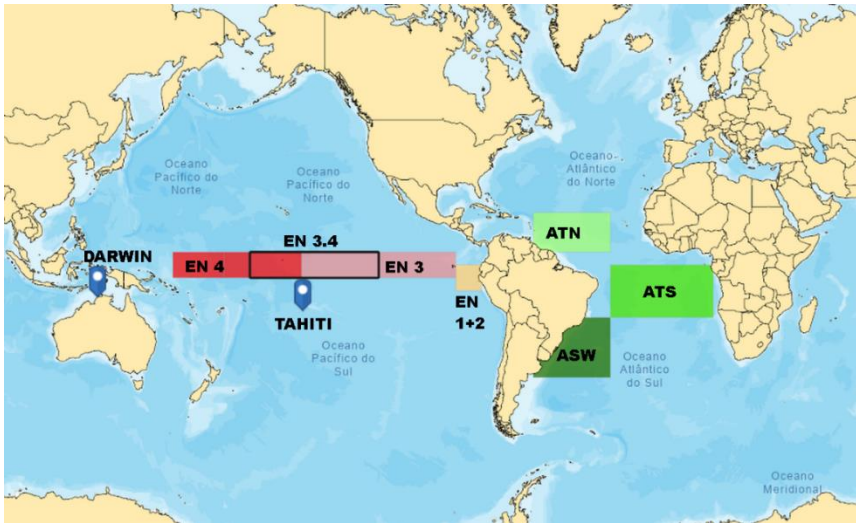
a) VD: Dados de cota (medida em cm) do rio Tarauacá na cidade de Tarauacá – AC (Estação 12590000), do rio Juruá em Cruzeiro do Sul – AC (Estação 12500000) e do rio Acre em Rio Branco – AC (Estação 13600002). Os dados foram coletados através dos registros diários das estações convencionais fluviométricas e das estações telemétricas da Agência Nacional de Águas (ANA),



disponíveis no banco de dados da rede hidrometeorológica da ANA, através da plataforma Hidroweb (ANA, 2020).

A seleção do período de dados do estudo se deu a partir dos dados diários brutos, dos quais extraiu-se a cota mínima observada de cada mês. De posse desses dados, um tratamento de consistência foi realizado, retirando-se os meses faltosos de cada série temporal: de janeiro de 1967 a dezembro de 2020 para a BHJ, de janeiro de 1981 a dezembro de 2020 para a BHT, e de janeiro de 1970 a dezembro de 2020 para a BHA.

b) VP: Dados médios mensais da TSM (áreas oceânicas mostradas na Figura 2), correspondentes às regiões de monitoramento climático do *Climate Prediction Center* (CPC), que são: NIÑO 1+2 (EN1+2) (0°-10°S/90°W-80°W), NIÑO 3 (EN3) (5°N-5°S/150°W-90°W), NIÑO 4 (EM4) (5°N-5°S/160°E-150°W), NIÑO 3.4 (EN3.4) (5°N-5°S/170°W-120°W), Atlântico Tropical Norte (ATN) (5°N-20°N/60°W-30°W), Atlântico Tropical Sul (ATS) (0°-20°S/30°W-10°E) e Atlântico Sudoeste (ASW) (20°S-40°S/60°W-30°W). Os dados mensais médios da TSM em cada uma destas regiões oceânicas foram coletados do *Extended Reconstructed Sea Surface Temperature Version 5* (ERSSTv5) fornecido pelo *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) com resolução de 2°x2° (HUANG et al., 2017), através dos websites do CPC (CPC, 2020). Incluiu-se também, como VPs, a pressão atmosférica (Figura 2), médias mensais, em Darwin – Austrália (PD) e em Tahiti – Polinésia Francesa (PT), coletadas também através do portal do CPC. O período de análise das VPs corresponde ao mesmo período da série temporal da cota mínima do rio (VD) em cada bacia estudada.



**Figura 2** – Mapa de localização das áreas oceânicas EN1+2, EN3, EN4, EN3.4, ATN, ATS e ASW; e das áreas de medição da pressão atmosférica PD e PT utilizadas para o estudo.

**Fonte:** Elaborada pelos autores.

### 2.3. Estruturação do banco de dados dos modelos e pré-processamento

De posse dos dados mensais consistidos (nível do rio, TSM e pressão atmosférica), foi obtido o cálculo da correlação de Pearson ( $\rho$ ) para o período de vazante. Para isso, utilizou-se a correlação cruzada entre cada parâmetro oceânico-climático analisado com a cota mínima mensal para os três rios estudados. Para cada *lag* de tempo mensal que variou de T-1 a T-12 meses (sinal negativo representando a quantidade de meses anteriores ao tempo T, que é o mês de referência correlacionado). Ao final, as combinações de correlações entre as variáveis e os *lags* permitiram gerar um modelo de previsão de até 4 meses.

Com base na metodologia adotada (SANTOS NETO et al., 2020), as variáveis que produziram a melhor correlação em cada *lag* por região (independentemente da força de correlação que elas apresentaram) foram utilizadas para montar e configurar o conjunto das nove VPs (EN1+2, EN3, EN3.4, EN4, ATN, ATS, ASW,

PD e PT), responsáveis pela previsão da única VD (cota mínima) a partir de 4 meses de antecedência (T+3), contando com o mês corrente. Sendo assim, o mês 1 (tempo T de previsão) refere-se ao mês após a obtenção da variável preditora mensal mais recente (*lag* T-1), o mês 2 (tempo T+1 de previsão) refere-se ao segundo mês após a obtenção da variável preditora mensal mais recente (*lag* T-2), e assim sucessivamente até chegar ao horizonte de prognóstico proposto.

A partir do resultado da matriz de correlação, o banco de dados foi construído contendo as nove variáveis oceânico-climáticas como variáveis de entrada dos modelos, sendo assim utilizadas tanto para o cálculo da regressão linear múltipla como pela rede neural para buscar os padrões e fazer a previsão. A variável de saída da rede foi a VD prevista pela rede neural (cota mínima mensal).

A normalização dos dados para simulação em RNA foi realizada, uma vez que as funções de ativação dos neurônios de entrada e saída trabalham em uma escala que varia de -1 a 1 e que os dados utilizados possuem escalas diferentes (centímetros para nível do rio, graus Celsius para TSM e milibares para pressão). Nesse sentido, os dados foram escalonados, por meio da Eq. (1):

$$D_n = 2 \left( \frac{D - D_{min}}{D_{max} - D_{min}} \right) - 1 \quad (1)$$

Na qual  $D_n$  é o valor normalizado,  $D$  é o valor observado,  $D_{min}$  é o menor valor e  $D_{max}$  é o maior valor, encontrados no conjunto de dados.

Como parte do pré-processamento também foi feita a divisão do banco de dados (Tabela 1), pois para um melhor desempenho do modelo é necessário separar o conjunto de dados em treinamento, validação e teste. As fases de treinamento e validação são usadas para o aprendizado dos padrões e ajustamento do

modelo, podendo ser consideradas como a calibração do modelo, enquanto a fase de teste é usada para simular situações reais e avaliar seu desempenho final (HASTIE et al., 2017).

Neste caso, os dados mensais do período analisado foram destinados inicialmente a dois conjuntos, um conjunto de dados de teste separado de janeiro a dezembro de 2020 e o restante para um conjunto de dados para treinamento e validação. Deste segundo conjunto, a divisão seguiu a recomendação dada por Heaton (2015), onde 80% foi destinado para treinamento e 20% para validação. Como este trabalho está voltado para a previsão operacional, o conjunto de observações destinado ao treinamento e validação deve ser o maior possível a fim de fornecer os melhores resultados quando as RNAs forem aplicadas no conjunto de teste, seguindo o princípio de Zhang et al. (1998).

A partir da base de dados de validação foi possível montar a arquitetura e as equações dos modelos selecionados, que foram necessárias para a realização das simulações hidroclimatológicas. A calibração dos modelos deu-se pelo método de tentativa e erro (MOREIRA, 2005).

**Tabela 1** – Divisão do banco de dados para a calibração e teste dos modelos de RNAs para as três bacias hidrográficas em estudo.

<b>Bacias</b>	<b>Período de Treinamento</b>	<b>Período de Validação</b>	<b>Período de Teste</b>
BHJ	Jan/1968 a	Jan/2009 a	Jan/2020 a
	Dez/2008	Dez/2019	Dez/2020
	(488 meses)	(125 meses)	(12 meses)
BHT	Jan/1982 a	Jan/2014 a	Jan/2020 a
	Dez/2013	Dez/2019	Dez/2020
	(307 meses)	(72 meses)	(12 meses)
BHA	Jan/1971 a	Jan/2011 a	Jan/2020 a
	Dez/2010	Dez/2019	Dez/2020
	(480 meses)	(108 meses)	(12 meses)

## 2.4. Métricas de avaliação

O desempenho dos modelos em prever as cotas mínimas mensais foi avaliado através da raiz do coeficiente de determinação ( $R^2$ ; Eq. 2), do erro absoluto médio (Mean Absolut Error – MAE; Eq. 3), do erro absoluto médio percentual (Mean Absolute Percentage Error – MAPE; Eq. 4), do coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe (Nash-Sutcliffe Efficient Coefficient – NS; Eq. 5), e do Índice de Confidência (IC; Eq. 6). As fórmulas para os cálculos são encontradas na Tabela 2.

**Tabela 2** – Métricas de avaliação utilizadas no estudo, com suas respectivas formulações matemáticas, unidades e valores ideais.

ÍNDICE	UNIDADE	FÓRMULA	VALOR IDEAL
$R^2$	SU	$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\mu - \underline{\mu})^2}{\sum_{i=1}^n (\delta - \underline{\delta})^2}$	1
MAE	Cm	$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n  \mu - \delta $	0
MAPE	%	$MAPE = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n \frac{ \mu - \delta }{ \mu } \cdot 100$	0
NS	SU	$NS = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\delta - \mu)^2}{\sum_{i=1}^n (\delta - \tau)^2} \right]$	1
IC	SU	$IC = \rho * \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\mu - \delta)^2}{\sum_{i=1}^n ( \mu - \tau  +  \delta - \tau )^2} \right]$	1
DG	SU	$DG = 100 * (R^2 + NS + IC) - (MAE + MAPE)$	300

**Nota.**  $\mu$  é a cota mensal prevista pelo modelo,  $\delta$  é a cota mensal observada,  $\tau$  é a cota mensal média observada;  $\underline{\mu}$  e  $\underline{\delta}$  são as médias e  $n$  representa o número de observações; SU é sigla para Sem Unidade.

## 2.5. Arquitetura dos modelos

Foram utilizados dois métodos de modelagem hidrológica empírica sazonal: RLM e RNA. O modelo RLM está em uso pelo CENSIPAM (SipamHidro) para previsões hidrológicas de curto e longo prazo (FRANCO, 2014; SILVA et al., 2018), e foi inserido neste estudo para fins de comparação entre os modelos, posto que o modelo RLM possui limitações, por ser um modelo empírico linear (FRANCO, 2014).

Além disto, para efeito de comparação do método adotado no CENSIPAM (RLM) com o método proposto (RNA), foi criado um *ensemble*, que é a média do resultado mensal dos quatro modelos utilizados nesta pesquisa.

### 2.5.1 Modelo de Regressão Linear Múltipla (RLM)

A Regressão Múltipla é uma técnica estatística multivariada que analisa a relação entre uma única variável dependente (cota mínima a ser prevista) e várias variáveis independentes (9 VPs), onde cada variável independente assume um peso de contribuição relativa (coeficientes de regressão) que ajuda na previsão da variável dependente de forma linear geral (HAIR JR et al., 2005).

Através do *software* Microsoft Office Excel®, foi criada a equação de regressão linear múltipla para o prognóstico das cotas mínimas para quatro meses de antecedência, usando-se as mesmas variáveis e períodos usados pelas RNAs (Tabela 2), dada pela Eq. (11).

$$Hx = Coef_{Intercepto} + (EN12 * Coef_{EN12}) + (EN3 * Coef_{EN3}) + (EN34 * Coef_{EN34}) + (EN4 * Coef_{EN4}) + (ATN * Coef_{ATN}) + (ATS * Coef_{ATS}) + (ASW * Coef_{ASW}) + (PD * Coef_{PD}) + (PT * Coef_{PT}) \quad (11)$$

Os valores estimados do coeficiente de intercepto ( $Coef_{Intercepto}$ ) e dos nove coeficientes de regressão parciais ( $Coef_{VP}$ ) podem ser vistos na Tabela 3.

**Tabela 3** – Coeficientes de regressão estimados para o cálculo do modelo RLM para as bacias acreanas em estudo.

<b>Coeficientes</b>	<b>BHJ</b>	<b>BHA</b>	<b>BHT</b>
Intersecção	-14079,98764	-25446,25934	-37367,35131
EN12	-15,28824718	8,818149311	-7,749122333
EN3	14,33667726	-19,80096853	-109,24408
EN34	19,76836451	7,695130099	98,29559691
EN4	-24,36481912	42,95782322	-49,52912728
ATN	65,8604195	22,91709521	45,19375521
ATS	19,11462076	2,989113842	-56,73198354
ASW	-27,14853412	12,67163883	-58,64934437
PD	-0,501208876	4,46174407	21,44754501
PT	13,47387255	18,89444312	19,44432566

### 2.5.2 Redes Neurais Artificiais (RNA)

As redes neurais são técnicas de modelagem não linear e estatística de dados, podendo reconhecer padrões e correlações em um conjunto de dados, ou ser utilizadas para modelagem de relações complexas entre entrada e saída.

Uma rede neural simples inclui uma camada de entrada, outra de saída (ou alvo) e, entre elas, uma camada oculta. As camadas são conectadas através de nós, e essas conexões formam uma “rede” – a rede neural – de nós interconectados. Basicamente, as RNAs são um conjunto de técnicas que tentam simular, em meio computacional (baseado em inteligência artificial), o comportamento do neurônio humano. A rede neural assemelha-se ao cérebro, em dois aspectos: (1) o conhecimento é adquirido pela rede a partir de seu ambiente através de um processo de

aprendizagem; (2) forças de conexão entre neurônios (pesos sinápticos) são utilizadas para armazenar o conhecimento adquirido. A arquitetura da rede é definida pela forma na qual os neurônios são organizados e conectados, como o número de camadas, tipo de conexão entre os neurônios e topologia de rede (HAYKIN, 2001).

Para atingir o objetivo proposto, procurou-se pela RNA que melhor se adapte ao estudo. Dentre as várias arquiteturas e as diversas regras de aprendizado já conhecidas, foram usadas: a rede neural de função de base radial (*Radial Basis Function Networks*); a rede neural de regressão generalizada (*General Regression Neural Network*); a rede perceptron de múltiplas camadas (*Multi-Layer Perceptron*), e a rede neural polinomial (*Group Method of Data Handling*).

#### 2.5.2.1. Multi-Layer Perceptron (MLP)

A rede MLP, descrita em detalhes em Santos Neto et al. (2020), é constituída de uma camada de entrada, uma ou mais camadas ocultas e uma camada de saída (HAYKIN, 2001). Cada camada intermediária possui um número finito de neurônios e cada neurônio de uma camada está conectado a todos os neurônios da camada seguinte através dos pesos sinápticos (SILVA et al., 2018).

Basicamente, ela possui aprendizado supervisionado, sabendo-se o valor esperado que a rede neural calcule (alvo). Caso a rede não atinja esse valor, é gerado um erro e este erro é trabalhado no reajuste dos pesos sinápticos entre os neurônios de saída e de entrada, afim de minimizar o erro e melhorar a acurácia da RNA. O processo de aprendizado é feito e refeito até que o neurônio de saída consiga atingir um valor aceitável onde o erro produzido seja mínimo.

Para esta pesquisa, o treinamento foi feito através da retropropagação do erro (algoritmo *backpropagation*). No processo



de recálculo dos pesos sinápticos entre os neurônios também há uma gama de algoritmos. Nele, usou-se o gradiente descendente, devido à performance junto aos resultados quando comparados aos outros métodos de treinamento. A função de ativação utilizada nos neurônios da camada oculta foi a sigmoideal (tangente hiperbólica) e a linear na camada de saída.

A rede foi montada com um número de neurônios na camada oculta que variou de 1 a 50, e foi feita uma comparação das 50 simulações obtidas de cada arquitetura com valor real observado usando a base de dados de validação, para verificar a melhor saída através de métricas estatísticas de desempenho. Para todas as simulações foram adotados os seguintes critérios de parada no treinamento, validação e teste da rede: o número máximo de ciclos de treinamento (épocas) foi estipulado em até 5000; o erro final desejado (medido pelo Erro Quadrático Médio – MSE) foi de 0,01; o parâmetro da taxa de aprendizado usado para garantir a estabilidade do processo foi de 0,01; e o mínimo gradiente de desempenho em 0,001.

#### 2.5.2.2. *Radial Basis Function (RBF)*

A rede RBF também possui uma arquitetura de três camadas: a de entrada, a oculta e a de saída. Diferencia-se da rede MLP por possuir apenas uma camada oculta, e a função de ativação dos neurônios desta camada usa uma função de base radial (geralmente uma gaussiana). É um dos tipos de RNA mais usados em pesquisas hidrológicas, juntamente com as redes MLP (ABRAHART, 2004; MINNS; HALL, 2005; GHORBANI et al., 2016).

Basicamente, esta função trabalha com a quantidade de neurônios na camada oculta de acordo com o MSE definido no início do algoritmo. A cada iteração da rede, um neurônio é adicionado na camada oculta até que a rede atinja o MSE desejado, e então o algoritmo é concluído. Caso contrário, uma nova iteração

é realizada e mais um neurônio é inserido na camada oculta. O procedimento se repete até que o MSE definido no algoritmo seja alcançado ou caso se atinja o número máximo de neurônios pré-definido (BEALE et al., 2017).

Para este trabalho foram feitas diversas simulações com configurações diferentes de alguns parâmetros da rede RBF utilizando-se o método da “tentativa e erro”, uma vez que possui o parâmetro “spread” ( $\sigma$ ), cujo valor é arbitrário de acordo com o problema a ser solucionado. No entanto, nesta rede, além do  $\sigma$ , faz-se necessário escolher arbitrariamente a quantidade de neurônios na camada oculta. Com isso, foi então inserida na camada de entrada da rede a base de dados de validação e definido o MSE em 0,01 e o número máximo de neurônios para realizar as iterações, também, em 50 (assim como na rede MLP). O parâmetro  $\sigma$  foi variado de 0,01 a 1 com cada simulação aumentando o  $\sigma$  em 0,01, totalizando assim 100 simulações. O índice de desempenho foi aplicado para avaliar a previsão da rede na base de dados de validação, e dessa forma selecionar a arquitetura com a melhor acurácia para, enfim, realizar uma nova simulação com a base de dados de teste não treinada e sua posterior análise de desempenho por meio das métricas.

### 2.5.2.3. Generalized Regression Neural Network (GRNN)

A rede GRNN é uma variação da RBF, com mesmo processamento na camada oculta (função de ativação com base radial) e na camada de saída (função de ativação com base linear), não precisa de procedimentos de treinamento iterativo como acontece no algoritmo *backpropagation* do MLP (HANNAN et al, 2010), aprende rapidamente, convergindo para uma superfície ótima de regressão quando há muitas amostras (FURTADO, 2019).

Seu aprendizado é do tipo supervisionado e possui uma estrutura fixa e não recorrente, diferenciando-se das outras redes

por ter quatro camadas: uma de entrada, duas ocultas e uma de saída, sendo que cada camada está totalmente conectada com a camada seguinte por um conjunto de pesos sinápticos entre os neurônios (NOSE FILHO, 2011). Sua aplicação em previsões hidrológicas de curto e longo prazo não é tão comum como nas redes MLP e RBF, mas vem ganhando visibilidade (BESAW et al., 2010; TAYYAB et al., 2016; DIOP et al., 2018). No entanto, não foi encontrada na literatura para bacias hidrográficas do Brasil.

Diferentemente dos outros tipos de RNA, a GRNN depende exclusivamente do parâmetro de suavização  $\sigma$ , que é escolhido arbitrariamente e está ligado à capacidade de generalização da rede, degradando o erro da previsão ou gerando previsões ineficazes a depender de seu valor (PAULOS, 2017; TAYYAB et al., 2016). Diversas simulações foram feitas usando-se a base de dados de validação variando o valor de  $\sigma$  entre 0,01 a 1, totalizando 100 simulações. Selecionou-se a simulação com o valor de  $\sigma$  que obteve a melhor métrica durante o processo de validação para posteriormente treinar e testar o modelo.

#### 2.5.2.4. *Group Method Data Handling (GMDH)*

A rede GMDH é um método algébrico auto-organizável, baseado em um aprendizado sequencial de redes, que usa a ideia de seleção natural para controlar o tamanho, a complexidade e a precisão da rede (BUENO, 2011). Apresenta algumas vantagens, como: possui uma arquitetura que evolui durante o processo de modelagem; uma auto-organização indutiva; a convergência é obtida através de um modelo de complexidade ótima; otimiza simultaneamente a estrutura e as dependências no modelo, não sendo uma técnica consumidora de tempo; e as variáveis de entrada não apropriadas para o modelo são excluídas automaticamente (GMDH, 2021). Apesar de todas essas vantagens, o modelo GMDH até o momento é inédito em pesquisa hidrológica.

Nesta rede, cada camada construída tem uma quantidade de neurônios dependente do número das VPs. Os neurônios gerados nas camadas ocultas são funções polinomiais de segundo grau compostos de duas variáveis, VP e VD, com a saída (cota mínima) sendo uma combinação quadrática das entradas, que é gerada a partir de um processo sucessivo de combinações durante a fase de treinamento, até que os neurônios que possuem melhor valor de critério externo (fase teste) sejam mantidos e outros removidos. Ou seja, os valores estimados são propagados sucessivamente para gerações superiores do algoritmo, melhorando a cada estágio sucessivo. Se o critério externo para o melhor neurônio da camada atingir o mínimo erro, a evolução da rede é concluída e a expressão polinomial do melhor neurônio da última camada é introduzida como a função de previsão; caso contrário, a próxima camada será gerada e a iteração continuará.

O número de camadas e neurônios em camadas ocultas, a estrutura do modelo e outros parâmetros são determinados automaticamente. Foram estabelecidos apenas o número máximo de neurônios nas camadas ocultas, em 100, e a seleção da pressão (nas camadas) em 0,1. Ressalta-se que, além de se levar em conta o critério de parada para a convergência do modelo, considerou-se a variação do número de camadas entre 1 e 10 durante a fase de validação, para assim ter-se a melhor arquitetura.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Seleção das arquiteturas dos modelos de RNA**

A Tabela 4 mostra o resultado das melhores correlações das VPs e suas respectivas *lags* para a previsão do período de vazante das três bacias deste estudo. Observa-se que as variáveis apresentaram, em sua grande maioria, correlação forte ( $\rho \geq \pm 0,7$ ) para BHJ e BHA, enquanto para BHT apresentaram correlação moderada ( $\pm 0,4 < \rho < \pm 0,6$ ). Em ambas as bacias as correlações

foram fracas ( $\pm 0,1 < \rho < \pm 0,3$ ) nas regiões do El Niño 3.4 e 4, seguindo-se a classificação de Dancey e Reidy (2006). De modo geral, os resultados mostraram que os oceanos, de fato, influenciam no nível do rio durante o período de vazante.

**Tabela 4** – Valores da melhor correlação obtida entre a VD e as 9 VPs em cada *lag* por bacia para o horizonte de previsão T+3.

EN1+2	EN3	EN3. 4	EN 4	Regiões				
				ATN	ATS	ASW	PD	PT
<b>BHJ</b>								
-0,7 (T-5)	0,6 (T-11)	-0,3 (T-4)	0,2 (T-6)	0,7 (T-5)	0,8 (T-11)	-0,8 (T-6)	0,7 (T-7)	0,7 (T-7)
<b>BHT</b>								
0,6 (T-11)	0,5 (T-10)	0,4 (T-9)	0,3 (T-5)	0,6 (T-5)	0,7 (T-11)	0,7 (T-12)	0,6 (T-7)	0,5 (T-6)
<b>BHA</b>								
-0,7 (T-5)	-0,6 (T-4)	-0,4 (T-4)	-0,3 (T-12)	-0,8 (T-12)	-0,8 (T-5)	-0,8 (T-7)	0,7 (T-7)	0,6 (T-6)

A partir deste resultado, obteve-se o banco de dados e a inicialização dos modelos com a base de dados de validação e treinamento. De acordo com as métricas obtidas na fase de validação, tomando-se como base o índice DG, a arquitetura escolhida dos modelos baseados em RNA para simulação da base de dados de teste pode ser observada na Tabela 5.

**Tabela 5** – Resultado da arquitetura obtida de cada modelo RNA durante a fase de validação para as três bacias do Acre.

MODELO	ARQUITETURA	BHJ	BHT	BHA
RNA RBF	$\sigma$	0,13	0,74	0,22
RNA GRNN	$\sigma$	0,04	0,16	0,1
RNA MLP	Neurônios	20	28	20
RNA GMDH	Camadas	2	2	2

### 3.2. Prognóstico dos modelos

A Tabela 6 mostra a performance dos modelos durante a fase teste para o período de vazante (junho a novembro de 2020) para as bacias acreanas em estudo.

**Tabela 6** – Índices de desempenho dos modelos calculados para o período de vazante 2020 das bacias do rio Juruá, do rio Tarauacá e do rio Acre.

Bacias	Índices	RLM	RBF	GRNN	MLP	GMDH	ENS-RNA
BHJ	MAE (cm)	73,7	205,2	158,5	68,5	76,5	119,5
	MAPE (%)	15,3	51,8	32,4	19,7	16,1	24,9
BHT	MAE (cm)	110,5	43,7	98,7	144,5	61,2	80,7
	MAPE (%)	44,0	22,9	81,2	44,9	29,9	34,3
BHA	MAE (cm)	69,0	40,7	54,5	66,7	90,5	53,7
	MAPE (%)	28,1	19,9	27,9	23,7	33,4	21,8

**Nota:** Os valores destacados referem-se aos menores erros.

Como a comparação é realizada por meio de apenas um conjunto de seis dados previstos por cada modelo com outro conjunto de seis dados observados (correspondentes ao período da vazante), utilizaram-se como métricas de estimativa do erro somente os índices MAE e MAPE.

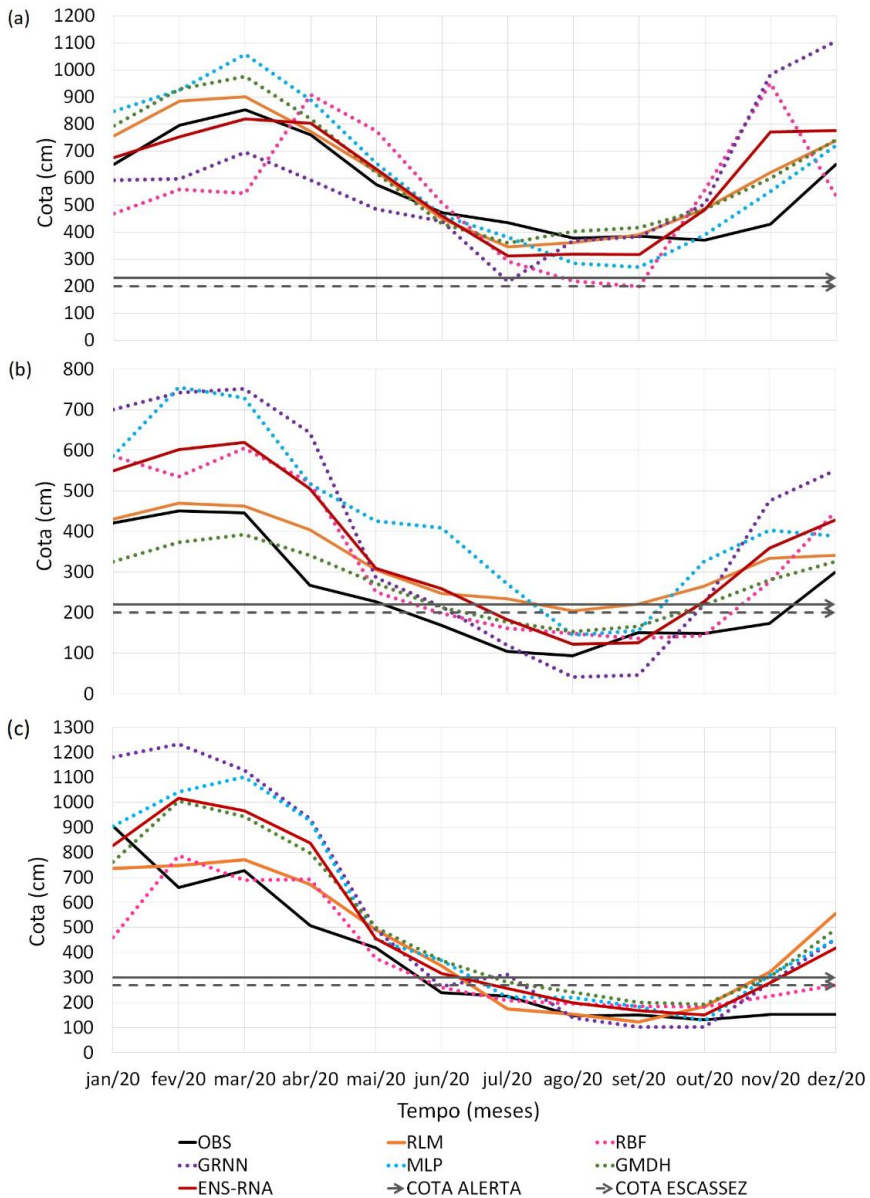
Considerando-se os índices analisados, o menor erro percentual (inferior a 20%) foi obtido na bacia do rio Juruá pelos modelos RLM, GMDH e MLP, enquanto para as bacias do rio Acre e do rio Tarauacá, o menor MAPE foi obtido pelo modelo RBF, 20% e 23%, respectivamente. No geral, os modelos sinalizaram erros abaixo de 1 metro para ambas as bacias, à exceção dos modelos GRNN, RLM e MLP para a bacia do Tarauacá. O índice que mais divergiu entre os modelos foi o MAE para o modelo RBF da bacia

do Juruá, com erro superior a 2 metros na previsão da cota, apresentando o pior índice para essa bacia. No entanto, o menor erro foi obtido para a bacia do rio Acre pelo modelo RBF (MAE = 41 cm). Comparando-se os valores do RLM com o *ensemble* (ENS-RNA), as RNAs tiveram melhor desempenho para BHT e BHA, com o modelo RLM se sobressaindo na BHJ.

Os resultados do período de teste das RNAs e do modelo RLM em comparação com os resultados das cotas mínimas observadas para o ano de 2020 estão na Figura 3.

A cota simulada pelos modelos conseguiu acompanhar o padrão observado da cota mínima mensal das três bacias em estudo. Destaca-se que, de acordo com o observado na Figura 3, o período seco se estendeu, no ano de 2020, até o mês de novembro, com o retardamento do período cheio 2020/2021 nestas bacias. Segundo Marengo et al. (2021), a predominância de massas de ar mais quentes e mais secas de latitudes subtropicais contribuiu para a escassez de chuvas durante os verões de 2019 e 2020 na região central do Brasil, o que levou a condições extremas de seca prolongada em toda a região, e que se refletiu inclusive nas bacias acreanas em estudo.

Como pode ser visto na Tabela 7, comparando-se mês a mês a cota mínima observada com a predita pelos modelos para o período de vazante, a cota mínima anual de 2020 ocorreu em agosto, para a BHT, e em outubro, para a BHJ e BHA, atingindo 94 cm, 370 cm e 132 cm, respectivamente. Das três bacias acreanas, apenas a BHJ não atingiu níveis abaixo da cota alerta de 230 cm, nível considerado limite segundo a Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA) e a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMDEC) do Acre. Em contrapartida, as bacias dos rios Tarauacá e Acre ultrapassaram a Cota Escassez, de 200 cm para a BHT e de 269 cm para a BHA.



**Figura 3** – Cota mínima observada e predita para o ano de 2020 das bacias (a) do rio Juruá, (b) do rio Tarauacá e (c) do rio Acre.

Durante o período em análise, de junho a novembro, observa-se na Tabela 7 que a previsão da cota mínima pelos modelos de RLM e RNA foi obtida de modo satisfatório para as bacias do



Tarauacá e Acre. Os modelos prognosticaram o mês da mínima cota registrada (agosto e outubro, respectivamente), à exceção do modelo RBF para a BHT e do modelo RLM para a BHA, assim como, aproximadamente, o valor observado da cota mínima, com um erro em torno de  $\pm 50$  cm, tanto para BHT como BHA, destoando apenas o modelo RLM para a BHT, que superestimou o valor observado em mais de 1 metro.

**Tabela 7** – Cota mínima observada (cm) e o prognóstico para o período de vazante 2020 dos modelos RLM e RNA, das bacias (a) do rio Juruá, (b) do rio Tarauacá e (c) do rio Acre.

Bacias	Meses	OBS	RLM	RBF	GRNN	MLP	GMDH	ENS-RNA
BHJ	Jun	473	450	508	440	462	431	460
	Jul	434	345	291	216	382	360	312
	Ago	377	361	218	368	285	403	319
	Set	385	390	199	383	270	417	317
	Out	370	487	556	505	390	485	484
	Nov	429	621	951	983	550	599	771
BHT	Jun	169	247	198	215	409	213	259
	Jul	105	234	162	120	271	177	183
	Ago	94	204	149	41	145	154	122
	Set	151	221	137	46	156	167	126
	Out	149	265	144	220	325	218	227
	Nov	174	334	276	476	403	280	359
BHA	Jun	240	346	261	265	368	368	315
	Jul	225	174	209	313	221	281	256
	Ago	147	154	196	139	220	242	199
	Set	150	122	185	101	184	201	168
	Out	132	184	183	101	128	192	151
	Nov	153	323	225	279	310	306	280

**Nota.** Os valores destacados referem-se às menores cotas mínimas do período.

O modelo de rede neural MLP foi o que mais próximo chegou do mínimo anual, subestimando em 4 cm a cota observada na BHA, seguido do modelo RLM (subestimando em 10 cm) e do ensemble

RNA (superestimando em 19 cm), enquanto que, para a BHT, o ENS-RNA subestimou em 28 cm a mínima anual observada, mas, isoladamente, os modelos de RNA se sobressaíram à frente do modelo RLM. Esses resultados estão de acordo com os encontrados em Rodrigues (2015), Santos Neto et al. (2020) e Silva et al. (2018), confirmando a eficiência do método. Mais recentemente, Santos Neto (2021), ao aplicar o mesmo método no prognóstico de cotas máximas mensais do rio Acre na cidade de Rio Branco, verificou que os modelos baseados em RNA obtiveram uma eficiência de até três vezes superior à técnica de RLM em simular as maiores alagações deste rio.

Para a BHJ, os cinco modelos propostos nesta pesquisa anteciparam a cota mínima anual. Os modelos MLP e RBF previram a cota mínima para o mês de setembro, enquanto os modelos GMDH, GRNN e RLM previram o mínimo em julho. Apesar de terem adiantado o mês, os modelos GMDH e RLM prognosticaram valores próximos do observado, subestimando-os em 10 e 25 cm, seguidos do ENS-RNA, que subestimou em 58 cm a cota mínima observada. Já os modelos MLP, GRNN e RBF subestimaram entre 1 e 1,7 metros o valor da cota mínima.

Quando analisados isoladamente, apenas para o período de interesse, os modelos de RNA sinalizaram com maior acurácia a evolução da vazante 2020, previram a possibilidade de haver uma seca severa, com valores abaixo da cota alerta para escassez, como de fato foi observado nas bacias do rio Tarauacá e do rio Acre, assim como a maioria dos modelos sinalizaram que o período seco da bacia do Juruá seria normal, com valores acima da cota alerta, com um bom indicativo principalmente do ensemble das RNAs (SEMAPI, 2020).

#### 4. CONCLUSÃO

As cotas mínimas mensais das bacias dos rios Juruá, Tarauacá e Acre possuem forte associação com a TSM média mensal dos Oceanos Atlântico e Pacífico, além da pressão atmosférica média mensal em Darwin e Tahiti. Isso mostra que a variabilidade mensal, tanto da TSM das áreas tropicais destes oceanos como da pressão atmosférica, provoca alterações no regime pluviométrico que, conseqüentemente, reflete-se sobre o nível do rio.

Todos os modelos tiveram bons índices de desempenho ao prognosticar cotas mínimas mensais com quatro meses de antecedência nas três bacias acreanas analisadas. Na comparação entre o método estatístico e os de inteligência artificial, os baseados em RNA conseguem captar os padrões climáticos e antecipar os extremos hídricos melhor que a RLM. Já o modelo RLM obteve resultados satisfatórios para essas bacias, se sobressaindo quando o período de vazante está em sua normalidade (como ocorreu na BHJ), mas sendo inferior à RNA na detecção de padrões climáticos que possam vir a ocasionar eventos extremos de seca (como aconteceu na BHT e na BHA).

Apesar da limitação do método em não captar sinais de ordem meteorológica na escala sub-mensal, levando em consideração apenas a correlação do nível do rio com a TSM e a pressão atmosférica, o método baseado em RNA teve o melhor desempenho em simular os eventos severos de seca, confirmando sua capacidade em modelar sistemas não lineares complexos. Apesar de ambas as técnicas de RNA e RLM possuírem vantagens e desvantagens, uma em relação à outra, o método baseado em RNA pode ser utilizado pelo SipamHidro do CENSIPAM em conjunto com o modelo de previsão atual, aumentando assim a acurácia do sistema e ajudando as autoridades locais na mitigação de eventos extremos com antecedência.

## 5. REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHART, R. J. Neural network modelling: basic tools and broader issues. *In*: ABRAHART, R., P. E.; KNEALE, P. E.; SEET, L. M. **Neural networks for hydrological modelling**. Leiden: Taylor & Francis Group. 2004.

ACRE. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Plano estadual de recursos hídricos do Acre** – Rio Branco: SEMA, 243 p., 2012.

ACRE. **Manual de operação da unidade de situação de monitoramento de eventos hidrometeorológicos do estado do acre**. Rio Branco: Governo do Estado do Acre, 112 p., 2015.

AGGARWAL, C. C. **Neural networks and deep learning: a textbook**. Cham: Springer, 2018. 512 p.

ALMEIDA, L.; SERRA, J. C. V. **Modelos hidrológicos, tipos e aplicações mais utilizadas**. Revista da FAE, v. 20, n. 1, p. 129-137, 2017.

ANA. Hidroweb V. 3.1.1 – **Séries Históricas**. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em: abr. 2020.

BAKER, J. C. A. et al. Robust Amazon precipitation projections in climate models that capture realistic land-atmosphere interactions. **Environmental Research Letters**, v. 16, Number 7, 2021.

BEALE, M. H.; HAGAN, M. T.; DEMUTH, H. B. MATLAB. **Neural network toolbox: user's guide**. The MathWorks, 512 p., 2017.

BERENQUER, E. et al. Tracking the impacts of El Niño drought and fire in human-modified Amazonian forests. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. v. 118, 2021.

BESAW, L. E.; RIZZO, D. M.; BIERMAN, P. R.; HACKETT, W. R. Advances in ungauged streamflow prediction using artificial neural networks. **Journal of Hydrology**, v. 386, p. 27-37, 2010.

BORMA, L. S. et al. Impactos dos eventos extremos de seca e cheia sobre os recursos hídricos amazônicos, desastres naturais e ações da defesa civil. *In*: Borma, L. S.; Nobre, C. A. (Org.). Eds., **Secas na Amazônia**. Oficina de Textos: São Paulo, 2013.

BUENO, E. I. **Group Method of Data Handling (GMDH) e Redes Neurais na Monitoração e Detecção de Falhas em sensores de centrais nucleares**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

CEPED-UFSC. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012**. 2.ed., Florianópolis: CEPED-UFSC, Acre, 93 p., 2013a.

COELHO, C. A. S. et al. Climate diagnostics of three major drought events in the Amazon and illustrations of their seasonal precipitation predictions. **Meteorological Applications**, v. 19, p. 237–255, 2012.

CPC. **Annual Mean Sea Surface Temperature (°C): 1971-2000**. Disponível em: <<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/>> e <<http://psl.noaa.gov/cgi-bin/data/testdap/timeseries.pl>>. Acesso em: abr. 2020.

CPRM. **Geodiversidade do estado do Acre**. Porto Velho: CPRM, 321 p, 2015.

DANCEY, C. P.; REIDY, J. **Estatística sem matemática para psicologia – Usando SPSS para Windows**. 3.ed., Porto Alegre: Artmed, 608 p., 2006.

DIOP, L. et al. The influence of climatic inputs on stream-flow pattern forecasting: case study of upper Senegal river. **Environmental Earth Sciences**, v. 77, p. 182, 2018.

ESPINOZA, J. C. et al. The extreme 2014 flood in south-western Amazon basin: The Role of Tropical-Subtropical South Atlantic SST Gradient. **Environmental Research Letters**, v. 9, n. 12, p. 124007(1-9), 2014.

FRANCO, V. S. **Previsão Hidrológica de Cheia Sazonal do Rio Xingu em Altamira-PA**. 2014. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

FURTADO, M. I. V. **Redes neurais artificiais: uma abordagem para sala de aula** / Maria Inês Vasconcellos Furtado. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.

GHORBANI, M. A. et al. A Comparative study of artificial neural network (MLP, RBF) and support vector machine models for river flow prediction. **Environmental Earth Science**, v. 75, n. 6, p. 476, 2016.

GMDH. **National Institute for Strategic Studies, International Center for Information Technologies and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraina**. Disponível em: <<https://www.gmdh.net/index.html>>. Acesso em: ago. 2021.

HAIR JR, J. F et al. **Análise multivariada de dados**. 5.ed., Porto Alegre: Bookman, 593 p., 2005.

HANNAN, S. A.; MANZA, R. R.; RAMTEKE, R. J. Generalized regression neural network and radial basis function for heart disease diagnosis. **International Journal of Computer Applications**, v. 7, n. 13, p. 7-13, 2010.

HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R.; FRIEDMAN, J. **The elements of statistical learning – data mining, inference, and prediction**. 2.ed., Springer, 764 p., 2017.

HAYKIN, S. **Redes Neurais: Princípios e Prática**. 2.ed., São Paulo: Bookman, 2001.

HEATON, J. **Artificial intelligence for humans**. Volume 3: Deep learning and neural networks. Heaton Research Inc, 2015, 268 p.

HUANG, B. et al. Extended Reconstructed Sea Surface Temperature version 5 (ERSSTv5), Upgrades, validations, and intercomparisons. **Journal Climate**, 2017, doi: 10.7289/V5T72FNM.

JAIN, S. K.; SINGH, V. P. Hydrological cycles, models and applications to forecasting. In: DUAN, Q. et al. (Org.). **Handbook of hydrometeorological ensemble forecasting**. Berlim: Springer-Verlag, 2019.

JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C. et al. Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015–2016. **Scientific Reports** v. 6, n. 33130, 2016.

MARENGO, J.A. **Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade: Caracterização do Clima Atual e Definições das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao longo do Século XXI**. Ministério do Meio Ambiente: Brasília, 2006.

MARENGO, J. A. et al. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, v. 38, p. 1–5, 2011.

MARENGO J. et al. Recent Extremes of Drought and Flooding in Amazonia: Vulnerabilities and Human Adaptation. **American Journal of Climate Change**, v. 2, n. 2, p. 87-96, 2013.

MARENGO, J. A. et al. Extreme Drought in the Brazilian Pantanal in 2019–2020: Characterization, Causes, and Impacts. **Frontiers in Water**, v. 3, 2021.

MARENGO, J. A.; ESPINOZA, J. C. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: causes, trends and impacts. **International Journal of Climatology**, v. 36, p. 1033-1050, 2016.

MINNS, A. W.; HALL, M. J. Artificial neural network concepts in hydrology. In: Anderson, M. G.; Mcdonnell, J. J. **Encyclopedia of hydrological sciences**. Chichester: John Wiley and Sons, 2005.

MOREIRA, I. A. **Modelagem hidrológica chuva-vazão com dados de radar e pluviômetros**. 2005. 96 f. Universidade Federal do Paraná, Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidrológica) – Departamento de Hidráulica e Saneamento, Curitiba, 2005.

NOSE FILHO, K. **Previsão de carga multinodal utilizando redes neurais de regressão generalizada**. 2011. 92 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo, 2011.

PANISSET, J. S. et al. Contrasting patterns of most extreme drought episodes of 2005, 2010 and 2015 in the Amazon Basin. **International Journal of Climatology**, v. 38, p. 1096–1104, 2018.

PAULOS, J. P. F. P. **Previsão de consumo de energia elétrica e do preço da eletricidade através de redes neuronais de regressão generalizada**. 2017. 121 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2017.

PEZZI, L.; SOUZA, R. B. Variabilidade de mesoescala e interação oceano-atmosfera no Atlântico Sudoeste. In: CAVALCANTI I. F. A.; FERREIRA, N. J., SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

RODRIGUES, M. M. **Otimizando a Previsão de Cheias Sazonais para o Rio Negro Utilizando Redes Neurais de Propagação Direta**. 2015. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

RONCHAIL, J. et al. Inundations in the Mamoré Basin (South-Western Amazon – Bolivia) and Sea-surface temperature in the



pacific and atlantic oceans. **Journal of Hydrology**, v. 305, p. 223-238, 2005.

SANTOS NETO, L. A. et al. **Variabilidade espacial da precipitação climatológica na bacia hidrográfica do rio Acre**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 20. Anais... Maceió: SBMET, 2018.

SANTOS NETO, L. A. et al. Modelagem hidroclimatológica utilizando redes neurais Multi Layer Perceptron em bacia hidrográfica no sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Climatologia**, ISSN: 2237-8642 (Eletrônica), v. 26, p. 696-711, 2020.

SANTOS NETO, L. A. **Modelagem hidroclimatológica de níveis máximos mensais do rio Acre na cidade de Rio Branco/AC**. 2021. 210f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Núcleo de Ciências Exatas e da Terra, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2021.

SEMAPI – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e das Políticas Indígenas do Acre. *Webinar Ambiental: Desafios da Gestão de Recursos Hídricos no Estado do Acre durante o período de estiagem e pandemia da COVID-19 em 2020*. [S. l.]: Conectados com a Biodiversidade, 24 jun. 2020. 1 vídeo (2h:01min) [Live]. Disponível em:  
<<https://www.youtube.com/watch?v=7Ws8wn9N51w>>.

SENA, J. et al. Extreme Events of Droughts and Flood in Amazonia: 2005 and 2009. **Water Resource Management**, v. 26, p. 1665-1676, 2012a.

SENA, J. et al. Evaluation of Vulnerability to Extreme Climatic Events in the Brazilian Amazonia: Methodological Proposal to the Rio Acre Basin. **Water Resources Management**, v. 26, p. 4553-4568, 2012b.

SILVA, M. V. et al. Relationships between Pacific and Atlantic Ocean sea surface temperatures and water levels from satellite

altimetry data in the Amazon rivers. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 23, n. 32, p. 1-16, 2018.

SILVA, A. G.; CASTRO, A. R. G.; VIEIRA, A. C. Modelo de previsão hidrológica utilizando redes neurais artificiais: um estudo de caso na bacia do rio Xingú – Altamira-PA. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 10, n. 3, p. 55-62, 2018.

SOUSA, W. S.; SOUSA, F. A. S. Rede Neural Artificial Aplicada à Previsão de Vazão da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 173-180, 2010.

TAYYAB, M. et al. Discharge forecasting by applying artificial neural networks at the Jinsha river basin, China. **European Scientific Journal**, v. 12, n. 9, p. 108-127, 2016.

ZANIN, P. R.; SATYAMURTY, P. Hydrological processes interconnecting the two largest watersheds of South America from multi-decadal to inter-annual time scales: a critical review. **International Journal of Climatology**, v. 40, n. 9, p. 4006-4038, 2020.

ZHANG, G.; PATUWO, B. E.; HU, M. Y. Forecasting with artificial neural networks: The state of the art. **International journal of forecasting**, Netherlands, v. 14, n. 1, p. 35-62, Mar. 1998.

## CAPÍTULO 20

# VALIDAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE DO HERBICIDA 2,4-D E DE SEU METABÓLITO 2,4- DCP POR CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA

**Kaio Pires Gonçalves<sup>67</sup>, Romon Amorim Ribeiro<sup>68</sup>, Leandro Soares  
Moreira Dill<sup>69</sup>, Júlio Sancho Linhares Teixeira Militão<sup>70</sup> & Rosalvo  
Stachiw<sup>71</sup>**

### INTRODUÇÃO

#### Histórico

A agricultura surgiu há milhares de anos, inicialmente com o objetivo de subsistência humana. Mas com o surgimento das cidades e, paralelamente, com o crescimento da população mundial, houve o aumento da demanda de alimentos, o que fez com que as práticas agrícolas passassem por mudanças para atender tanto o abastecimento local quanto a exportação para outros países (BAUMGARTNER, 2013).

Durante o século XX surgiram métodos mais modernos para aprimorar as atividades na lavoura, seja para criar meios de fortalecimento do plantio ou meios de erradicação de pragas. Esse cenário foi a condição perfeita para que muitas empresas do ramo

---

<sup>67</sup> Graduando do curso de Licenciatura em Química - Universidade Federal de Rondônia - UNIR. kaiopires0000@gmail.com

<sup>68</sup> Graduando do curso de Licenciatura em Química - UNIR. ramonamorim17@gmail.com

<sup>69</sup> Doutor em Biologia Experimental - UNIR. leandrosoaresmoreira@gmail.com

<sup>70</sup> Professor da UNIR. Campus de Porto Velho. julio.militao@gmail.com

<sup>71</sup> Professor da UNIR. Campus de Porto Velho. rosalvo\_stachiw@unir.br

prosperassem, ao mesmo tempo que fez com que outras surgissem, principalmente as ligadas à química e à biotecnologia. A falta de alimentos, com o fim da Segunda Guerra Mundial, também foi decisiva para o desenvolvimento da química moderna através da criação de diversos compostos orgânicos para o controle de plantas espontâneas e outros interferentes da lavoura (MESQUITA, 2001).

O uso de agroquímicos tornou-se uma rotina nas atividades agrícolas a partir da Revolução Verde (anos 60), na busca de maximizar os rendimentos, produzindo-se mais variedades possíveis de ser cultivadas em qualquer região do mundo. Esse período potencializou a tecnologia agrícola e a demanda pela produção de cultivos, principalmente por meio do uso de pesticidas sintéticos (agrotóxicos) e fertilizantes (MATOS, 2010).

Durante muito tempo, pouco cogitou-se relacionar qualquer tipo de periculosidade ao uso dessas substâncias, devido à “mágica” da superprodução de alimentos. No entanto, com o passar dos anos, verificaram-se várias associações desses compostos com efeitos adversos sobre a saúde humana e o meio ambiente, principalmente no que diz respeito aos agrotóxicos.

Aplicados sem os devidos critérios, os agrotóxicos podem causar efeitos extremamente nocivos sobre a saúde ambiental e humana. A contaminação pode ocorrer por meio dos solos, mananciais, águas pluviais, ar e até mesmo na contaminação do próprio alimento a ser comercializado ou consumido pelos agricultores ou terceiros. Devido às diferentes propriedades químicas e físico-químicas, muitos apresentam diferentes graus de potencial de degradação, de toxicidade, podendo ser carcinogênicos e/ou mutagênicos, como também possuir potenciais efeitos endócrinos em organismos de animais e humanos (ARMAS et al., 2007; PERES et al., 2002).

## **Legislação**

No Brasil, segundo a lei federal n.º 7 802, de 11/07/89, regulamentada pelo Decreto n.º 98.816, no seu artigo 2, inciso I, os agrotóxicos (chamados também de praguicidas, pesticidas, defensivos agrícolas, agroquímicos ou biocidas) são definidos como produtos e componentes físicos, químicos ou biológicos utilizados em setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos provindos do meio agro. São comumente utilizados em pastagens, proteção de florestas nativas, ambientes urbanos, hídricos e industriais. O uso dos agrotóxicos tem o objetivo de alterar a composição da fauna e flora para fins de preservação da ação danosa de interferentes, como organismos vivos e/ou substâncias, estimuladores e outros produtos danosos à saúde da flora e fauna.

Cabe ao Ministério da Agricultura, do Meio Ambiente e da Saúde realizar a classificação de registro dos agrotóxicos, sendo que estes órgãos são imprescindíveis instrumentos para a fiscalização e controle de produção, importação, exportação e comercialização dos agrotóxicos, para que o uso destes produtos não ocorra de maneira indiscriminada, evitando-se a lixiviação dos resíduos destes agroquímicos no meio ambiente. No Brasil, cabe à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) buscar acompanhar este processo e monitorar a possível presença de tais resíduos nos alimentos (PERES et al, 2003).

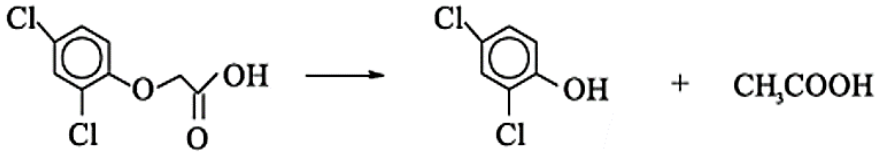
### **Agrotóxicos organoclorados e o ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)**

Os agrotóxicos organoclorados possuem um alto índice de distribuição geográfica de escala mundial, acumulam-se em tecidos adiposos de organismos vivos e são amplamente prejudiciais à saúde humana e ambiental (GALT, 2008). São substâncias orgânicas cuja principal característica é a alta

persistência no meio ambiente, como em solos, sedimentos, ar e biota. Por serem compostos lipofílicos, são bioacumulativos na cadeia alimentar, apresentam alta estabilidade físico-química e sem volatilização em ambientes com condições normais de temperatura (ALVES et al., 2010).

O ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) foi o primeiro herbicida orgânico sintetizado (1940) a ser introduzido no mercado, sendo bastante utilizado na época para combater o crescimento de ervas daninhas. O 2,4-D é um herbicida orgânico de caráter polar, é seletivo e sistêmico, apresenta um baixo pKa de 2,6 e solubilidade em água de 600 ppm a 25 °C. Atua como um regulador de crescimento, o que justifica a sua ampla utilização no controle de crescimento de ervas daninhas de folhas largas. Possui baixo custo, o que é de grande relevância para os agricultores que fazem o seu uso de modo frequente (COELHO, 2018; MARCHI et al., 2008).

A comercialização do herbicida 2,4-D é legalizada no Brasil, desde que apresentados os documentos comprobatórios para a real finalidade do produto, e é monitorada pelo órgão competente do Brasil (ANVISA). Este herbicida pode ser comercializado em forma salina, amina ou ésteres com diferentes graus de pureza para fins de estudos analíticos e/ou diluído em soluções específicas para aplicações, direta ou indiretamente, nas plantas ou solos. A fórmula estrutural do ácido 2,4-D, e do seu principal produto de degradação, o 2,4-diclorofenol (2,4-DCP), está ilustrada na figura 1. Este composto tem seus sais e ésteres utilizados como agente químico dos herbicidas da classe dos fenoxiacéticos (VIEIRA, 1999).



**Figura 1.** Estrutura do 2,4-diclorofenoxiacético e do 2,4-diclorofenol.

Ele é classificado pela ANVISA como um produto hormonal extremamente tóxico (de classe II), que pode ser comercializado em forma salina, amina ou ésteres com diferentes graus de pureza para fins de estudos analíticos e/ou diluído em soluções específicas para aplicações direta ou indiretamente nas plantas ou solos (AMARANTE JÚNIOR et al., 2003; VIEIRA, 1999).

No Brasil, a portaria do Ministério da Saúde (MS) n.º 2.914/2011 estabelece os limites de concentrações para o uso dos agroquímicos em quaisquer atividades agrícolas. No caso do 2,4-D e seus derivados, a ANVISA permite o uso de produtos contendo o 2,4-D e seus metabólitos, desde que a concentração destas moléculas com toxicidade ativa não supere a concentração de 30 µg. L<sup>-1</sup> presentes no meio ambiente (COELHO, 2018).

Uma das técnicas mais recomendadas para a determinação e quantificação do 2,4-D é a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE ou HPLC, do inglês *High Performance Liquid Chromatography*). A CLAE se destaca pela sua alta sensibilidade, eficácia, simplicidade e rapidez quando comparada a outras técnicas analíticas, e é o tipo mais versátil de cromatografia por eluição. Essa técnica é usada para separar e determinar espécies em uma grande variedade de materiais orgânicos, inorgânicos e biológicos, e consiste em um solvente líquido (fase móvel) contendo a amostra em forma de soluto juntamente com outros componentes (SKOOG et al., 2008). Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo validar a metodologia de análise do

herbicida ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) e 2,4-diclorofenol (2,4-DCP) através da CLAE.

## DESENVOLVIMENTO

### Validação de métodos analíticos

A validação de uma metodologia é uma etapa imprescindível em qualquer análise química, pois respalda os resultados com critérios rigorosos de qualidade. Para isso, a metodologia deve atender aos parâmetros estabelecidos por um órgão nacional competente, entre os quais a linearidade, intervalo de trabalho, especificidade/seletividade, sensibilidade, precisão, exatidão, limite de detecção (LD), limite de quantificação (LQ) e robustez (CHAVES, 2018).

A **linearidade** de um método consiste na expressão linear do sinal analítico sendo proporcional à sua concentração. É recomendável que a linearidade de um método seja realizada no mínimo em concentrações diferentes, sendo o critério mínimo aceitável de correlação linear ( $r$ ) = 0,99. Já o **intervalo de trabalho** é a faixa que se estende da menor à maior concentração das soluções-padrão usadas na curva de calibração (ANVISA, 2003).

A **seletividade/especificidade** é o grau de resultados que um método produz de maneira inequívoca analisando analitos de uma amostra que contenha mais de um componente nesta mesma amostra, podendo ser interferentes que implicam a eficiência da medição, como impurezas na solução, produtos de degradação e componentes da matriz (ANVISA, 2003).

A **sensibilidade analítica** é a mudança na resposta do instrumento que corresponde a uma mudança na quantidade medida, ou seja, a verificação de se uma pequena mudança na concentração do analito é capaz de responder com uma grande variação no sinal (INMETRO, 2016).



A **precisão** consiste na avaliação da proximidade dos resultados obtidos sob determinadas condições. A precisão pode ser expressa como desvio padrão relativo (DPR), também conhecido por coeficiente de variação (CV), por meio da fórmula (INMETRO, 2016):

$$CV = DPR = (DP/CMD) \times 100 \quad (1)$$

Onde DP é o desvio-padrão e CMD é a concentração média determinada.

De acordo com a ANVISA (2003), a **exatidão** de um método consiste na proximidade dos resultados obtidos frente a um valor tido como verdadeiro. A exatidão é expressa pela relação entre a concentração média determinada experimentalmente e a concentração teórica correspondente. A exatidão de um método pode ser determinada por meio da equação:

$$Exatidão = \left( \frac{\text{concentração média experimental}}{\text{concentração teórica}} \right) \times 100 \quad (2)$$

O **limite de detecção (LD)** consiste na menor quantidade que pode ser encontrada do analito presente em uma amostra, mas não necessariamente quantificado. O LD pode ser encontrado com base na relação 3:1 (sinal/ruído) ou por meio da seguinte equação:

$$LD = 3,3 \times (s/S) \quad (3)$$

Onde **s** é o desvio-padrão da resposta, que pode ser a estimativa do desvio padrão do branco, da equação da curva analítica ou do coeficiente linear da equação, e **S** é a inclinação (“*slope*”) ou coeficiente angular da curva (ANVISA, 2003; RIBANI et al., 2004).

Já o **limite de quantificação (LQ)** consiste na menor quantidade do analito que pode ser quantitativamente determinado em uma amostra apresentando níveis de precisão e exatidão dentro dos parâmetros permitidos. O LQ pode ser calculado com uma equação semelhante à do LD (ANVISA, 2003):

$$LD = 10 \times (s/S) \quad (4)$$

A **robustez** consiste na capacidade de o método analítico resistir às variações durante o período de execução do método e quando submetido aos testes para fins e avaliação da solidez deste método. A robustez tem a capacidade de fornecer uma indicação de confiança e segurança durante o período de análises (ANVISA, 2005).

### Condições cromatográficas

Foram realizados dois métodos para as análises cromatográficas do 2,4-D e 2,4-DCP, sendo um o método isocrático e o outro, o gradiente. Os testes de eluição preliminares para a análise cromatográfica dos analitos foram realizados por meio de um sistema de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (Shimadzu®), modelo CBM-20A, equipado com módulo desgaseificador de solventes (DGU-20AS), bomba quaternária de gradiente (LC-20AT), injetor manual de amostras (7725i), detector ultravioleta - arranjo de diodos (UV-DAD) (SPD-M20A) e forno de coluna (CTO-20A) e coluna cromatográfica C-18 (150 × 4,6 mm, 3,5 μm), acoplado a um computador munido de *software* de aquisição e tratamento de dados (*LC solutions*).

A fase móvel foi composta por duas soluções em ambos os métodos: a bomba A conteve a solução de água ultrapura (Milli-Q®) acidificada para 0,5% (v/v) com ácido acético e a bomba B outra solução contendo ACN também acidificada para 0,5% (v/v) com

ácido acético; os testes ocorreram em eluição gradiente utilizando-se o modo gradiente com fluxo de eluição de  $1,0 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ , com a concentração da bomba B variando de 30 a 100% de ACN no intervalo de 0 a 35 minutos, retornando a 30% em 35 minutos e mantendo os 30% até 40 minutos, quando a corrida cromatográfica foi automaticamente finalizada.

Para o método isocrático, a fase móvel foi composta por água ultrapura e metanol (ambos acidificados a 0,5% (v/v) com ácido acético cada), com partições de 30:70; 50:50; 60:40 durante os testes para fins de se encontrar o melhor mecanismo para as análises das amostras. O volume de injeção das amostras foi de  $20 \mu\text{L}$ , com forno de coluna acondicionado em  $25^\circ\text{C}$ . O comprimento de onda para a detecção e quantificação dos analitos foi de  $280 \text{ nm}$ . Estas informações referentes às condições do equipamento para os testes cromatográficos e validação do método, ocorrendo tanto no isocrático quanto no gradiente, estão ilustradas na tabela 1.

**Tabela 1** – Condições cromatográficas utilizadas para análises de 2,4-D e 2,4-DCP

<b>Condições Cromatográficas gerais</b>	
Fase móvel para o modo isocrático e gradiente	Água ultrapura e Metanol; Água ultrapura e ACN.
Tamanho da coluna	C18 ( $150 \times 4,6 \text{ mm}$ , $3,5 \mu\text{m}$ ).
Diâmetro das partículas da coluna	$5 \mu\text{m}$
Temperatura	$25^\circ \text{C}$
Fluxo	$1 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$
Detector	Detector de arranjo de díodos (DAD) (SPD-M20A)
Comprimento de onda	200, 206, 230, $280 \text{ nm}$
Volume de injeção	$20 \mu\text{L}$

As análises utilizando-se o método gradiente ocorreram com um crescente aumento da solução de ACN presente na bomba B da fase móvel, ocorrendo de acordo com o tempo de corrida, que consistiu em um intervalo 0 a 40 minutos durante o processo de otimização do método, conforme apresentado na tabela 2. As análises utilizando-se o gradiente permitiu uma ampla visualização dos picos de 2,4-D e 2,4-DCP.

**Tabela 2** – Proporções da fase móvel usada para as análises do 2,4-D e 2,4-DCP pelo método do gradiente

<b>Condições da fase móvel durante o uso do gradiente</b>		
Tempo de corrida (min)	Água (Ac. 0,5%)	Acetonitrila (Ac. 0,5%)
0,01	70	30
0,02	70	30
0,03	70	30
35	0	100
35,01	70	30
40	70	30
40	Fim da corrida	Fim da corrida

### **Parâmetros para validação metodológica**

Os parâmetros avaliados para a validação do método foram: seletividade, linearidade, limite de detecção (LD), limite de quantificação (LQ), estabilidade do composto, precisão e exatidão. Estes parâmetros são relativos às determinações da Anvisa, por meio da Resolução n° 899/2003, e recomendações da *Association of Official Analytical Chemistry* para análise de resíduos (ANVISA, 2003; AOAC, 1998; WOOD, 1999). O método foi desenvolvido através da otimização de alguns dos parâmetros seguidos por Coelho (2018) e Ribani et al. (2004), sendo aprimorado com base em algumas considerações de Chaves et al. (2018). O processamento

dos dados obtidos durante os testes analíticos ocorreu por meio do *software LCSolutions* (versão 2.1).

Para a determinação da linearidade deste método, foram realizadas nove injeções de amostras contendo os analitos de interesse com as seguintes concentrações 0,01, 0,025, 0,05, 0,075, 0,1, 0,25, 0,50, 0,75, 1,0 mg. mL<sup>-1</sup>, onde as quais constituíram uma equação de reta denominada de curva analítica.

O teste de seletividade do método foi realizado por meio da comparação dos gráficos obtidos utilizando-se o branco e por meio dos resultados obtidos utilizando-se as soluções com os analitos. Os resultados obtidos com os testes no modo gradiente, com somente a solução branco, no intuito de visualizar a não absorção de picos próximos ou sobre o tempo de retenção da absorção dos picos de 2,4-D e 2,4-DCP. Após obter-se o resultado da análise utilizando o branco, foi realizada uma corrida com uma solução contendo os analitos na concentração de 0,001 mg. mL<sup>-1</sup>.

A precisão e exatidão do método foram determinadas por meio da construção de duas curvas analíticas independentes, sendo uma de baixas concentrações (0,01 a 0,1 mg.mL<sup>-1</sup>) e outra de altas concentrações (0,1 a 1,0 mg.mL<sup>-1</sup>). A precisão do método foi determinada por meio do coeficiente de variação (CV), que foi determinado pelo desvio padrão da concentração média multiplicada por 100.

A exatidão do método foi determinada pela razão da média da concentração experimental sobre a concentração teórica multiplicada por 100.

Os testes de estabilidade foram realizados para o 2,4-D e 2,4-DCP em solvente orgânico (metanol) por até 60 dias, e em água acidificada por 40 dias, avaliando-se 5 soluções em concentrações diferentes de 0,01; 0,03; 0,05; 0,08; 0,1 mg.mL<sup>-1</sup>, que ficaram acondicionadas em um freezer com temperatura de 4 °C.

## Validação do método

Os processos para a validação do método ocorreram seguindo os parâmetros e mecanismos exigidos pelos órgãos competentes (INMETRO e ANVISA), com o objetivo de diminuir a possibilidade de eventuais erros durante o preparo das soluções e leitura dos resultados obtidos.

### Preparo das soluções de trabalho de 2,4-D e 2,4-DCP

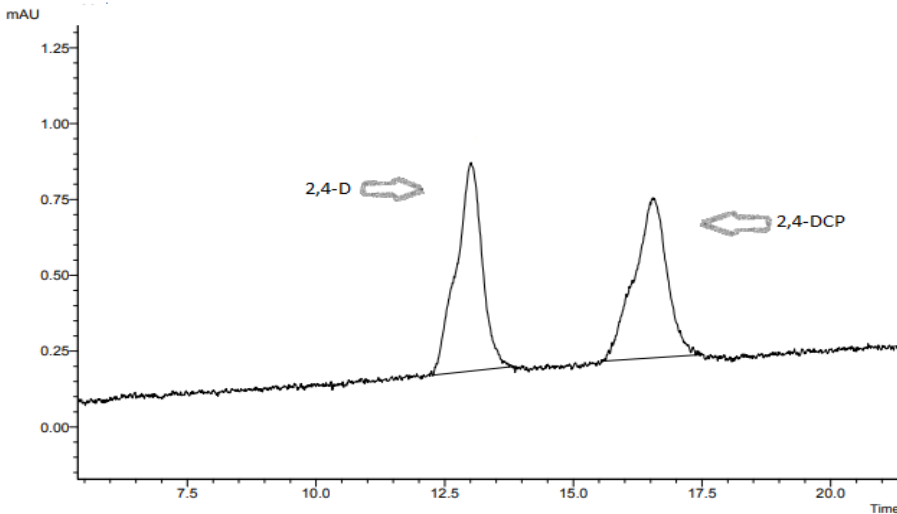
Para a realização dos primeiros testes com os padrões de 2,4-D e 2,4-DCP, foram preparadas algumas soluções em altas e baixas concentrações dos analitos. Os padrões de 2,4-D e 2,4-DCP (Sigma-Aldrich®), ambos com pureza superior a 97%. As soluções utilizadas para as análises foram preparadas em metanol na concentração variando de 0,001 – 0,1 mg.mL<sup>-1</sup>. Os solventes utilizados foram acetonitrila (ACN) e metanol (MeOH) grau HPLC (J.T. Baker®). A água ultrapura foi obtida por um sistema de ultra purificação analítico (Millipore). Para o preparo das soluções em baixas concentrações, foi realizada a pesagem dos reagentes 2,4-D e 2,4-DCP para o preparo de uma solução de cada reagente em recipientes distintos (balões volumétricos de 25 mL). Após isso, uma alíquota de cada solução foi transferida para um mesmo balão volumétrico (25 mL), onde foram homogeneizadas e submetidas a um processo de diluição com o objetivo de se obter a concentração de 0,10 mg.mL<sup>-1</sup> de ambas as substâncias. Com a obtenção da solução de 0,10 mg.mL<sup>-1</sup>, alíquotas de diferentes volumes foram retiradas e transferidas para *vials* para o preparo de 5 concentrações baixas da curva de calibração, variando de 0,001 a 0,1 mg.mL<sup>-1</sup> (curva baixa), e 5 concentrações altas de 0,1 a 1,0 mg.mL<sup>-1</sup> (curva alta).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros testes ocorreram em modo isocrático, onde foi possível observar a absorção dos picos de 2,4-D e 2,4-DCP. Dentro da faixa de 190 a 300 nm, os comprimentos de onda que se destacaram foram: 200, 206, 230 e 280 nm, com visualização dos respectivos picos dos analitos.

Para os testes em modo isocrático e gradiente, utilizaram-se metanol e água (ambos acidificados a 0,5% (v/v) com ácido acético), com partições de (30:70; 50:50; 60:40). Os resultados obtidos por meio destes testes não se mostraram favoráveis, uma vez que acarretaram o alargamento da base e sobreposição dos picos 2,4-D e 2,4-DCP.

Os melhores resultados obtidos nos testes realizados com as eluições em modo isocrático e gradiente ocorreram com a fase móvel composta pelas soluções de água ultrapura acidificada a 0,5% (v/v) com ácido acético e ACN acidificada a 0,5% (v/v) com ácido acético (30:70; 50:50; 60:40). A figura 2 mostra o resultado obtido de um dos testes realizados com a solução de  $0,01 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$  e fase móvel composta pelas soluções de água ultrapura acidificada a 0,5% (v/v) com ácido acético e ACN acidificada a 0,5% (v/v) com ácido acético, em proporção de 30:70 (v/v) no modo isocrático, injeção de  $20 \mu\text{L}$  e fluxo de eluição de  $1,0 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ . O resultado obtido foi satisfatório, pois permitiu a determinação e quantificação dos picos obtidos com as amostras dos padrões analíticos deste trabalho.



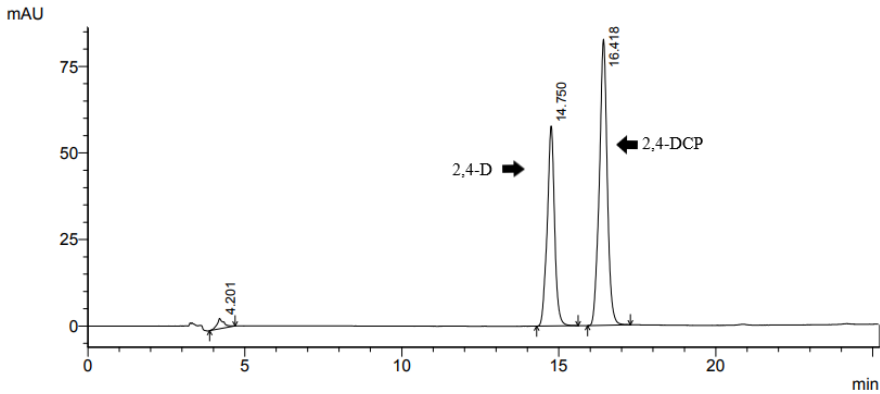
**Figura 2** - Cromatograma obtido com o uso do modo isocrático na proporção 30:70

Ao finalizarem-se os testes de eluição com a fase móvel em modo isocrático, visando a utilização deste método em análises de amostras reais, houve a necessidade de se realizar outros testes de eluição com a fase móvel em modo gradiente.

O uso do gradiente para realizar análises de analitos dessa característica torna-se importante pela real possibilidade de se encontrar interferentes em amostras reais, onde não se tem o controle de outros componentes presentes na amostra. Assim, este método se mostra eficiente em processos para a separação de picos, diminuindo consideravelmente as possibilidades de eventuais erros numéricos referentes aos analitos de interesse.

Os testes do modo de gradiente foram realizados com a fase móvel, contendo as soluções de água ultrapura acidificada a 0,5% (v/v) com ácido acético (Componente A) e Acetonitrila (ACN) acidificada a 0,5% (v/v) com ácido acético (Componente B), fluxo de eluição em  $1,0 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ , e com a corrida cromatográfica ocorrendo em 40 minutos. A figura 3 ilustra um dos resultados obtidos dos picos de 2,4-D e 2,4-DCP concentrado em  $0,1 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$  durante os testes cromatográficos.



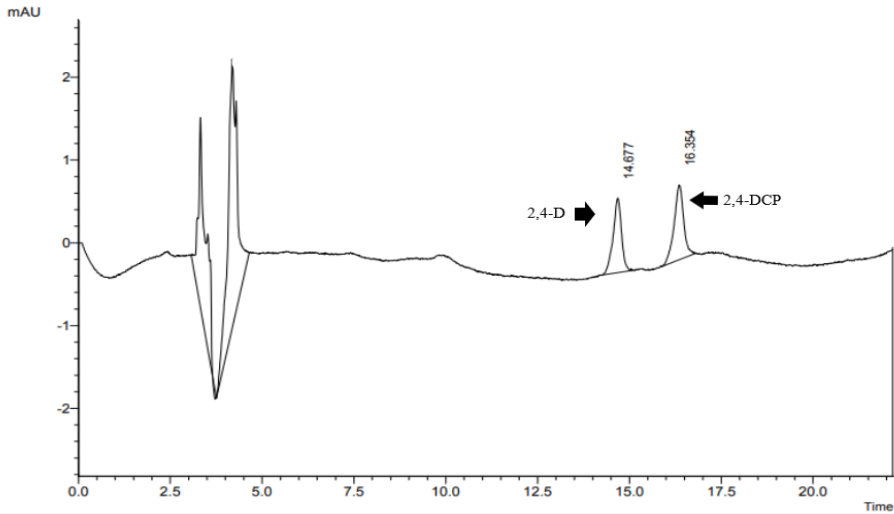


**Figura 3** - Cromatograma obtido com o uso do gradiente

Os testes realizados para a validação do método ocorreram no comprimento de onda de 280 nm do comprimento de onda, pois, apesar de a intensidade dos picos ser muito alta nos comprimentos de 200, 206 e 230, considerou-se o de 280 nm para os ensaios de validação por este ser menos sensível e absorver somente moléculas que contenham anéis aromáticos, limitando a possibilidade de eventuais apresentações de valores que não correspondam somente aos picos de 2,4-D e 2,4-DCP (SILVA, 2012).

### Seletividade

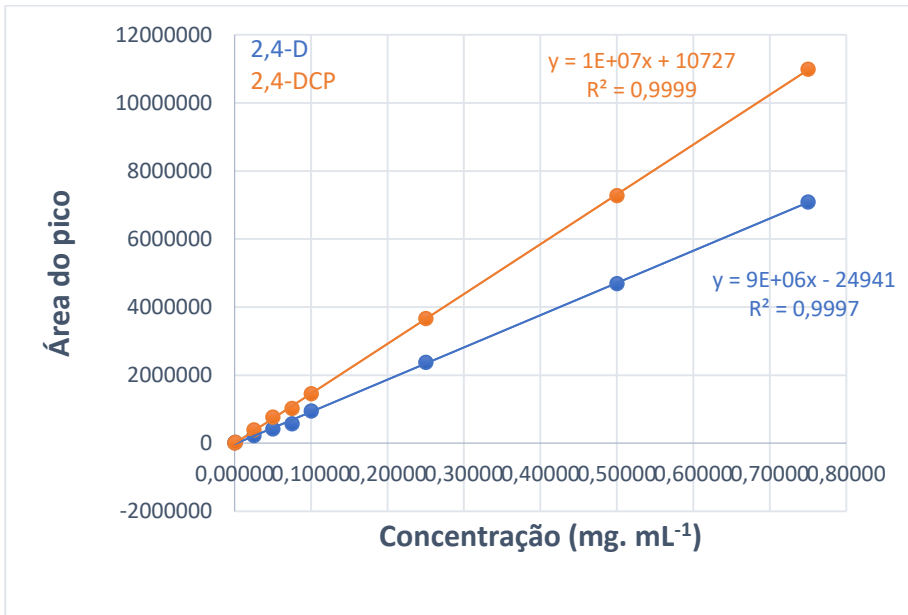
O resultado obtido foi a absorção dos cromatogramas de 2,4-D e 2,4-DCP em seus tempos de retenção característicos, comprovando a seletividade desse método. A figura 4 representa um dos cromatogramas obtidos na concentração de  $0,001 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$  para a determinação da seletividade do método.



**Figura 4:** Cromatograma de um dos resultados obtidos para a determinação da seletividade do método

### Linearidade

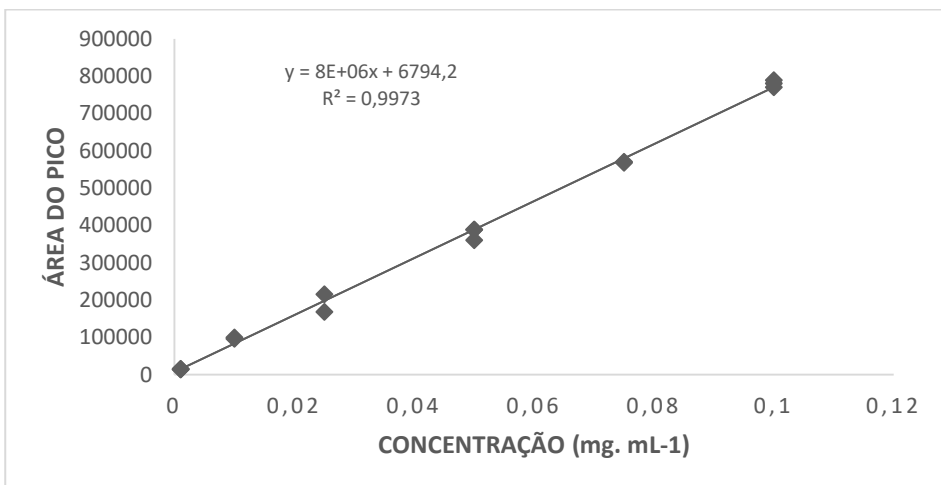
Após a obtenção da curva analítica, foi observado que os coeficientes de relação linear ( $r^2$ ) obtidos foram de 0,9997 para o 2,4-D e 0,9999 para o 2,4-DCP, atendendo aos critérios mínimos aceitáveis da ANVISA (2003) (igual ou maior que 0,99) e INMETRO (2010) (maior que 0,9). As curvas analíticas obtidas dos analitos analisados no comprimento de onda de 280 nm estão representadas na figura 5.



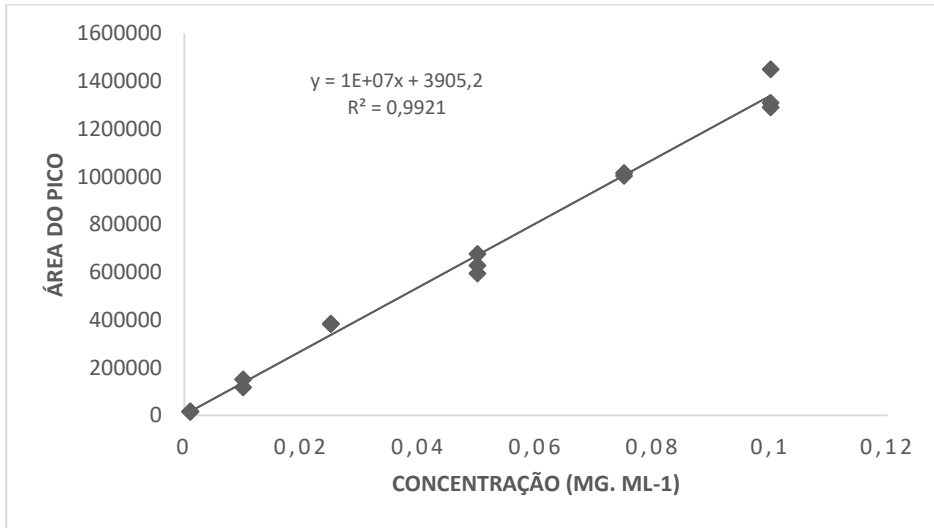
**Figura 5-** Curva analítica para determinação da linearidade do método com a utilização dos padrões de 2,4-D e 2,4-DCP

### Precisão e exatidão

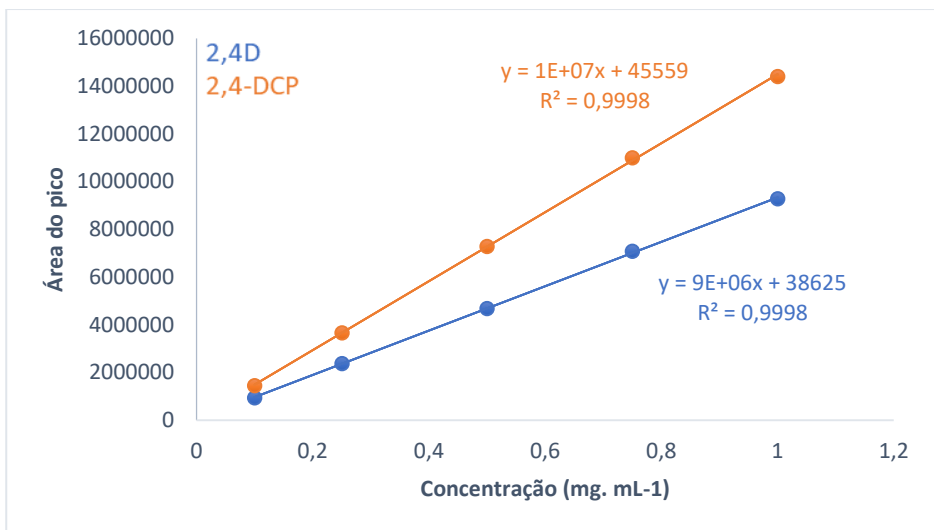
As figuras 6, 7 e 8 apresentam as curvas analíticas obtidas para as amostras de altas e baixas concentrações no comprimento de onda de 280 nm.



**Figura 6 -** Curva de calibração de baixas concentrações de 2,4-D



**Figura 7** - Curva de calibração de baixas concentrações de 2,4-DCP



**Figura 8** - Curva de calibração de altas concentrações de 2,4-D e 2,4-DCP

Os resultados obtidos por meio das curvas de calibração para a determinação da exatidão variaram entre 96,95% e 119,5% para o 2,4-D, enquanto para o 2,4-DCP, os resultados variaram entre

88,88% e 113,58%, estando dentro dos limites estabelecidos pelo INMETRO e ANVISA.

Os maiores valores apontados pelo coeficiente de variação (CV) foram de 18,28% para o 2,4-D em baixas concentrações e 18,25% para o 2,4-DCP em baixas concentrações. Para o 2,4-D em altas concentrações, o maior coeficiente de variação encontrado foi de 1,35% para o 2,4-D e 0,80% para o 2,4-DCP.

Desse modo, analisando-se os resultados obtidos, observa-se que o método se mostrou preciso e exato, uma vez que os resultados apresentaram coeficientes de variação inferiores a 20% para as curvas contendo as amostras de baixas e altas concentrações (RIBANI et al., 2004; ANVISA, 2003).

### **Limites de detecção (LD) e quantificação (LQ)**

O limite de detecção (LD) de 2,4-D encontrado foi de 0,0027 mg.mL<sup>-1</sup>, e o limite de quantificação (LQ) foi no valor de 0,0083 mg.mL<sup>-1</sup>, enquanto para o 2,4-DCP, o valor encontrado de LD foi de 0,0047 mg.mL<sup>-1</sup> e o de LQ foi 0,014. Tais resultados, embora aceitáveis, estão acima dos encontrados por Coelho (2018), que encontrou 0,02 µg.L<sup>-1</sup> e de LQ de 0,07 µg.L<sup>-1</sup>, para o 2,4-DCP foram 22,0 e 92,6 µg.L<sup>-1</sup> para LD e LQ. O fator de concentração da amostra contribuiu diretamente para esta diferença de resultados, visto que, para realizar análises em amostras reais, a concentração dos analitos de interesse é aumentada diversas vezes, diminuindo o LD e LQ do método. Ou seja, por se trabalhar com uma amostra real, o analito pode ser concentrado até mais de mil vezes antes de prosseguir com as análises no CLAE. Ao se concentrar várias vezes os analitos presentes em uma matriz, existe um enorme aumento da chance de este ficar dentro do LD e LQ do método proposto.

## **Estabilidade**

Após se esgotar o prazo de 40 dias, os resultados encontrados para as amostras diluídas em água acidificada apontaram para um aumento da área nas amostras de maiores concentrações e uma pequena redução nos picos das amostras de concentrações menores. Isso significa que não houve mudança nos tempos de retenção, mas a formação de outros metabólitos (não avaliados neste estudo). Os resultados encontrados após 60 dias de acondicionamento dos analitos diluídos em solvente orgânico tiveram comportamento semelhante às amostras diluídas em água acidificada, ou seja, alguns picos apresentaram aumento na área, e outros, a diminuição. De acordo com Gabardo (2015), o aumento dos picos está relacionado à volatilização do solvente utilizado ou à formação de metabólitos devido ao processo de degradação dos analitos.

## **CONCLUSÃO**

Os resultados de validação do método permitiram identificar as moléculas de 2,4-D e 2,4-DCP nas faixas de 200, 230 e 280 nm utilizando o gradiente. O comprimento de onda de 200 nm não foi utilizado devido à sua alta sensibilidade de absorvidade molecular. Foi possível realizar a identificação dos picos cromatográficos do 2,4-D e 2,4-DCP em 280 nm, mostrando-se condizentes com a literatura consultada.

Os parâmetros utilizados para a validação deste método demonstraram que o método foi preciso e exato, uma vez que seu coeficiente de variação não superou 20%, apresentando resultados satisfatórios de linearidade, com o coeficiente de correlação superior a 99% para as duas substâncias trabalhadas, sendo capaz de separar e quantificar os compostos 2,4-D e 2,4-DCP nas condições utilizadas para a validação do método. Os LD e LQ do método foram superiores ao encontrado na literatura, o que

ocorreu por conta do fator de concentração dos analitos. Os compostos trabalhados não demonstraram grande instabilidade em solvente orgânico e em água acidificada, e temperatura acondicionada a 4°C, com proteção contra os raios de luz.

Desse modo, conclui-se que os resultados obtidos permitem utilizar o método para determinação e quantificação analítica dos herbicidas 2,4-D e 2,4-DCP em amostras ambientais por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. I. R.; ANTONIOSI FILHO, R. A.; OLIVEIRA, L. G.; FURTADO, S. T. F. Avaliação da contaminação por pesticidas organoclorados em recursos hídricos do estado de Goiás. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 1, n.1, 67-74, 2010.

AMARANTE JÚNIOR, O. P.; SANTOS, T. C. R.; BRITO, N. M.; RIBEIRO, M. L. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**. v. 25, n.4, 589-593, 2002.

ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 899, de 29 de maio de 2003 – Anexo: Guia de validação de métodos analíticos e bioanalíticos**. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/res0899\\_29\\_05\\_2003.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/res0899_29_05_2003.html)>. Acesso em: mai. 2021.

ARMAS, E. D.; MONTEIRO, R. T. R.; ANTUNES, P. M.; SANTOS, M. A. P. F.; CAMARGO, P. B.; ABAKERLI, R. B. Diagnóstico espaço-temporal da ocorrência de herbicidas nas águas superficiais e sedimentos do rio Corumbataí e principais afluentes. **Química Nova**, v. 30, n. 5, 1119-1127, 2007.

BAUMGARTNER, D. **Residual do herbicida 2,4-D no solo e a sua correlação com a produtividade e os parâmetros químicos e físicos do solo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração de Sistemas Biológicos e Agroindustriais –

SBA) Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Cascavel, 2013.

CHAVES, M. J. S.; VERBINNEN, R. T.; DINIZ, M. S.; VIANA, J. L. M.; MENDONÇA, C. J. S.; FRANCO, T. C. R. S. Eficiência e robustez na determinação do herbicida 2,4-D em águas superficiais. **Revista Virtual de Química**. v. 10 (5), 1474-1484, 2018.

COELHO, E. R. C.; LEAL, W. P.; SOUZA, K. B.; ROZÁRIO, A.; ANTUNES, P. W. P. Desenvolvimento e validação de método analítico para análise de 2,4-D, 2,4-DCP e 2,4,5-T para monitoramento em água de abastecimento público. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 23, n. 6, 1043-1051, 2018.

GABARDO, R. P. **Estudo para determinação de herbicida de 2,4-D em água através de CLAE-DAD**. Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia em Processos Ambientais - Departamento Acadêmico de Química e Biologia – DAQBi) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2013.

GALT, R. E. Beyond the circle of poison: significant shifts in the global pesticide complex, 1976–2008. **Global Environmental Change**. v. 18, n. 4, 786-799, 2008.

INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Orientação sobre validação de métodos analíticos: DOQ-CGCRE-008**. Brasil, agosto de 2016.

MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G. **Herbicidas: mecanismos de ação e uso**. Embrapa Cerrados, 2008.

MATOS, A. K. V. Revolução verde, biotecnologia e tecnologias alternativas. **Cadernos da FUCAMP**, v. 10, n. 12, 1 – 17, 2010.

MESQUITA, S. A. 2001. **Avaliação da contaminação do leite materno por pesticidas organoclorados persistentes em mulheres doadoras do banco de leite do Instituto Fernandes Figueira, RJ**. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Saúde



Pública), Escola Nacional de Saúde Pública – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2001.

PERES, F. MOREIRA; JC, DUBOIS G.S. Agrotóxicos, saúde e ambiente: Uma introdução ao tema. *In*: Peres F, Moreira JC, organizadores. **É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente**. Rio de Janeiro: Fiocruz; 2003. p. 21-41.

PERES, T. B.; PAPINI, S.; MARCHETTI, M.; NAKAGAWA, L. E.; MARCONDES, M. A.; ANDRÉA, M. M.; LUCHINI, L. C. Métodos de extração de agrotóxicos de diversas matrizes. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 69, 87-94, 2002.

RIBANI, M.; BOTTOLI, C. B. G.; COLLINS, C. H.; JARDIM, I. C. S. F.; MELO, L. F. C. Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. **Química Nova**, v. 27, n. 5, 771-780, 2004.

SKOOG, Douglas A. **Principles of Instrumental Analysis**. 6. ed., 2007.

SILVA, P. D. **Determinação de compostos fenólicos por HPLC**. Tese (Mestrado em Química industrial) – Universidade da Beira Interior. Covilhã – Portugal, p. 136. 2012.

VIEIRA, E. M.; PRADO, G. S.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. Estudo da adsorção/dessorção do ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) em solo na ausência e presença de matéria orgânica. **Química Nova**, v. 22, n. 3, 305-308, 1999.

## CAPÍTULO 21

### ANÁLISE DO USO, OCUPAÇÃO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SALGADINHO, EM CACOAL – RO

Marcos Junior Faccin<sup>72</sup> & Leonardo Rosa Andrade<sup>73</sup>

#### 1. INTRODUÇÃO

A região do cráton amazônico é uma terra de sedimentos, fruto da erosão de pedras em um processo geológico que ocorre há bilhões de anos. Com isto, tende a se degradar de forma acelerada quando somado o uso antrópico do solo em função da intensidade de chuvas, pois sem a cobertura vegetal o solo não dispõe de defesa contra a erodibilidade pluviométrica.

Segundo Sporn e Ross (2004), apud Linhares (2013), “Qualquer alteração nos diferentes componentes da natureza tem reflexos diretos sobre a funcionalidade do sistema, podendo quebrar seu estado de equilíbrio dinâmico, desencadeando uma série de impactos negativos sobre o meio ambiente”.

Para fins urbanísticos, é importante pensar na exposição à qual se dão os terrenos desocupados e de uso comum, mesmo não sendo essencialmente públicos como no caso de terrenos baldios, ou seja, no caso das estradas não pavimentadas, todos estão sujeitos aos processos geológicos de erosão.

Permitir que o solo permaneça descoberto de qualquer vegetação, em alguns casos, pode levar ao surgimento de

---

<sup>72</sup> Engenheiro Ambiental. mjfaccin@hotmail.com

<sup>73</sup> Mestre em Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. leo.r.andrade@gmail.com

voçorocas, as quais, não sendo tratadas da maneira correta, consomem até mesmo a pavimentação ou construção civil nos seus arredores, escoando detritos para o corpo hídrico. O tratamento tardio para estas voçorocas custa caro ao bolso do contribuinte, um gasto completamente evitável com a devida preservação da cobertura natural do solo garantida por lei, como no caso das áreas de preservação permanentes (APP), e o correto manejo da drenagem hídrica.

O escoamento de particulados do solo para o leito do rio favorece a chance de haver enchentes durante o ápice do período chuvoso em um ciclo de desajustes, da seguinte forma: os detritos do perímetro urbano, assim como os fragmentos de terra e seus minerais desprendidos do solo, escoam para o rio Salgadinho. Assim, perde-se a fertilidade do solo na mesma medida em que se encurta a profundidade do leito do rio com o depósito desses sedimentos, um comportamento já observável nos trechos urbanos da bacia do rio Pirarara, a qual engloba a bacia do Salgadinho.

É ponto fundamental, diretamente ligado ao problema recorrente das inundações de Cacoal, o escoamento dos sedimentos, do solo desprovido da adequada cobertura vegetal, que assoreiam rios e córregos da cidade, comprometendo, entre outras, a bacia do rio Salgadinho, cujo leito se torna cada vez mais raso e a capacidade volumétrica reduzida, tornando assim cada vez menor o índice pluviométrico comportado pelo rio e elevando os riscos de transbordamentos.

Preservar os solos é de suma importância para a coexistência das zonas pavimentadas junto à vegetação e aos corpos hídricos. Faz-se notável, ao longo da história, como a ausência deste cuidado resultou apenas em acidentes de pequena e grande escala.

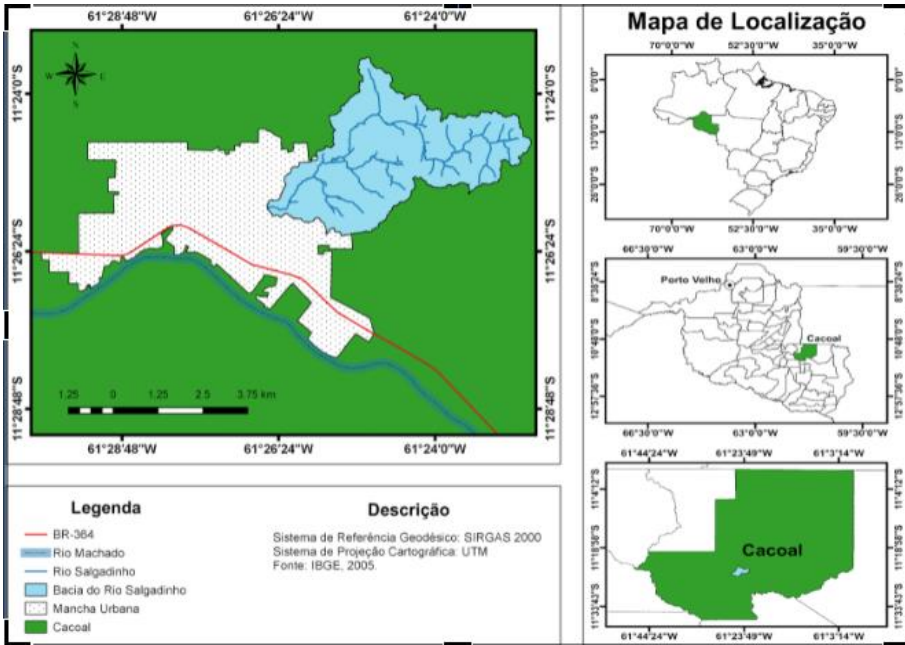
O presente trabalho tem por objetivo a realização de um diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do rio Salgadinho através do uso de dados geoespaciais e de técnicas de geoprocessamento para avaliar as condições de uso e ocupação da

terra nesta bacia, bem como apresentar possíveis soluções para minimizar os conflitos e impactos decorrentes do avanço da urbanização na região em estudo.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Área de interesse**

A área de estudo abrange a bacia hidrográfica do rio Salgadinho, que se localiza no município de Cacoal, estado de Rondônia. O Município de Cacoal está situado na região centro-leste de Rondônia, e se enquadra na zona 1.1 do Zoneamento Socioeconômico - Ecológico do Estado de Rondônia - ZSEE (região com intensa ocupação). O município ocupa uma área de 3.792,892 km<sup>2</sup>, e sua população em 2019 foi estimada em 85.359 habitantes, sendo que, no último Censo IBGE 2010, a população era de 78.574 habitantes. O rio Salgadinho deságua no rio Pirarara, o qual é tributário do rio Machado, sendo este último o maior rio totalmente rondoniense. A bacia do rio Machado possui uma área aproximada de 75.400 km<sup>2</sup>, atravessando o estado em direção ao rio Madeira que, por sua vez, é tributário do imenso rio Amazonas. Será considerada neste estudo somente a bacia do rio Salgadinho (Figura 1), que conta com uma área aproximada de 17 km<sup>2</sup>.



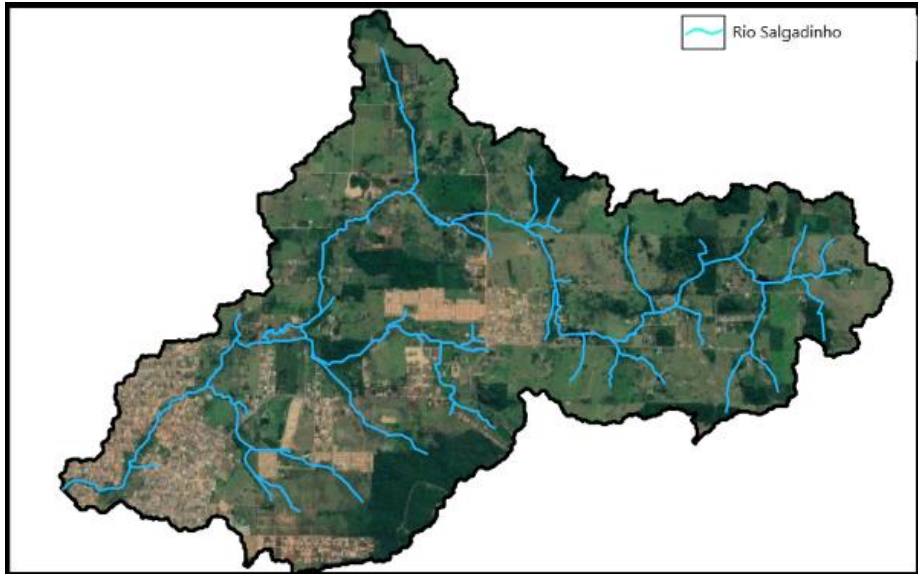
**Figura 1:** Mapa de localização da bacia do rio Salgadinho.

## 2.2 Delimitação da bacia hidrográfica

A determinação dos limites da bacia hidrográfica foi efetuada com a utilização do modelo digital de elevação (MDE) disponibilizado pelo sistema do Alaska Satellite Facility – sendo este um produto MDE derivado do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) –, após um processo de reamostragem para 12,5 metros e com a altitude ortométrica dada pelo modelo geoidal EGM96 convertida para altitude elipsoidal WGS84. A partir da utilização do *software* livre Quantum GIS ou QGIS, com a aplicação das ferramentas GRASS em linguagem Python de extração de bacia hidrográfica (*r.watershed*) e fluxo dos rios (*r.streamextract*), foi possível extrair os dados hidrográficos.

Além disso, também foi possível sincronizar os arquivos gerados com as camadas de imagens de satélite disponibilizadas pelo sistema do Google Maps dentro do QGIS através da utilização do plugin Quickmapservices, sendo então possível avaliar a

qualidade dos vetores gerados pela ferramenta GRASS. Constatou-se que em vários pontos encontrados pelo *software* de extração do fluxo dos rios restavam apenas rastros, como consequência de atividades antrópicas nas proximidades do entorno.



**Figura 2:** *Shape* vetorial do fluxo do rio obtido através do processamento do GRASS, em imagem do Google Earth.

### 2.3 Classificação de Imagens

Para a realização do processo de classificação de imagens, e a consequente identificação dos usos dos solos, foram utilizadas imagens do satélite Sentinel-2B datadas de 27 de agosto de 2019, as quais foram obtidas por meio do sensor Multi-Spectral Instrument (MSI), e adquiridas gratuitamente através do site Earth Explorer, sendo fornecidas pelo USGS – United States Geological Survey –, o sistema de informações geológicas dos Estados Unidos.

A partir da aquisição da imagem de satélite, é necessário que se proceda à composição de bandas das imagens, tendo sido utilizadas as bandas: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 8A, 11 e 12. Na sequência, foi

aplicada a ferramenta de recorte, com fins de limitar a imagem a ser processada para tão somente à bacia do Salgadinho, com fins de permitir um rápido processamento da imagem, a qual pode ser visualizada abaixo, na Figura 3.



**Figura 3:** Raster montado com as bandas da imagem fornecida pelo satélite Sentinel-2B.

Para executar o processo de classificação de imagens, foi necessário determinar as ROIs (Region of Interest), que servem como amostras de treinamento a partir da aplicação do plugin SCP – Semi-automatic Classification Plugin, na imagem do satélite Sentinel-2B. Para a criação das ROIs, é adicionada uma amostra *training* no *input* de cada classe e subclasse da bacia hidrográfica, conforme indicação do Quadro 1 abaixo, embora a extração das regiões de interesse tenha sido realizada utilizando-se apenas as macro classes.

**Quadro 1:** classes e respectivas subclasses.

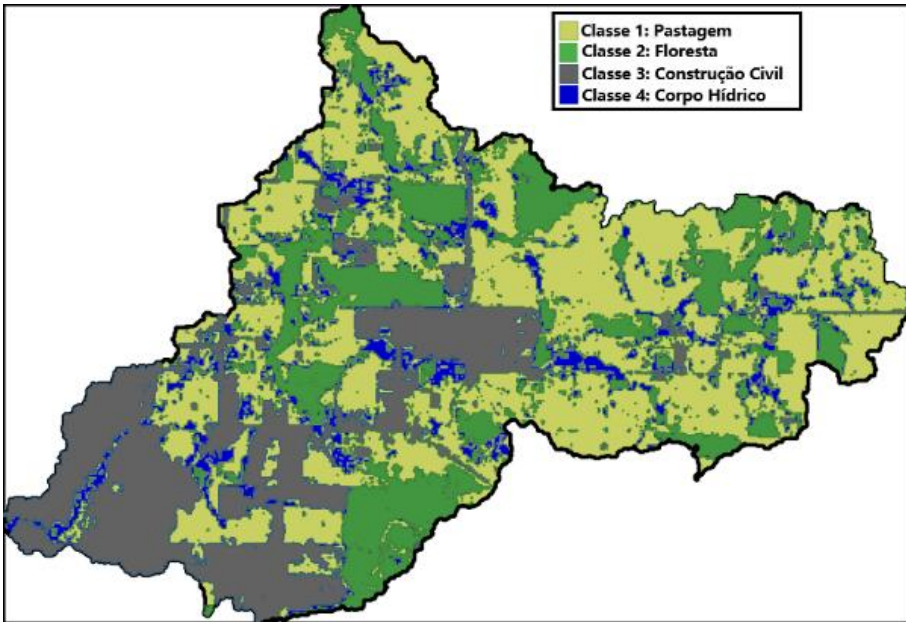
<b>Subclasse</b>	<b>Classe</b>
Solo com vegetação rasteira ou arbustiva	Pastagem
Vegetação arbórea de grande e pequeno porte	Floresta
Casas, estradas	Construção
Corpo hídrico, represas	Rio

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos procedimentos metodológicos acima destacados, procedeu-se ao processamento da imagem de satélite, tendo como objetivo a identificação e o reconhecimento de padrões, considerando, em todo caso, a assinatura espectral dos *pixels* adicionados ao *training*. As amostras indicadas no mapa para cada classe a partir da análise dos tons de cinza do produto obtido do processamento da imagem do satélite Sentinel 2-B, gerando um arquivo vetorial contendo as classes previamente definidas, e permitindo a quantificação das áreas de cada classe.

Os resultados foram basicamente determinados de acordo com as classes Pastagem, Floresta, Construção e Corpo Hídrico. Após a etapa de classificação, foi possível determinar a área ocupada por cada classe e confeccionar o mapa temático de antropização, conforme pode ser observado na Figura 4.





**Figura 4:** Classes de uso e ocupação do solo da bacia do rio Salgadinho.

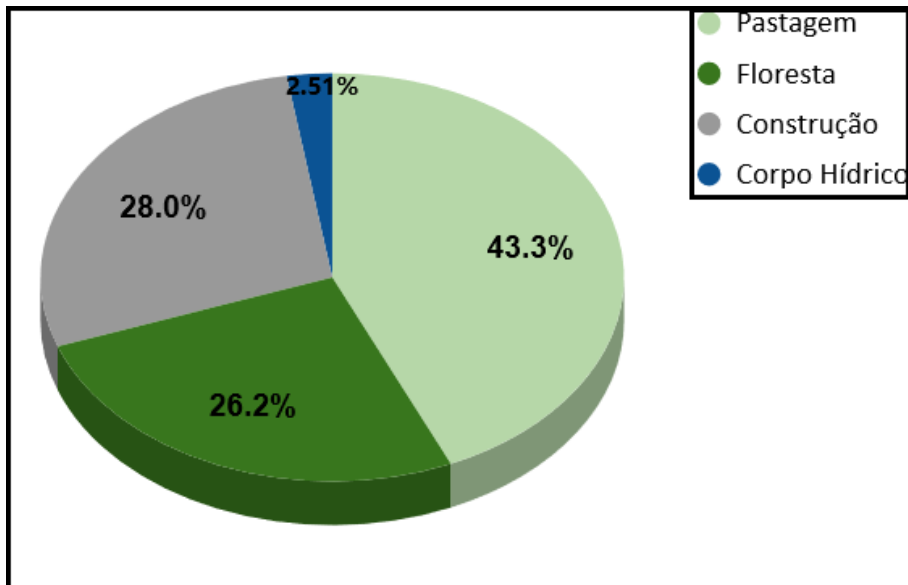
A partir da interpretação da figura acima, é possível observar cada uma das quatro classes, conforme um padrão de cor indicativa, as quais representam áreas homogêneas. Para ter a área preenchida no mapa da bacia, foram utilizadas cores mais aproximadas do que deve ser a composição da classe, tendo um verde-bandeira para o indicativo da floresta; verde-savana para áreas de pastagem; azul para corpos hídricos; e cinza escuro para áreas construídas e/ou urbanizadas.

Alguns trechos do rio não puderam ser captados na extração da ROI devido à presença de árvores ao longo da margem, que encobrem o corpo hídrico parcialmente, impedindo sua visualização por satélite e dificultando o trabalho do algoritmo. Foram, no entanto, capturadas pelas ferramentas de extração de bacias hidrográficas e fluxo dos rios do Grass Gis, visível nas Figuras 1, 2 e 3.

Através dos dados obtidos na tabela de atributos do QGIS e do tratamento dos dados realizado em planilha do Google Sheets foi possível gerar o Quadro 2 e o gráfico da Figura 5, os quais ilustram a real dimensão do uso e ocupação do solo ao longo da bacia hidrográfica do rio Salgadinho.

**Quadro 2:** Dimensões da área de cada classe observada nesta análise geoambiental.

Classe	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem
Pastagem	7,34	43,3%
Floresta	4,43	26,2%
Construção	4,74	28,0%
Corpo Hídrico	0,425	2,5%
Total	16,94	100%



**Figura 5:** Percentuais em gráfico de pizza quanto ao uso e ocupação do solo ao longo da bacia hidrográfica do rio Salgadinho.

Portanto, se faz correto afirmar, nesta análise geoambiental, que um total de 71,3% da área sofreu efeitos de antropização, onde há presença de agropecuária e habitação urbana. Parte do valor da área de corpo hídrico também pode ser atribuída à interferência antrópica se levados em conta os represamentos na região.

É possível notar, nas imagens em sequência, que há nascentes degradadas (dentro do círculo vermelho), estando algumas inundadas, por conta de um represamento de origem antrópica, e outras completa ou parcialmente secas, sendo que a água da chuva que não encontra árvores e raízes para se infiltrar soma-se à vazão do escoamento superficial do solo, ou seja, ao invés de alimentar as nascentes que revitalizam o rio Salgadinho, as águas pluviais escoam diretamente para o corpo principal do rio, posteriormente sobrecarregando o rio Pirarara e causando alagamentos (já recorrentes) no perímetro urbano, além de assorear com mais intensidade os leitos do rio e também cobrir nascentes com detritos.

Apesar da precisão das ferramentas GRASS de extração de dados de fluxo do rio, a bacia do rio Salgadinho tem, ao longo de suas nascentes, diversas represas, zonas de pastagem, edificações e desvios do curso d'água original, e, por conta disso, em algumas partes da bacia onde o vetor apontava para a existência de um corpo hídrico foi encontrado apenas o rastro do que era um córrego e por onde escoava atualmente a água da chuva.

O único projeto de origem governamental relacionado à preservação dos recursos hídricos nas sub-bacias do Pirarara e do Salgadinho trata do termo de ajustamento de conduta (TAC) firmado pelo MP com centenas de agricultores proprietários de terras em áreas com nascentes por todo o Pirarara: um compromisso para a recuperação de centenas de nascentes que gerou o programa Renascer das águas do Pirarara em parceria com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA), a Secretaria Estadual de Desenvolvimento Ambiental (SEDAM) e a Empresa de

Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER), garantindo todo o suporte ao produtor que deseja revitalizar sua nascente e ter uma fonte de água limpa em sua terra.

Este ano uma parceria entre SEDAM e SEMMA gerou a campanha “Não queime, queimar é crime!”, que objetiva a conscientização da população, com atenção especial aos habitantes da região do morro do Embratel, que também é o ponto de maior altitude dentro da sub-bacia do rio Salgadinho. Tendo em conta os benefícios diretos e indiretos que a preservação da vegetação impacta na saúde do rio, pode-se, portanto, considerar essa campanha como uma medida mitigadora. Nela foi realizada panfletagem e instalação de placas informativas nos principais pontos da rodovia do café, principal via de acesso utilizada pelos moradores da zona rural da sub-bacia do Salgadinho.

Outra política pública que afeta indiretamente a saúde dos corpos hídricos da sub-bacia do rio Salgadinho, e que também surgiu este ano, foi o início do serviço de coleta de lixo na zona rural, realizado pela prefeitura. Desta forma, evita-se que o morador queime o lixo por falta de opção, lixo este que, após a queima, pode fazer infiltrar no solo e na sub-bacia materiais nocivos à saúde humana, como mercúrio ou lítio, além dos derivados tóxicos dos plásticos que são liberados após a combustão.

Entretanto, não há nenhuma proposta de gestão relacionada aos diversos pontos de conflito de área antropizada com o rio, sendo citado no diagnóstico socioambiental elaborado pela SEDAM: “[...]restabelecer faixas de matas ciliares com 5,0 metros de largura para APP’s degradadas e/ou alteradas antes de 22 de julho de 2008, muito oneroso e longe de alcançar as funções ambientais requeridas para essas áreas, tanto pela alta soma de recursos financeiros quanto pela eficácia no controle do processo de erosão e assoreamento.”, o que pode ser interpretado como uma declaração de incapacidade do estado em recuperar os córregos da

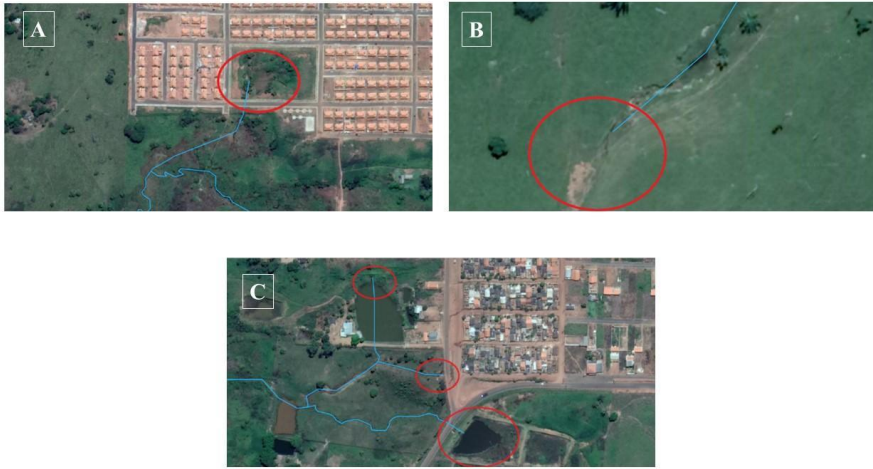
sub-bacia do Pirarara devido à situação em que esta se encontra atualmente.

É, portanto, considerada inviável a recuperação de trechos críticos da sub-bacia do Salgadinho, porém esta afirmação não configura justificativa para a negligência das gestões municipais diante das causas que levaram ao atual estado do rio, nem para a falta de ações no sentido de reduzir o impacto diário da antropização da bacia. O que está degradado pode se tornar ainda mais oneroso para as gerações futuras, as quais, diante das contínuas alterações do clima global, podem não ter a opção de ignorar o problema como a população em geral o faz atualmente.

Faz-se necessária a adoção de medidas mitigadoras para evitar que a situação da sub-bacia do Salgadinho se torne ainda pior. Evitar que as sub-bacias se tornem mais assoreadas é fundamental para evitar novas enchentes decorrentes do excesso de águas pluviais e da cheia do rio Machado, sendo este um ponto de grande importância para a população que vive na área da sub-bacia do rio Salgadinho. Um exemplo de medida mitigadora de baixo orçamento seria a educação ambiental.

Instruir a população que vive nos entornos do córrego, com atenção especial aos que vivem no perímetro urbano, sobre a importância de evitar a degradação da margem, preservar vegetação existente e redobrar a atenção quanto à queda de lixo no rio, conscientizando o cidadão de que ele, por morar próximo do córrego, é quem mais se beneficia das atitudes contra o assoreamento do rio. Aterrar a margem do rio para construir sobre terreno mais alto pode parecer uma solução a curto prazo, mas os riscos deste tipo de prática são muito severos no longo prazo. Dentro deste tópico também vale ressaltar a importância de orientar o cidadão a fazer uso dos canais de denúncia para que a fiscalização ambiental possa autuar infratores.

A seguir, encontram-se imagens de pontos de conflitos de antropização nascentes da sub-bacia do rio Salgadinho:



**Figura 6:** A: nascentes com APP parcialmente degradada, dentro de zona de habitação de moradias populares; B: uma nascente soterrada, da qual restou apenas um rastro de água, possivelmente pisoteada devido à dessedentação bovina; C: duas nascentes aparentemente inundadas e uma possível nascente esgotada ao meio.

**Fonte:** Google Satellite.



**Figura 7:** A: nascente inundada com represamento em dois pontos distintos; B: represamento com nascente inundada; C: nascentes sem proteção arbustiva e em visível degradação.

**Fonte:** Google Satellite.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Um primeiro e grande passo na revitalização da bacia hidrográfica do rio Salgadinho seria o trabalho de recuperação das nascentes, visto que seria paliativa qualquer tentativa de desassorear o rio sem trabalhar com a preservação da cobertura vegetal ao longo da bacia, e especialmente na área de preservação permanente degradada do rio. Recuperando-se as nascentes, a água mineral volta a fluir, diminuindo a concentração de poluentes lançados direta ou indiretamente (isto é, com o arrasto da chuva) nos corpos hídricos.

Questões ambientais, como a saúde dos corpos hídricos, dificilmente são levadas em consideração pelas entidades administrativas, o que normalmente só ocorre diante de emergências hídricas do tipo escassez de recursos ou inundações avassaladoras. É fato que atitudes preventivas possuem peso muito menor no orçamento do estado em comparação com a remediação “onerosa” dos córregos. Trazer para a máquina pública visibilidade deste fato esbarra no muro que impede o ambiente acadêmico de fazer parte das decisões administrativas do estado.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L. R. Análise Temporal do Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Rio Boa Vista, Ouro Preto do Oeste-RO. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 56. 2019.

LINHARES, J. S. **Geotecnologias aplicadas à análise da dinâmica de ocupação e da vulnerabilidade natural à perda de solos no município de Alto Alegre dos Parecis – Rondônia**. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal de Rondônia, 2013.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L.S.; Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 15, p. 39-49, 2004.

WISCHMEIER, W.H. **Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning**. 1978.



## CAPÍTULO 22

### MEDIÇÃO DE VAZÃO COM ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER NO ESTREITO DE ÓBIDOS

**Manoelson Rodrigues da Silva<sup>74</sup>, Itani Sampaio Corrêa<sup>75</sup>, Fabio Leite Dias<sup>76</sup> & Ronis Cley Fontes da Silva<sup>77</sup>**

#### INTRODUÇÃO

A estação objeto deste estudo compõe a Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), coordenada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA) e operada pela CPRM. Fica localizada no município de Óbidos, latitude -1,9192 e longitude -55,5131, sub-bacia 17, que abrange os rios Tapajós, Teles Pires, Juruena, Jamanxin, Arapiuns e cuja área de drenagem é de 4.670.000 Km<sup>2</sup>. Na região, também ocorre a influência do aporte de vazão vinda do rio Madeira, maior afluente do rio Amazonas e possui uma leve influência do efeito de maré no período de estiagem.

Para obtenção da vazão nessa região foi utilizado o Acoustic Doppler Current Profiler ADCP (Perfil Acústico Doppler Atual), técnica experimentada por Filizola e Guyot (1995) e Filizola et al. (1997, 1999, 2009), que se tornou popular devido a sua eficiência, velocidade e qualidade na medição de fluxo (SZUPIANY et al., 2007,

---

<sup>74</sup> Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial, Gerência de Hidrologia, área de hidrologia. Serviço Geológico do Brasil - CPRM/SGB. manoelson.rodrigues@cprm.gov.br

<sup>75</sup> Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial, Gerência de Hidrologia, área de hidrologia. Serviço Geológico do Brasil - CPRM/SGB. itani.oliveira@cprm.gov.br

<sup>76</sup> Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial, Gerência de Hidrologia, área de hidrologia. Serviço Geológico do Brasil - CPRM/SGB. fabio.dias@cprm.gov.br

<sup>77</sup> Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial, Gerência de Hidrologia, área de hidrologia. Serviço Geológico do Brasil - CPRM/SGB. ronis.silva@cprm.gov.br

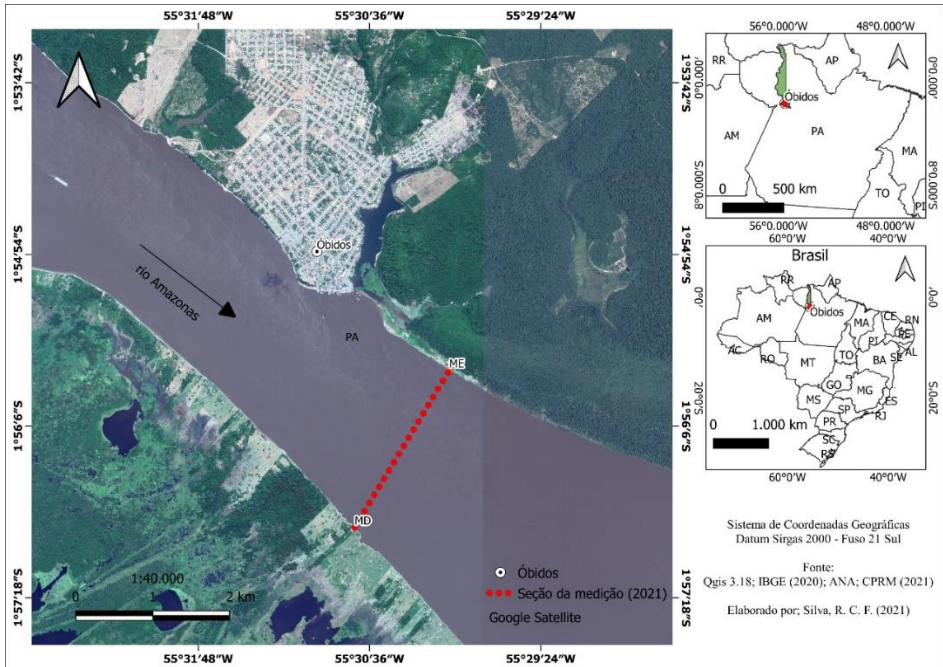
PRIEGO-HERNÁNDEZ; RIVERA-TREJO, 2016). O ADCP é um equipamento que baseia seu funcionamento no efeito Doppler, mede os vetores de velocidade da água em diferentes camadas da coluna d'água e calcula em tempo real a vazão em função da posição com referência ao fundo. O ADCP emite uma onda acústica por cada um dos quatro transdutores de cerâmica que ele possui. Este sinal é refletido pelas partículas em suspensão que se encontram na corrente de água, as quais se supõem terem a mesma velocidade que a corrente (FILIZOLA et al., 1997).

Conforme Priego-Hernández, Rubio-Arias e Rivera-Trejo (2018), é essencial que seja realizada a calibração do equipamento, inserida a declinação magnética e verificada a existência de fundo móvel. Assim, foi calibrado com *Pitch and Roll*, registrada a declinação magnética no local de -18.29 e constatada a existência de fundo móvel, com velocidade de fundo móvel de 0.351 m/s e velocidade da água de 1.718 m/s, pelo método barco em movimento.

Assim, a cota mais alta atingida, segundo o sistema Hidroweb da ANA (2021), foi de 860 cm, em maio de 2009, enquanto a cota de alerta em Óbidos, quando o rio começa a extravasar as margens, é de 740 cm, e a maior vazão já registrada no município foi de 297.000 m<sup>3</sup>/s, registrada em 21/6/1994.

Porém, vale ressaltar que à época as medições de vazão eram realizadas pelo Método de Medição de Grandes Rios (JACCON, CUDO, 1984) e não foram realizadas com o uso do ADCP, por isso, possivelmente esses dados tenham ruídos, superestimando o valor da vazão.

Na Figura 1 consta o mapa de localização do município de Óbidos e a seção de medição realizada para este trabalho.



**Figura 1** – Localização do município de Óbidos (PA) e a seção de medição de vazão no rio Amazonas.

**Fonte:** Autores.

## DESENVOLVIMENTO

Foram realizadas três medições de vazão com o uso do ADCP (Quadro 1). As coletas dos dados foram realizadas no mês de maio de 2021, nos dias 28 e 29/5/2021. Realizamos uma tomada de dados pela parte da manhã e outra pela parte da tarde no dia 28/5/2021. Pela parte da manhã obtivemos uma vazão média de 269838.228 m<sup>3</sup>/s, com desvio médio de 4.45% entre as vazões absolutas, na cota de 848 cm, medido na régua milimétrica operada pela CPRM. Pela parte da tarde obtivemos uma vazão média de 268276.050 m<sup>3</sup>/s, com desvio médio de 2.21% entre as vazões absolutas, na cota de 862 cm, medido na régua milimétrica.

As variações de cota observadas nas régua se dão por um efeito de maré que, mesmo considerado pequeno para a região, atinge o local. Contudo observamos que, mesmo sob esse efeito,

não houve um impacto significativo na média da vazão. No dia 29/5/2021 realizamos novamente as tomadas de dados de vazão e observamos uma vazão média de 269229.263 m<sup>3</sup>/s com desvio médio de 0.16% entre as vazões absolutas na cota de 847 cm, medido na régua milimétrica.

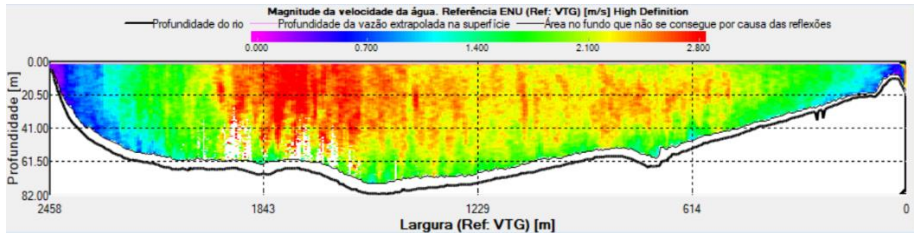
**Quadro 1.** Medições de descarga líquida do rio Amazonas no “Estreito de Óbidos“, município de Óbidos, no estado do Pará.

Data	Método	Cota (cm)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Desvio (%)	Vazão Média
28/05/2021 (manhã)	ADCP	848	276081.471 263220.208 281467.199 257142.905 283639.685 257477.898	4.45	269838.228
28/05/2021 (tarde)	ADCP	862	271518.364 273321.490 259962.407 268301.937	2.21	268276.050
29/05/2021	ADCP	847	268915.911 269542.615	0.16	269229.263

**Fonte:** Autores.

No perfil transversal (Figura 2) da medição realizada no dia 29/5/2021 observamos os vetores de magnitude de velocidade da água em alta definição na referência VTG. Na ocasião, observamos, na coloração avermelhada, as velocidades mais elevadas que chegaram a aproximadamente 3 m/s entre 1500 a 1900 m a partir da margem direita da seção de medição, e, na coloração purpura,

as velocidades mais baixas, que foram mais ao fundo e próximo das margens, e que chegaram a aproximadamente 0.43 m/s.



**Figura 2** - Medição de vazão em Óbidos. Observa-se que a distribuição das velocidades é regular, com um máximo entre 1500 a 1900 metros a partir da margem direita da seção e os valores mais baixos no fundo e próximo das margens.

**Fonte:** Autores.

Os valores obtidos neste trabalho tornam-se os maiores valores de vazão da série histórica, visto que a vazão média das seis medições combinadas, no dia 28/5/2021, é de 269.838,2 m<sup>3</sup>/s, sendo as duas maiores vazões no valor de 281467.2 m<sup>3</sup>/s e 283693.7 m<sup>3</sup>/s, considerando a cota, da régua milimétrica, de 848 cm no dia da medição.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O registro dessas vazões é importante porque não há muitas medições em vazões tão grandes, e também para o estudo da disponibilidade hídrica na região, além de monitorar *in loco* eventos que afetam as comunidades ribeirinhas, aumentam o risco de desbarrancamentos de margens, problemas com saneamento, mobilidade, comércio e baixa qualidade de vida, impactando a rotina dessa localidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Base de Dados Hidrológicos**. 2021. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>>. Acesso em: 22 de jun. de 2021.

FILIZOLA N. P., GUIMARÃES V. S., da SILVA M. A. R., da SILVA R. N. R, LOPES E. S. **Relatório sobre o uso do ADCP no III Curso Internacional Sobre Técnicas de Medição de Descarga Líquida em Grandes Rios**. Relatório Interno, DNAEE, 1997.

FILIZOLA N. P., GUYOT J.L. **Medição do fluxo de sedimentos com correntômetro por efeito Doppler (ADCP) na bacia amazônica**, 149-157. In 2ndo Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, ABRH, Rio de Janeiro, set. 1996.

JACCON, G.; CUDO, K. J. **Hidrologia curva-chave: análise e traço**: Brasília, DNAEE, 273 p., 1989. Disponível em:< [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers12-12/30572.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-12/30572.pdf)>. Acesso em: 15 Abr. 2021.

PRIEGO-HERNANDEZ, G.; RIVERA-TREJO, F.; Secondary currents: Measurement and analysis. **Atmosfera**, v. 29, p. 23-34, 2016.

PRIEGO-HERNÁNDEZ, G.; RUBIO-ARIAS, H.; RIVERA-TREJO, F. Hydrodynamics and measurement of natural currents in a plain river using acoustic Doppler equipment. **Ecosistemas y Recursos Agropecuarios**. February 12, p. 293-301, 2018.

SZUPIANY, R. N.; AMSLER, M.L.; BEST, J. L.; PARSONS, D. R. Comparison of fixed- and moving-vessel flow measurements with an aDP in a large river. **Journal of Hydraulic Engineering**, v. 133, p. 1299-1309, 2007.

## CAPÍTULO 23

### LEVANTAMENTO BOTÂNICO DAS LEGUMINOSAS PRESENTES EM ÁREAS ALTERADAS EM PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DA VEGETAÇÃO ARBÓREA

**Franciele Santos de Oliveira<sup>78</sup>, Wagner Junior Silva<sup>79</sup>, Danilo da  
Silva Marinho<sup>80</sup> & Emanuel Fernando Maia de Souza<sup>81</sup>**

#### INTRODUÇÃO

O aquecimento global, as mudanças pluviométricas anuais, o aumento de queimadas (NEPSTAD et al., 1999), somados às perdas de nutrientes do solo ocasionados por práticas extensivas de monocultivos e criação de gado em pastagens degradadas, são temas que surgem aos olhos do agronegócio rondoniense causando preocupação e estimulando pesquisas, na busca pelas melhores soluções. Nesse sentido, a busca da sustentabilidade de áreas agrícolas frente às crises econômicas e ambientais na Amazônia Legal propõe-se como uma das melhores chaves à degradação causada pelo manejo inadequado dos sistemas cultivados (PIONTEKOWSKI et al., 2014).

Nesse cenário, organizações governamentais e não governamentais têm apostado no incentivo de agroflorestas para a

---

<sup>78</sup> Discente do Departamento de Engenharia Florestal – UNIR, Campus de Rolim de Moura. franciele01000110@gmail.com

<sup>79</sup> Discente do curso de Agronomia – UNIR, Campus de Rolim de Moura. wagnersilva.ifroagro@gmail.com

<sup>80</sup> Engenheiro Florestal. danilomarinho\_rm@hotmail.com

<sup>81</sup> Professor do Departamento de Engenharia Florestal – UNIR. Campus de Rolim de Moura. emanuel@unir.br

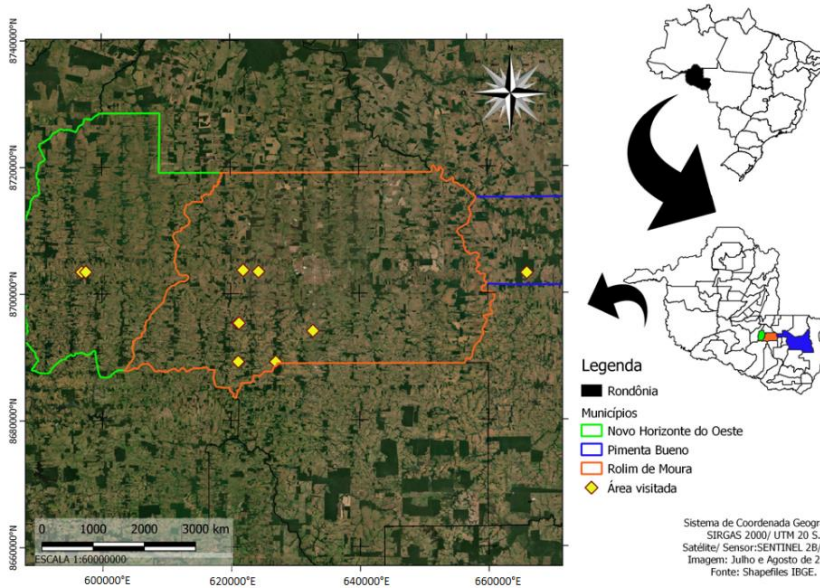
agricultura familiar no estado, visto que elas proporcionam significativos atrativos ambientais, oportunizando melhoria do nicho local, ciclo de nutrientes, solo, água, renda e alimentação da unidade produtiva (MASCARENHAS et al., 2021)

Na recuperação de áreas degradadas, a principal preferência pelo uso das espécies leguminosas deve-se à característica especial que elas possuem em relação às outras plantas, que é a capacidade de se associarem com microrganismos do solo, como bactérias fixadoras de nitrogênio, que transformam o nitrogênio do ar em compostos nitrogenados assimiláveis pelos vegetais (NOGUEIRA, 2012). Infere-se, portanto, relacionar a presença e quantidade de leguminosas em áreas de recomposição florestal, a fim de compreender melhor a participação deste grupo funcional em áreas de recomposição florestal na Zona da Mata Rondoniense (ZMR), junto com a elaboração de chave interativa online dos gêneros botânicos presentes nas áreas.

## **DESENVOLVIMENTO**

A área em estudo está localizada no estado de Rondônia e compreende os municípios atendidos pelo Projeto Viveiro Cidadão no período de 2017 a 2019: Alta Floresta do Oeste, Cacoal, Castanheiras, Nova Brasilândia do Oeste, Novo Horizonte do Oeste, Pimenta Bueno, Rolim de Moura e Santa Luzia do Oeste, possuindo os seguintes tipos de solo: cambissolo háplico, argissolo vermelho, argissolo vermelho amarelo e neossolo litólico, conforme a Figura 1. O clima predominante da região é do tipo Am (tropical de monção), a temperatura média varia entre 28,5 °C e 30 °C, a precipitação média anual é de 2.250 mm, a umidade relativa média é em torno de 85%, apresentando um período de seca bem definido compreendido entre os meses de maio e agosto, podendo se estender até setembro (ALVARES et al., 2013).





**Figura 1.** Localização das propriedades atendidas pelo viveiro com áreas em recuperação florestal, que adquiriram mudas de leguminosa, e tipo de solo predominante da região.

**Fonte:** Autores, 2021.

As visitas nas propriedades foram realizadas no final do inverno amazônico (mês de abril de 2021), utilizando-se inicialmente como banco de dados as áreas atendidas pelo Projeto Viveiro Cidadão, tendo como executora do projeto a Ação Ecológica Guaporé – Ecoporé (Figura 2). Nos dois ciclos anteriores do PIBIC/CNPq/UNIR, foram quantificadas as quantidades de mudas e as espécies destinadas a cada uma das áreas em processo de recomposição florestal.

Foram selecionadas as áreas onde tinham sido empregadas leguminosas no processo de recomposição florestal, e que possuíam pelo menos dois estratos na formação florestal existente. Foram um total de 10 áreas, escolhidas ao acaso entre as áreas que atenderam os critérios acima. Em cada área demarcou-se uma parcela de 5 x 20 m (100m<sup>2</sup>) distribuída aleatoriamente, próximo à área que recebeu mudas do viveiro, totalizando 1 ha de área amostral.



**Figura 2.** Processo metodológico.

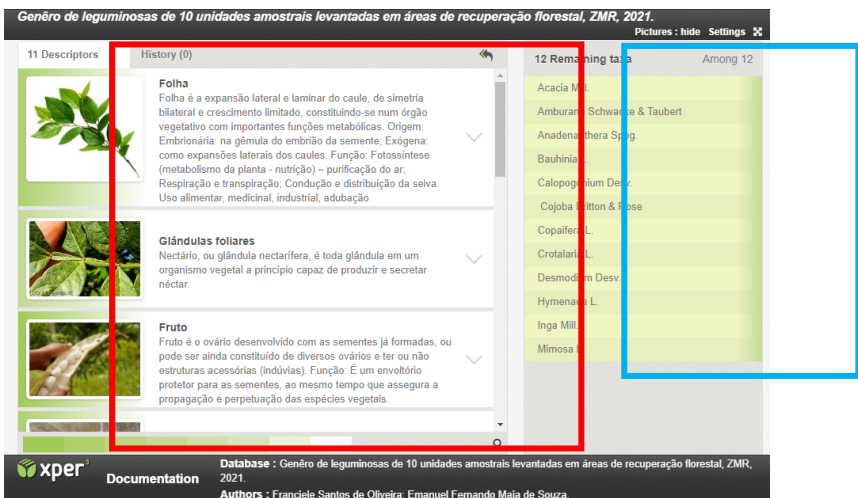
**Fonte:** Autores, 2021.

Realizou-se a coleta de material botânico para a confecção de exsicatas. A confirmação foi realizada através da consulta e comparação em herbários, chaves de identificação e literatura especializada. O sistema de classificação adotado foi o proposto pelo Angiosperm Phylogeny Group (APG IV, 2016). Para a confecção da chave de múltipla entrada (interativa) dos gêneros encontrados seguiu-se a metodologia utilizada por PLAZAS e PAULA (2020), tendo sido necessário um levantamento de caracteres morfológicos levando-se em consideração suas variações, já que essas chaves permitem incluir vários estados de caráter ao mesmo tempo, diminuindo, assim, erros de identificação. Os dados obtidos no *site* Reflora (Jardim Botânico do Rio de Janeiro) e no Plants of the World Online (Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew) foram lançados na plataforma *online* do Xper3.

Os caracteres e estados de caracteres utilizados na chave de identificação foram: folha (bipinada, pinada, bifoliada/bilobada, alterna, unifoliada ou trifoliada, simples ou composta, digitado 3-(4-5) folioadas ou unifolioladas, imparipenada); fruto (craspédio, legume, câmara, lomentos, legume inflado, legume curto, elíptico-orbicular, legume pêndulo, legume conríáceo, folíolo plano-compresso, críptosâmara); semente (com pleurograma, sem

pleurograma, geralmente castanho-escuro, uma ou duas sementes, com cicatriz hilar com testa lisa e dura, sementes retangulares ou rineformes); inflorescência (globosa, racemosa capiniforme, panículas, pseudo-racemosa ou paniculadas, espiciforme subglobosa, racemo-faciculada, racemosa); flores (racemosa, hermafrodita, sécil, diclamídia, flores lilases, flores amarelas); venação (broquidódroma, camptódroma, eucamptódroma, craspedódroma, palmada), raque (presente, ausente); glândulas foliares (presente, ausente); estípulas (presente, ausente); acúleos (presente, ausente).

A chave apresenta duas colunas (Figura 3): na do lado esquerdo (em vermelho na Figura 3) estão os descritores; no lado direito (em azul na Figura 3) encontram-se os gêneros.



**Figura 3.** Layord da chave de identificação.

**Fonte:** Autores, 2021.

Conforme o usuário clica em um descritor aparecerão os status/ categorias daquele descritor. Então o usuário escolhe o caractere que lhe atém, após isso surgirá outro descritor para o usuário escolher. À medida que se escolhem os status dos descritores, os gêneros na coluna direita vão sendo excluídos até restar apenas um gênero que apresente todos os status escolhidos

pelo usuário. Os descritores, assim como seus status, apresentam imagens (fonte: google.com) para facilitar a associação. Os descritores ainda possuem descrição dos caracteres da planta utilizados nesta chave. O objetivo desta associação de componentes foi deixar a chave com fácil assimilação para pessoas leigas no assunto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observaram-se 23 propriedades que adquiriram espécies de leguminosa do viveiro para a recomposição de suas áreas. Destas, 14 propriedades estão predominantemente em solo latossolo e 9 em cambissolo. As espécies adquiridas no viveiro foram: angelim-pedra, angico, cerejeira, copaíba, cumaru, garapeira, ingá-de-metro, ingá-nativo, jatobá, pau-cigarra, pau-ferro, para-de-vaca, tamarindo e timburi, que variaram em quantidade e espécie nas propriedades selecionadas para visita.

Foram encontrados 12 gêneros e 21 espécies nos ambientes estudados: *Acacia plumosa*; *Amburana acreana* (Ducke) A.C.Sm.; *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschul; *Bauhinia forficata*; *Bauhinia variegata*; *Calopogonium mucunoides*; *Cojoba sophorocarpa*; *Copaifera langsdorffii* Desf.; *Crotalaria* spp.; *Desmodium adscendens*; *Desmodium incanum* (Sw.) DC; *Hymenaea courbaril* L.; *Inga edulis* Mart.; *Inga* sp.1; *Inga* sp.2; *Inga* sp.3; *Inga* sp.4; *Inga* sp.5; *Inga* sp.6; *Inga* sp.7; e *Mimosa debilis*. O clado Mimosoideae apresentou maior número de espécies, sendo que alguns gêneros manifestam maior frequência. No caso das herbáceas, foi o *Desmodium*, e nas arbóreas, o *Bauhinia*. Os gêneros *Inga* e *Desmodium* apresentaram maior frequência nas propriedades. Buscando realizar levantamento florístico de leguminosas em fragmento de cerrado no Maranhão, GOMES et al., (2020) encontraram 29 gêneros e 50 espécies, tendo sido a Papilionoideae e o *Mimosa* L. a subfamília e o gênero mais representativos em número de espécies, respectivamente.

A chave desenvolvida pode ser acessada pelo QR code (Figura 4) ou pelo link: <<http://www.xper3.com/xper3GeneratedFiles/publish/identificaton/3143261099812012911/mkey.html>>.



**Figura 4.** Qr code da chave interativa.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se, com o levantamento dos 12 gêneros e das 21 espécies, que as áreas apresentam riqueza considerável, tendo o clado Mimosoideae apresentado maior número de espécies, das herbáceas, *Desmodium*, e das arbóreas, *Bauhinia* apresentaram maior frequência. Ademais, os gêneros *Inga* e *Desmodium* apresentaram maior frequência nas propriedades. A chave de múltiplo acesso desenvolvida possibilita, de forma simples e didática, uma alternativa para a identificação de gêneros da família Fabaceae, encontrados em área de regeneração na ZMR. Diante disso, as informações encontradas no estudo corroboram dados importantes para o conhecimento da flora local.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22(6):711-728, 2013.

APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, p. 1-20, 2016. BAI et al., 2008.

ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, n.14; 2012. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/ambientais/utilizacao%20de%20leguminosas.pdf>>. Acesso: jul. /2021.

GOMES, G. DA S; SILVA, G. S. DA; OLIVEIRA, R. F.; GASPAR, J. DA C.; OLIVEIRA, R. R. DE; ARAÚJO, M. DE F. V.; Conceição, G. M. da. Floristic and phytosociological composition of the Leguminosae Juss. family, in Cerrado fragments of the East of Maranhão, Brazil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, e78953128, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i5.3128>>.

MASCARENHAS, A.R.P., SCCOTI, M.S.V., DE MELO, R.R. et al. Characterization of wood from *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Huber × Ducke trees from a multi-stratified agroforestry system established in the Amazon rainforest. **Agroforest Syst.** 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10457-020-00576-5>>.

NEPSTAD, D.C.; et al. **Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia**. Programa Piloto para a Prevenção das Florestas Tropicais do Brasil. Brasília, 204 p., 1999.

NOGUEIRA, N. O.; OLIVEIRA, O. M.; MARTINS, C. A. S.; BERNARDES, C. O. Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, 8 (14), 2012.

PLAZAS, I. V. C.; PAULA, A. de. Chave interativa de espécies arbóreas em florestas estacionais do sudoeste da Bahia.

**Rodriguésia**, v.71, 2020. Disponível em:  
<<https://doi.org/10.1590/2175-7860202071125>>.

PIONTEKOWSKI, V. J.; MATRICARDI, E. A. T.; PEDLOWSKI, M. A.; FERNANDES, L. C. Avaliação do Desmatamento no Estado de Rondônia entre 2001 e 2011. **Floresta e Ambiente**, v. 21(3): 297-306, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.068213>>.

## CAPÍTULO 24

### APLICAÇÃO DO TUBO GEOTÊXTIL NA PROTEÇÃO DE MARGENS FLUVIAIS

Rodrigo dos Santos Barbosa<sup>82</sup> & Júlio César da Silva<sup>83</sup>

#### INTRODUÇÃO

As primeiras aplicações de tubos de geotêxtil ocorreram na década de 60 a fim de realizar a manutenção dos diques na Holanda. Nos dias de hoje este procedimento já é amplamente dominado em virtude das muitas aplicações já feitas em diversos países, tais como Estados Unidos, México e Alemanha, entre outros.

Shi e Oh (2007), Koerner e Koerner (2006), Lee e Douglas (2012) e Heibaum (2014) descrevem a instalação das Formas Têxteis Tubulares como simples, de baixos custo e impacto sobre o meio ambiente, provando ser uma alternativa viável comparada às técnicas tradicionais de enrocamento. Armstrong (1976) e Restall et al. (2002) apresentam orçamentos de algumas obras de proteção costeira, comparando a utilização de FTT com outras soluções, e mostram que os custos totais ao final do empreendimento alcançaram uma economia de até 60%.

Como medida de controle de cheias em rio e de desastres ocorridos na zona costeira, nos últimos anos, essa técnica vem sendo avaliada e considerada em alguns projetos nestas regiões. O

---

<sup>82</sup> Engenharia Civil. Universidade Veiga De Almeida (UVA).  
rgbarbosa1000@gmail.com

<sup>83</sup> Universidade Veiga de Almeida (UVA). Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).



tubo geotêxtil pode ser utilizado para a construção de diques, quebra-mares, dunas e estruturas semelhantes. Existem algumas vantagens na utilização desta técnica. Por ser uma técnica construtiva ágil e simples, é eficiente em termos de custo, com os materiais de preenchimento sempre acessíveis, e não necessita de equipamento de grande porte para sua execução.

Neste trabalho, será feito um estudo bibliográfico da arte, com o intuito de apresentar quão vantajosa é a utilização do tubo geotêxtil na proteção de margens fluviais. Com isso, este estudo foi organizado em duas etapas: estudo bibliográfico e desenvolvimento do artigo.

## **APLICAÇÃO DE GEOFORMAS**

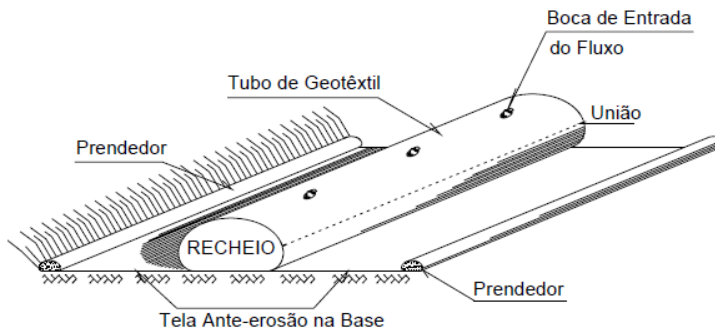
### **ESTUDO DA ARTE**

Os tubos de geotêxtil são estruturas de gravidade, formados por formas geotêxteis, cheios de areias, argilas ou materiais capazes de serem dragados. Durante seu processo construtivo ou de enchimento, a água passa através do geotêxtil, enquanto os sólidos ficam presos dentro do tubo. Pouco a pouco o tubo de geotêxtil vai se consolidando, permitindo a obtenção de estruturas maciças capazes de resistir à abrasão, a cortes e punctionamento, com certo grau de confiabilidade, além de tolerar a degradação biológica e química gerada no meio natural.

O tubo de geotêxtil já foi empregado na solução de vários problemas, onde se mostraram mais vantajosos que os sistemas convencionais com obras de enrocamento. Os tubos foram empregados na construção de proteções da linha costeira, quebra-onas, espigões, formação de dunas, construção ou recuperação de ilhas, recuperação de áreas inundadas, disposição de solos dragados, contenção de materiais contaminados etc. O geotêxtil constituinte do tubo deve ser capaz de desaguar materiais com altos teores de umidade, aproveitando suas propriedades de

retenção da parte sólida e livre passagem da parte líquida (VIDAL; URASHIMA, 1999, PILARCZYK, 2000, CASTRO, 2005, MARTINS, 2006).

As partes básicas de um tubo de geotêxtil (Figura 1) são as seguintes: tubo geotêxtil, a tela ante-erosão, prendedores e a boca de entrada do fluxo.



**Figura 1** – Composição da estrutura do tubo de geotêxtil

**Fonte:** ORTIZ; JUNIOR; LADCHUMANANANDASIVAM, 2003.

Para armar os tubos de geotêxtil, deverão ser implementadas basicamente as seguintes etapas: limpeza do terreno, posicionamento do tubo e enchimento com material indicado no projeto.

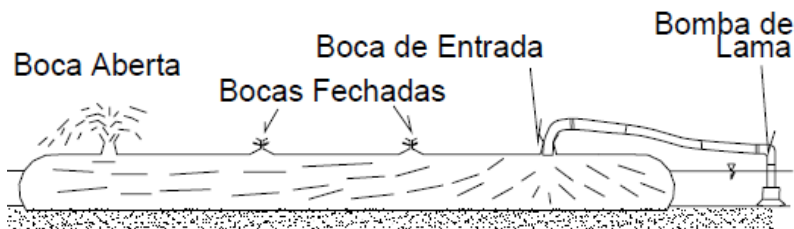
**Limpeza do terreno:** nesta etapa, retiram-se elementos do terreno, como blocos de rochas, pedaços de madeira, restos de fundações ou outros elementos capazes de danificar o geotêxtil. O terreno onde será implantado o tubo deverá ser plano e livre de protuberâncias. Materiais impróprios para fundações, como argila mole ou areia fofa, devem ser preferencialmente retirados ou estabilizados (NATIONAL HIGHWAY INSTITUTE, 1998).

**Alinhamento e extensão do tubo de geotêxtil:** os tubos de geotêxtil em aplicações costeiras e de rio devem ser executados ao longo de um alinhamento. Opcionalmente, escava-se uma vala de aproximadamente para melhorar as condições de fundação do tubo. Sobre a vala se estende a tela ante-erosão (NATIONAL HIGHWAY INSTITUTE, 1998).

Enchimento do tubo: faz-se uso da pressão hidráulica ou hidrostática para introduzir os sedimentos no interior do tubo. Esta pressão é importante porque é um dos fatores que influem na obtenção da altura desejada do tubo.

O enchimento pode ser feito de duas formas: por bombeamento (Figura 2) ou através de um funil. A bomba suga a mistura de solo e água, e a conduz através de uma mangueira flexível ao interior do tubo. Como medida de prevenção ante falha por tração das costuras ou geotêxtil, o equipamento deverá contar com um manômetro para controlar a pressão do fluxo no tubo (NATIONAL HIGHWAY INSTITUTE, 1998).

O enchimento do tubo com funil se realiza pendurando este aparelho a uma determinada distância sobre a altura final de desenho do tubo. A parte inferior do funil é conectada a uma boca de entrada do tubo. Logo se procede à colocação de solo e água dentro do funil, garantindo a fluidez necessária para o enchimento do tubo. A diferença deste método em relação ao anterior é que com esse pode-se regular manualmente a altura de queda da lama, que é necessária para alcançar pressão de enchimento e atingir a altura de projeto do tubo, sem perigo de criar esforços excessivos no geotêxtil. Os tubos de geotêxtil podem ser usados isoladamente ou formando um sistema com vários tubos. Neste último caso, os tubos podem ser simplesmente apoiados ou acoplados de acordo com as necessidades do projeto.



**Figura 2** – Sistema de bombeamento para preenchimento da forma geotêxtil.

**Fonte:** ORTIZ; JUNIOR; LADCHUMANANANDASIVAM, 2003.  
GEOFORMAS NO MUNDO

A aldeia de La Antigua, localizada nas planícies costeiras do estado de Veracruz, no Rio La Antigua (Figura 3). A economia da cidade é baseada no turismo e abriga uma frota de pequenos barcos de pesca familiares individuais. No entanto, essa região de baixa altitude está sujeita a inundações sazonais e erosão das margens do rio, que está a ameaçar muitas das estruturas históricas e a marina de barcos de pesca.

A primeira etapa foi nivelar o fundo do rio adjacente à costa e instalar um tapete de erosão de concreto de seção uniforme de 14 m de largura. Em seguida, foi utilizada uma equipe de mergulhadores, que posicionou e encheu a primeira camada de unidades Geotube® e encheu cada unidade com areia e sedimentos dragados do rio, utilizando uma bomba elétrica submersível de 6". Uma vez que a camada inferior foi preenchida com a altura de projeto de 1,7 m, a segunda camada foi instalada e preenchida com 1,7 m para uma altura total da estrutura de 3,4 m. Uma combinação de diferentes comprimentos de Geotube® foi usada para que as junções da unidade Geotube® de nível inferior e as junções de tubos geotêxtis de alavanca superior não fossem posicionadas umas sobre as outras.



**Figura 3** – Antes e depois das intervenções no Rio La Antigua

**Fonte:** TENCATE GEOTUBE®, 2015.

Como apresentado na Figura 3, a estrutura vem cumprindo com êxito o objetivo de proteger a margem do rio da erosão e as

construções à jusante da inundação, os pescadores e suas embarcações também foram beneficiados, não tendo mais que atracar sobre o solo e tendo a instalação de uma rampa para manutenção em terra. O sistema se incorporou muito bem à paisagem.

## GEOFORMAS NO BRASIL

Bogossian et al. (1982) descreveram o uso das formas geotêxtis tubulares como diques em duas regiões no Brasil. Em Cubatão, São Paulo, o projeto foi concluído em um terço do tempo previsto caso fossem usados diques convencionais. Também foram descritos testes similares realizados no estuário em São Luís, no Maranhão, em 1981. Este, em particular, foi o primeiro com preenchimento hidráulico com areia, realizado para contenção de aterro hidráulico no Brasil.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há quase 60 anos, no mundo, esta técnica vem sendo aplicada com sucesso em inúmeros trabalhos realizados para controle de erosão marinha e fluvial. Problemas que por anos permaneceram sem solução puderam ser resolvidos com simplicidade e baixo custo, somados às vantagens ambientais.

As unidades em geotêxtil tecido, uma vez preenchidas, apresentam estabilidade suficiente para suportar as adversidades da natureza, tais como tempestades, furacões e fortes correntezas.

Com o passar dos anos, a tecnologia das formas tubulares têxteis avançou tecnologicamente, com polímeros mais resistentes à punção, à ação dos raios UV, à degradação química e biológica, e os materiais também já vêm preparados com objetivo de se incorporar à natureza. Ainda, obras realizadas com tubos geotêxtis vêm apresentando custos, tempo de execução e taxas de eliminação de carbono menores na execução.

Esta técnica é viável em locais onde não se tem rochas, e sim abundância de areias, siltes ou argilas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOGOSSIAN, F. et al. **Continuous retaining dikes by means of geotextiles.** In Proceedings of the 2nd International Conference on Geotextiles. Las Vegas: IFAI. p. 211-216. 1982.

CASTRO, N. P.; ESCOBAR, L. G. B; MARTINS, P. M. **O uso da tecnologia de tubos de geotêxtil para controle de erosão marinha e fluvial.** Barueri, São Paulo, Brasil: Allonda Geossintéticos Ambientais (s.d.).

DIAS FILHO, J. L. E. **Comportamento geomecânico e de durabilidade de formas têxteis tubulares aplicadas em obras hidráulicas.** Dissertação de Doutorado. Laboratório de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes: RJ. 2016.

NATIONAL HIGHWAY INSTITUTE, FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, MCLEAN. **Geosynthetic Design & Construction Guidelines.**1998.

NOGUEIRA, K. D. **Materiais geossintéticos em soluções de proteção costeira: Revisão da literatura.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade federal do Rio Grande do Norte. Natal, Rio Grande do Norte, Brasil. 2018.

ORTIZ, R. N.; JUNIOR, O. S.; LADCHUMANANANDASIVAM, R. **Tubos de geotêxtil aplicados a obras de defesa costeira.** In II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. 2003.

PILARCZYK, K. W. **Geosynthetics and geosystems in hydraulic and coastal engineering.** CRC Press, 2000.

TenCate – Geotube® Marine Structures – **River Bank Protection.** Disponível em: <<https://www.tencategeotube.com/en/case->

studies/marine-structures/UUIH/River-Bank-Protection>. Acesso em: 24 de out. 2021.

VERTEMATTI, J. C. (Coord.). **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. São Paulo: Ed. Edgar Blücher, 2004.

## CAPÍTULO 25

### **HIDROTEC – *STARTUP* COMO PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA POR MEIO DE BIOTECNOLOGIAS**

**Luciane da Silva Carvalho Oliveira<sup>84</sup>, Ana Caroline Caetano de Souza<sup>85</sup>, Nubia Deborah Araújo Caramello<sup>86</sup> & Fernanda Bay Hurtado<sup>87</sup>**

#### **1. INTRODUÇÃO**

A aquicultura tem se consolidado como uma das vertentes do agronegócio, caracterizando-se como uma atividade rentável do ponto de vista econômico, gerando renda e produzindo um alimento rico em proteínas e ômega 3 (OLIVEIRA, 2008). O aumento da aquicultura se dá em virtude do aumento populacional e da busca constante por alternativas alimentares mais saudáveis (SCHULTER; VIEIRA FILHO, 2017). Entretanto, esta atividade está diretamente ligada ao aumento da biomassa e nutrientes no ambiente aquático, ocasionando a proliferação desordenada de algas e modificando a ecologia do sistema. Dessa maneira, a aplicação de práticas de manejo visando minimizar os impactos ambientais provocam melhora na qualidade da água nos sistemas de criação de peixe (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010).

---

<sup>84</sup> Mestranda do Mestrado Profissional em Rede em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) – UNIR, Campus Ji-Paraná/RO. lucia\_necarvalho@hotmail.com

<sup>85</sup> Mestranda do ProfÁgua – UNIR, Campus Ji-Paraná/RO. anacaroline.c.souza@gmail.com

<sup>86</sup> Professora e Pesquisadora da Secretaria de Educação do Estado de Rondônia (SEDUC-RO) e Universidade Federal de Rondônia (UNIR). geocaramellorj@gmail.com

<sup>87</sup> Professora e Pesquisadora da Universidade Federal de Rondônia (UNIR). fernandabay@unir.br



Como alternativa para minimizar os impactos negativos provocados pelas pisciculturas, tem-se utilizado as ilhas flutuantes (ou jardins flutuantes) e barreiras filtrantes, que são alternativas para reduzir o desenvolvimento do fitoplâncton e remover o excesso de nutrientes, como o N (Nitrogênio) e o P (Fósforo). Suas estruturas podem ser construídas com canos de PVC ou garrafas pets, amarradas entre si, formando um retângulo ou um quadrado.

Tais estruturas denominadas estações de tratamento natural, têm se mostrado uma alternativa econômica e de pouca manutenção, proporcionando melhorias naturais na qualidade da água, sendo indicadas e aplicadas, em conjunto ou individualmente, no tratamento de águas pluviais, esgoto, efluente industrial, reservatórios de abastecimento de água e água residual de produção animal. Essa é uma das biotecnologias que não utilizam produtos químicos, valorizando o local degradado, promovendo a regeneração ambiental, além de agregar beleza paisagística tornando os ambientes mais verdes e promovendo a conscientização socioambiental (KREBS et al., 2011).

Choudhury (2018) destaca que as *wetlands* são geralmente alimentadas com água de superfície rica em nutrientes e lençóis freáticos que desempenham a função de ciclagem de nutrientes, especialmente a ciclagem de nitrogênio (N) e fósforo (P). Macrófitas emergentes e submersas assimilam N, e as espécies submersas, especialmente as não enraizadas, absorvem nutrientes da coluna de água através de suas folhas, semelhante a briófitas que absorvem nutrientes da água em toda a superfície do talo armazenando temporariamente o N que é eventualmente remineralizado à medida que as macrófitas se decompõem.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo apresentar a *startup* HidroTec – Tecnologia e Consultoria em Gestão Hídrica como alternativa natural para a recuperação dos ambientes aquáticos visando desenvolver e aplicar biotecnologias capazes de descontaminar e recuperar a qualidade da água, e

mitigar os impactos ambientais, com foco inicial nas águas residuárias provenientes da piscicultura, em consonância com os ODS da Agenda 2030.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

O público inicial de abrangência serão os piscicultores do município de Presidente Médici - RO, tendo em vista que hoje o principal desafio desta atividade está relacionado à sustentabilidade. Isto pela pressão relacionada à conversão de novas áreas preservadas para a implantação dos empreendimentos, e porque o acesso à água de boa qualidade e quantidade está cada vez mais escassa (VALENTI et al., 2018; BOYD et al., 2020). Os resíduos descartados via efluente, provenientes das pisciculturas podem apresentar elevado potencial de poluição dos corpos hídricos receptores (AMÉRICO et al., 2013; YALCUK et al., 2014). Desta forma, o controle dos lançamentos desses efluentes faz-se necessário para garantir que as diretrizes contidas nas resoluções CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) e CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011) sejam adequadas.

Segundo a ONU (2015), os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) são uma ação global para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima, garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade, e assim promover o desenvolvimento sustentável social, econômico e ambiental. Nesse sentido, a *startup* tem como pilares os objetivos de desenvolvimento sustentável 4, 6, 11, 12 e 17 da Agenda 2030.



**Figura 1.** Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) relacionados com a *Startup*.

**Fonte:** Adaptado de ONU, 2015.

A *startup* encontra-se em consonância com a Agenda 2030 por promover e estar de acordo com o ODS 4, que versa sobre a educação de qualidade, o ODS 6, que aborda a água potável e saneamento, visando garantir disponibilidade e manejo sustentável da água, o ODS 11 – cidades e comunidades sustentáveis, que visa tornar as cidade e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Também o ODS 12, que discorre sobre o consumo e produção sustentável, assegurando padrões de produção e de consumo, e o ODS 17, que trata de parcerias e meios de implementação que visam a difusão de tecnologias ambientalmente corretas.

A princípio será realizado o levantamento dos piscicultores no Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Presidente Médici - RO, nas Cooperativas e na Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Agricultura e Turismo de Presidente Médici - RO. Após o levantamento do público, será aplicado um questionário através da plataforma *Google Forms* para levantamento da espécie de cultivo, tamanho da piscicultura, tipo de tratamento utilizado no efluente, conhecimento prévio sobre as unidades de tratamento naturais, entre outras perguntas (Quadro 1).

Em seguida será proposta a realização de uma palestra objetivando apresentar as estações naturais de tratamento com uso de biotecnologias como alternativa sustentável na recuperação da qualidade da água proveniente da atividade da piscicultura. Esta palestra possui o intuito de promover conhecimento sobre o uso racional, gerenciamento integrado e o uso múltiplo das águas de domínio do Estado, superficiais e subterrâneas de acordo com o previsto nas Lei das Águas 9.433/1997 (BRASIL, 1997) e Lei Complementar do estado de Rondônia 255/2002, Art. 3º (RONDÔNIA, 2002), e em consonância com o proposto na agenda 2030, e o de divulgar a prestação de serviço oferecida pela *startup* HidroTec.

**Quadro 1.** Questionário proposto para aplicação aos piscicultores.

1. Nome:
2. Em qual cidade reside?
3. Qual espécie cultiva?
4. Qual a área de lâmina d'água da propriedade?
5. Qual sistema de criação adotado? ( ) Intensivo ( ) Semi-intensivo ( ) Extensivo
6. Já teve problemas relacionados à qualidade da água? ( ) Sim ( ) Não
7. Se a resposta para a pergunta anterior for “Sim”, descreva o problema:
8. Qual sistema de tratamento utiliza em sua propriedade?
9. Conhece ou já ouviu falar nas Estações de Tratamento Naturais (ETN)? ( ) Sim ( ) Não ( ) Talvez

**Fonte:** Autores, 2021.

Após a palestra, será oferecido o serviço de consultoria para a avaliação das condições atuais dos tanques dos produtores, para posterior proposta de adequação e aplicação da biotecnologia sugerida (Quadro 2).

**Quadro 2.** Plano de ação global da execução do projeto de extensão.

<b>Ação</b>	<b>Data</b>
Elaboração do projeto <i>Startup</i> HidroTec	Maio a Julho/2021
Desenvolvimento do projeto teórico <i>Startup</i> HidroTec	Maio a Agosto/2021
Desenvolvimento e testes das ilhas flutuantes	Setembro/2021
Levantamento do público e aplicação do questionário	Setembro/2021
Palestra para divulgação da proposta da <i>Startup</i> HidroTec	Outubro/2021
Serviço de consultoria	A definir
Relatório final	A definir

**Fonte:** Autores, 2021.

Os estudos de GOMES et al. (2019) demonstraram que as *wetlands* construídas e o uso de macrófitas aquáticas flutuantes foram primordiais para a mitigação dos impactos causados no descarte de efluentes de pisciculturas e na remoção de detritos orgânicos, tendo como consequência a redução de materiais em suspensão. Sendo assim, a aplicação desta proposta vem ao encontro da necessidade do piscicultor, e de toda a sociedade, de desenvolver um sistema produtivo capaz de atender às necessidades relacionadas à sustentabilidade.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As Estações de Tratamento Naturais por macrófitas aquáticas são uma solução baseada na natureza (SbN), composta por sistema de ilhas flutuantes por zona de raiz e barreiras filtrantes capazes de reduzir contaminantes orgânicos e inorgânicos presentes no ambiente aquático via ação metabólica dos microrganismos que aceleram o processo de biodegradação associado às raízes das macrófitas aquáticas, auxiliando na remoção e redução do fósforo e nitrogênio dos efluentes gerados.

Neste contexto, pretende-se com a aplicação da *Startup* conscientizar os produtores sobre a importância do tratamento dos efluentes da atividade de piscicultura visando preservar os recursos hídricos e ambiente aquático, melhorar a qualidade da água, atender os parâmetros exigidos na legislação e beneficiar a qualidade produtiva da piscicultura.

#### 4. AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015 -Ao *Campus* de Ji-Paraná da Fundação Universidade Federal de Rondônia UNIR.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMÉRICO, J. H. P.; TORRES, N. H.; MACHADO, A. A.; CARVALHO, S. L. de. Piscicultura em tanques-rede: impactos e consequências na qualidade de água. **Revista Científica ANAP**, v. 6, n. 7, p. 137-150, 2013.

BOYD, C. E. et al. Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. **Journal of the world aquaculture society**, v. 51, n. 3, p: 578-633, 2020. DOI: 10.1111/jwas.12714.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente; **Resolução nº 357, de 18 de março de 2005: Política Nacional dos Recursos Hídricos**. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e direitos ambientais para o seu enquadramento. Brasília- DF, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005.

CHOUDHURY, M. I. **Nitrogen removal by wetlands in a cold climate**. 2018. 57 f. Tese de doutorado. Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala / Suécia, 2018. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/211564819.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2021.

GOMES, A. C. C. et al. **Cultivo de Macrófitas Aquáticas Flutuantes Livres em Wetlands Construídas para Tratamento de Efluentes de Viveiros De Piscicultura**. 2º Seminário Nacional ETE's Sustentáveis. 2019. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/207887/1/CULTIVO-DE-MACROFITAS-AQUATICAS-FLUTUANTES-LIVRES-2019.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

KREBS, V. et. al. Avaliação da eficiência de ilhas flutuantes com plantas para a melhoria da qualidade hídrica de ecossistemas aquáticos. **Aletheia**, v. 54, n. 1, p.16 - 27, 2021.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Eutrofização e Qualidade da Água na Piscicultura: Consequências e Recomendações. **Bol. Inst. Pesca**, v. 36, n. 2, p. 149 -163, 2010.

OLIVEIRA, H. H. **Razão entre ômega-6/ômega-3, AGPI/AGS e caracterização físico-química do óleo de *Colossoma macropomun* (tambaqui) cultivados no Estado de Roraima**. 2008. 99 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Roraima, Roraima, 2008.

ONU. NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **A Agenda 2030**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

RONDÔNIA. **Decreto nº 10.114, de 20 de setembro de 2002.**

Regulamenta a Lei Complementar nº 255, de 25 de janeiro de 2002, que “Institui a Política, cria o Sistema de Gerenciamento e o Fundo de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia, e dá outras providências”. Diário Oficial [do] Estado de Rondônia, Poder Executivo, Porto Velho, RO, 24 set. 2002b. Seção 1, p. 22, 2002.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia.** Texto para Discussão nº 2328, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Brasília: Rio de Janeiro. 2017. 43 p. Disponível em:

<<https://www.econstor.eu/handle/10419/177544>>. Acesso em: 17 set. 2021

VALENTI, W. C.; KIMPARA, J. M.; PRETO, B. D. L.; MORAES-VALENTI, P. Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. **Ecological indicators**, v. 88, p. 402 - 413, 2018.

YALCUK, A.; PAKDIL, N. B.; KANTÜRER, O. Investigation of the effects of fish farms in bolu (turkey) on aquatic pollution.

**International Journal of Agricultural and Food Research**, v. 3, n. 1, p. 3-5 2014.



## **Eixo 4**

# **Educação ambiental e sustentabilidade: ações governamentais, ONGs e diálogos entre os povos na Amazônia**



**Foto:** Amapá, registro fotográfico de Victor Coimbra Sá

## CAPÍTULO 26

### EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA: UMA EXPERIÊNCIA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

**Sara Line Silveira Araujo<sup>88</sup>, Ana Lúcia Denardin da Rosa<sup>89</sup>,  
Euripedes Fernandes Costa Junior<sup>90</sup>, Tiago De Oliveira Lima<sup>91</sup> &  
Elisabete Lourdes Do Nascimento<sup>92</sup>**

#### INTRODUÇÃO

O acúmulo de resíduos sem destinação correta é um problema, entretanto, para mitigar tal situação, a educação ambiental, abordando as técnicas de reciclagem, é condutora de entendimentos para enfrentar este dilema. Nesse sentido, a extensão universitária pode proporcionar, por meio de ações que envolvam a educação ambiental, a conscientização da população sobre questões da reciclagem, pois, segundo o Artigo 3º da Resolução MEC/CNE/CES n.º 7, de 18 de dezembro de 2018:

A Extensão na Educação Superior Brasileira é a atividade que se integra à matriz curricular e à organização da pesquisa, constituindo-se em processo interdisciplinar, político educacional, cultural, científico, tecnológico, que promove a interação transformadora entre as instituições de ensino superior e os outros setores da sociedade, por meio da produção e da aplicação

---

<sup>88</sup> Fundação Universidade Federal de Rondônia. araujoline0@gmail.com

<sup>89</sup> Fundação Universidade Federal de Rondônia. analucia@unir.br

<sup>90</sup> Fundação Universidade Federal de Rondônia. euripedesfernandes13@gmail.com

<sup>91</sup> Fundação Universidade Federal de Rondônia. tiago.lima@unir.br

<sup>92</sup> Fundação Universidade Federal de Rondônia. elisabetenascimento@unir.br

do conhecimento, em articulação permanente com o ensino e a pesquisa (BRASIL, 2018, p. 2)

Portanto, a educação ambiental é o processo por meio do qual os indivíduos e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (Lei 9.705 de 27/4/1999).

A destinação dos Resíduos Sólidos (RS), tais como alumínio e plástico, é um dos principais problemas ambientais, que implica nas condições de bem-estar global dos indivíduos. No ano de 2016, 3.326 municípios brasileiros destinaram RS em locais impróprios, isso equivale a 59,7% dos municípios, possivelmente pela falta de educação ambiental (ABRELPE, 2016).

O Brasil produz um montante superior a 78,3 milhões de toneladas de RS anualmente, dos quais 13,5% são plásticos. Segundo a pesquisa do Sindicato Nacional das Empresas de Limpeza Urbana, reciclando essa quantidade de plástico seria possível recuperar aproximadamente R\$ 5,7 bilhões (AGÊNCIA BRASIL, 2018).

Além disso, segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alumínio (ABRALATAS, 2018), desde 2004 o índice de reciclagem de latas de alumínio se mantém acima dos 90%, o que coloca o Brasil entre os líderes mundiais da reciclagem dessa embalagem. No ano de 2017, das 303,9 mil toneladas de latas de alumínio para bebidas colocadas no mercado, 295,8 mil toneladas foram recolhidas e recicladas, alcançando um índice de 97,3% de reciclagem.

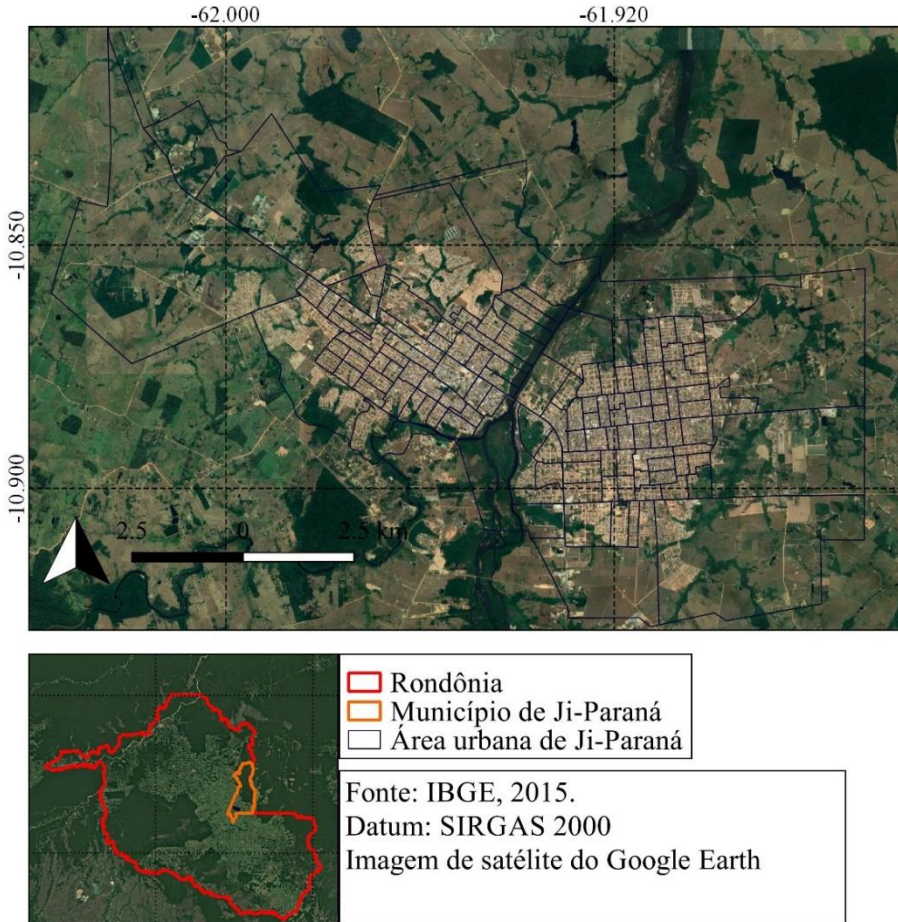
Apesar disso, não é raro encontramos esses materiais jogados em ruas e rios do nosso país, assim como do município de Ji-Paraná, como constatado pelo mutirão da limpeza que realizou campanha às margens do Rio Machado no município (MIRANDA, 2018).

Dessa forma, campanhas como a proposta nesse trabalho ainda se fazem necessárias para conscientizar a população da importância da reciclagem, além de destacar que os resíduos gerados podem retornar em forma de renda. Assim, selecionaram-se os lacres de alumínio e as tampas de garrafas PET como materiais a serem reciclados por dois motivos: (I) pela facilidade da reciclagem, armazenamento e transporte dos lacres e tampas e (II) por se perceber que muitas pessoas vivem da reciclagem do alumínio e do plástico no município, assim, não competindo ou diminuindo o mercado das mesmas.

Dessa forma, essa ação de extensão universitária, além do viés ambiental, tem um viés social, pois após as coletas desses materiais os mesmos foram doados a uma empresa que, em contrapartida, doou equipamentos necessários para ajudar na mobilidade de pessoas com deficiência física da instituição Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE). Assim, o projeto visa à interação universitária com a sociedade, promovendo consciência ambiental, fixando a necessidade da preservação do meio ambiente e, do mesmo modo, nas questões de cidadania.

## **DESENVOLVIMENTO**

O trabalho foi desenvolvido no município de Ji-paraná, localizado no estado de Rondônia, nas coordenadas: Latitude 10°53'07"S e longitude 61°57'06"O, com altitude de 170 m em relação ao nível do mar e área de 6.922,5 km<sup>2</sup>, conforme consta na Figura 1.



**Figura 1** – Mapa de localização do município de Ji-Paraná/Rondônia

Foi confeccionada uma identidade visual para servir de identificador do projeto. A logomarca foi colada em garrafas de Polietileno Tereftalato (PETs) cortadas, conforme a Figura 2, sendo deixadas nos estabelecimentos comerciais para coleta dos materiais recicláveis. Assim, eram visitados bares, restaurantes e lanchonetes do município a fim de divulgação da proposta de trabalho.

A utilização de PETs para fins de coleta se fez, pois este é um material seguro e de boa resistência mecânica e química, além de

ser economicamente viável, e incentivar a reciclagem (SILVA, 2011).

Na intenção de aumentar a visibilidade do projeto, criou-se uma página em uma rede social (<https://www.facebook.com/CampanhaDosLacresETampinhas/>) onde eram postadas imagens das pessoas participando do projeto, informações e vídeos relevantes sobre reciclagem.

Com a finalidade de desenvolver educação ambiental nas escolas, foram realizadas palestras na escola Estadual Jandinei Cella. A programação desenvolvida na escola baseou-se no incentivo a práticas de reciclagem, demonstrando a importância social da proposta, além da promoção de uma gincana entre os alunos, a fim de incentivar a arrecadação dos lacres e tampinhas.



**Figura 2** – Recipientes de coleta de tampinhas plásticas e de lacres de alumínio

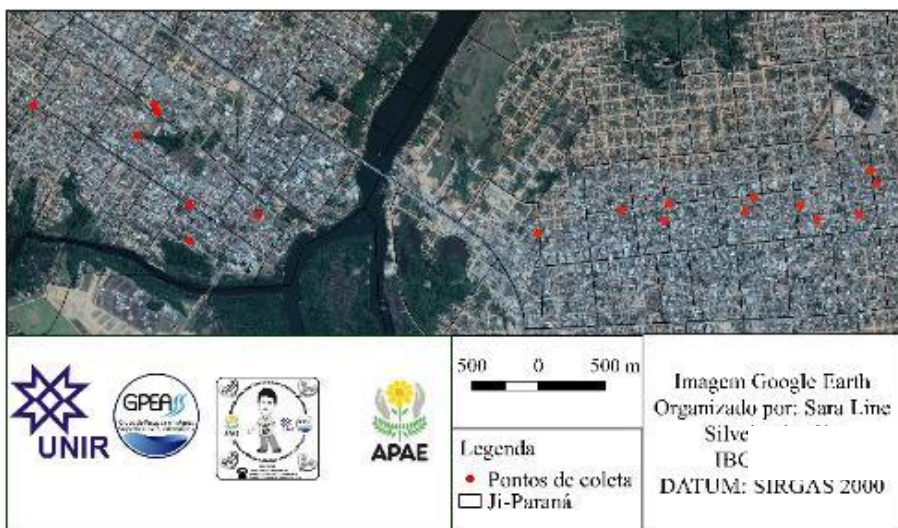
Durante o desenvolvimento do projeto, oportunidades e parcerias foram sendo criadas, como foi o caso da participação em uma ação que aconteceu na Escola Estadual Alejandro Yague Mayor, onde a campanha foi divulgada e lacres de alumínio foram arrecadados por meio de uma competição entre as turmas.



A população do município também foi convidada a participar do projeto, pois durante o desenvolvimento do mesmo foram realizadas diversas entrevistas em redes de televisão local para explicar sobre a importância da reciclagem e sobre o projeto de extensão. Assim os munícipes foram chamados a realizar doações dos materiais reciclados. Além disso, a equipe se envolveu em eventos para divulgação e realização de ações para difundir o tema da reciclagem e sua importância para a comunidade local.

## RESULTADOS DISCUSSÕES

Foram visitados diversos comércios do município e explicada a proposta do projeto, e 28 aceitaram participar. Nesses, foram deixados os recipientes de coletas dos materiais recicláveis onde mensalmente a equipe do projeto realizava a coleta dos materiais recicláveis de interesse. Ao final do ano de 2020, 64,3% dos pontos de coleta ainda estavam ativos (Figura 3).



**Figura 3** – Mapa de identificação dos pontos de coleta de lacres de alumínio de tampinhas plásticas em Ji-Paraná/Rondônia

Com a finalidade de desenvolver a educação ambiental nas escolas foram realizadas palestras na escola Estadual Jandinei

Cella, cuja base foi o incentivo a práticas de reciclagem, demonstrando-se a importância social da proposta descrita no presente projeto. A fim de incentivar os alunos a cooperar na arrecadação dos lacres e tampinhas, foi proposta uma gincana e, ao final, por meio desta ação, aproximadamente 30 kg de materiais reciclados (entre lacres e tampas) foram obtidos, como demonstrado na Figura 4.



**Figura 4** – Evento realizado na escola Estadual Jandinei Cella e material arrecadado

A ação na Escola Estadual Alejandro Yague Mayor realizou a divulgação da campanha e lacres de alumínio foram arrecadados por meio de uma competição entre as turmas. Na Figura 5 encontra-se a equipe, durante o acontecimento.



**Figura 5** - Equipe do Projeto Campanha de Lacres e Tampinhas Plásticas na escola Alejandro Yague Mayor



Durante o desenvolvimento do projeto, o grupo teve o apoio da imprensa local para divulgação, e assim foram realizadas diversas entrevistas em redes de televisão local, conforme Figura 6.

Além disso, a campanha foi publicada em sítios eletrônicos de instituições parceiras, que colaboraram com a realização do projeto. Essas informações podem ser encontradas nas plataformas digitais da Secretaria do Estado do Desenvolvimento Ambiental - SEDAM (2019) e do CONEXÃO AMAZÔNICA (2019), bem como houve divulgação em material impresso e digital por meio do Jornal “Madeirão” do dia 17 de maio de 2019, cujo alcance é estadual e que pode ser acessado pelo sítio eletrônico (<http://madeiraoweb.com.br/cidadania/projeto-da-apae-de-ji-parana-vai-conscientizar-a-populacao-sobre-acoes-de-reciclagem/>)



**Figura 6** – Equipe do projeto de extensão Campanha dos Lacs e Tampinhas Plásticas concedendo entrevista à imprensa local

Assim, verificou-se que empresas administradoras de portais de comunicação e mídia, presentes em todo o estado de Rondônia, contribuíram com o alcance das metas estipuladas. Por meio dessa divulgação, a comunidade teve acesso ao contato da equipe e

frequentemente comunicava o desejo de auxiliar e contribuir com lacres e tampinhas que estavam em suas residências, conforme Figura 7.



**Figura 7** – Coleta de lacres e tampinhas plásticas em residências

A equipe também se fez presente em eventos que aconteceram no município, como foi o caso da edição de 2019 do Rondônia Rural Show, que é a maior feira de agronegócios da região norte e que conta com participação internacional. Nesse evento a participação da APAE foi fundamental, uma vez que foi possível deixar diversos coletores de lacres e tampas plásticas espalhadas pela praça de alimentação da feira, pois a APAE era responsável por essa área no evento.

O projeto participou de eventos propostos pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMEIA), como a SEMANA DO MEIO AMBIENTE e o SEMEIA NA PRAÇA, em que houve divulgação do

projeto por meio de participação de mesas redondas e coleta de lacres e tampinhas.

Por meio da participação da equipe na mesa redonda organizada pela SEMEIA, que aconteceu no Instituto Federal de Rondônia (IFRO) no dia 06 de junho de 2019, em comemoração ao Dia Mundial do Meio Ambiente, foi possível estabelecer uma parceria com a Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis de Ji-Paraná (COOCAMARJI).

A COOCAMARJI realizou doações de lacres e tampinhas, e, para tanto, a equipe do projeto foi até a cooperativa e separou as tampinhas e lacres dos demais materiais reciclados, conforme é possível verificar na Figura 8.



**Figura 8** - Separação de lacres de alumínio doados pela Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis de Ji-Paraná

Além disso, a cooperativa COOCAMARJI também comprou as tampinhas plásticas, pois a empresa inicialmente contatada, no início do projeto, parou de trabalhar com reciclagem de PET. Assim, como mostrado na Figura 9, os 150 kg de tampinhas arrecadados ao longo do desenvolvimento do projeto foram encaminhados à COOCAMARJI, que pagou R\$0,50 por kg das tampinhas, valor maior que o cotado no início do projeto.



**Figura 9** – Venda das tampinhas à Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis de Ji-Paraná

Outra parceria importante foi com uma empresa local que já trabalhava com uma campanha similar, sendo possível unir forças para concretizar a doação de cadeiras de rodas. Todos os 39 kg de lacres arrecadados no projeto Campanha dos Lacres e Tampinhas Plásticas: ajude o Guto a ajudar outras crianças foram entregues a essa empresa, que comprou, fora do estado de Rondônia, cadeiras de rodas, e, além disso, doou duas cadeiras de rodas para o projeto, como pode ser visto na Figura 10.



**Figura 10** - Cadeiras conquistadas com a realização do projeto

Campanhas semelhantes são realizadas no Brasil, como é o caso da Cidadeon Campinas (2020) e da Selo Social (2017). O primeiro consiste em uma campanha de doações de lacres de alumínio. Atualmente o projeto já distribuiu 53 cadeiras de rodas através das arrecadações, que consistiram em 18,8 milhões de lacres. O segundo trata de um projeto que arrecadou 140 garrafas PET de lacres de alumínio de 2 L durante o ano de 2017. O mesmo mantinha a APAE local como ponto de coleta, e 8 cadeiras de rodas já foram conquistadas.

Iniciativas como essas permitem uma reflexão acerca da solidariedade e sustentabilidade, como temas indissociáveis. Sendo necessário, para alcançar a sustentabilidade, além das preocupações ambientais, o sentimento de solidariedade (DA SILVA, 2014; GARCIA; GARCIA, 2018). Nesse mesmo sentido, a plataforma Âmbito Jurídico (2015) apresenta o princípio da solidariedade como um vetor constitucional da educação ambiental de vanguarda.

Através da interdisciplinaridade desenvolvida no presente trabalho de educação ambiental, além da conquista de duas cadeiras de rodas para a APAE e R\$75,00 com a venda das tampinhas que foram entregues juntamente com as cadeiras, foram retirados do meio ambiente 150 kg de tampinhas plásticas e 39 kg de lacres de alumínio.

Mesmo durante a pandemia da COVID-19 o projeto não parou, e foram coletados, entre maio de 2020 e julho de 2021, aproximadamente 60 mil lacres, o que corresponde a 16 kg, e 25 mil tampinhas, ou seja, 22kg de tampinhas, que estão armazenados na Universidade Federal de Rondônia, pois o projeto está tendo sequência para setembro de 2021 e agosto de 2022.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As universidades, além de ser centros de ensino e pesquisa, devem estar a serviço da sociedade, assim ações de extensão como as realizadas no âmbito deste trabalho são importantes, pois colaboram para o desenvolvimento da sociedade. Nesse sentido, foram realizadas diversas atividades que promoveram a educação ambiental, possibilitando a arrecadação de 230 kg de materiais recicláveis que deixarão de ser lançados no meio ambiente indevidamente. Esses materiais arrecadados foram convertidos em duas cadeiras de rodas para a Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE).

## REFERÊNCIAS

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016. ABRELPE, 2016. Disponível em: <[http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_apresentacao.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm)>. Acesso em: 20 maio 2021.

AGENCIA BRASIL. **Brasil perde R\$ 5,7 bilhões por ano ao não reciclar resíduos plásticos.** Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-06/brasil-perde-r-57-bilhoes-por-ano-ao-nao-reciclar-residuos-plasticos>>. Acesso em: 07 de ago. 2019.

ÂMBITO JURÍDICO. **Solidariedade, o vetor constitucional da educação ambiental de vanguarda.** Disponível em: <<https://ambitojuridico.com.br/cadernos/direito-constitucional/solidariedade-o-vetor-constitucional-da-educacao-ambiental-de-vanguarda/>>. Acesso em: 23 de ago. 2021.

BRASIL, **Resolução MEC/CNE/CES nº 7, de 18 de dezembro de 2018.**



CIDADEON CAMPINAS. **Campanha transforma lacres em cadeiras de rodas**. Disponível em:

<<https://www.acidadeon.com/campinas/cotidiano/cidades/NOT,0,0,1490392,campanha+transforma+lacres+de+latinhas+em+cadeira+s+de+rodas.aspx>>. Acesso em: 23 de ago. 2021.

DA SILCA, M. R. **Solidariedade e sustentabilidade**. Disponível em: <<https://www.esmg.com.br/sustentabilidade-solidariedade/>>. Acesso em: 23 de ago. 2021.

GARCIA, D. S. S.; GARCIA, H. S. Sustentabilidade solidária ou solidariedade sustentável? Em busca de um conceito uníssono. **Revista de Direito Administrativo**, v. 277, n. 1, 2018.

MIRANDA, G. **Mutirão de limpeza recolhe lixos deixados nas margens do Rio Machado em Ji-Paraná**, RO. G1. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ro/ji-parana-regiao-central/noticia/2018/08/25/mutirao-de-limpeza-recolhe-lixos-deixados-nas-margens-do-rio-machado-em-ji-parana-ro.ghtml>>. Acesso em: 23 de ago. 2021.

SELO SOCIAL. **“Lacre Solidário” – arrecação de lares de latas da APAE de Salto**. Disponível em: <<https://www.acidadeon.com>>. Acesso em: 23 de ago. 2021.

SEMEIA. Secretaria municipal de meio ambiente. **SEMEIA apoia a campanha dos lacres e tampinhas plásticas**. Disponível em: <<http://semeiajp.sedam.ro.gov.br/>>. Acesso em: 07 ago. 2019.

SILVA, I. R. **O uso de garrafas PET como forma de preservação ambiental e viabilidade econômica aos moradores do Bairro Jardim Vitória**. Cuiabá: IFECTMT, 2011. Monografia (Bacharel em Tecnologia Superior em Gestão Ambiental), Departamento de Meio Ambiente, Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia de Mato Grosso, 2011.

## CAPÍTULO 27

# PRINCÍPIOS E PRÁTICAS DE AÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

**Euripedes Fernandes Costa Junior<sup>93</sup>, Jonismara Pinto Albino<sup>94</sup>,  
Iandara Luna Saissem dos Santos<sup>95</sup>, Calina Grazielli Dias  
Barros<sup>96</sup> & Ana Lúcia Denardin da Rosa<sup>97</sup>**

### INTRODUÇÃO

A Educação Ambiental (EA) é entendida como os processos pelos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, competências e atitudes voltadas para a preservação e conservação do meio ambiente. É um bem de uso comum, essencial à sadia qualidade de vida e sustentabilidade, habilidades e conhecimentos que transformam os indivíduos tornando-os aptos a agir diante dos impactos ambientais presentes e futuros (BRASIL, 1999).

É imprescindível considerar a interconexão, a interdependência e a inseparabilidade dos elementos da natureza com todos os seres vivos (DEMOLY; SANTOS, 2018). Reigota (1994, p.11) nos adverte que “o ser humano contemporâneo vive profundas dicotomias, dificilmente se considera elemento da natureza, mas um ser à parte, como um observador e/ou explorador dela”.

---

<sup>93</sup> Fundação Universidade Federal de Rondônia. euripedesfernandes13@gmail.com

<sup>94</sup> Fundação Universidade Federal de Rondônia. jonismaralalbino@hotmail.com

<sup>95</sup> Fundação Universidade Federal de Rondônia. iandarasantos443@gmail.com

<sup>96</sup> Faculdade de Educação e Cultura de Vilhena – UNESC. calina.grazielli@gmail.com

<sup>97</sup> Fundação Universidade Federal de Rondônia. analucia@unir.br



Deste modo, a Educação Ambiental torna-se uma ferramenta de interação social primordial para o desenvolvimento da sociedade e natureza de forma integrada, potencializada em todos os níveis, em decorrência dos processos educativos, isto é, a Educação Ambiental é de grande importância para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a elaboração de posturas para a proteção e conservação do meio ambiente, expandindo a responsabilidade de proteção da qualidade ambiental a um valor inseparável do exercício da cidadania (PELICIONI, 1998).

Entretanto, para realizar tal fato, é necessário que o indivíduo tenha conhecimentos sobre suas interações com o meio ambiente, para que desta forma possa vir a preservá-lo, uma vez que os processos de transformação do ambiente ocorrem de forma rápida, contínua e acelerada, sendo por sua vez em decorrência da necessidade de geração de produtos para o consumo, e, em muitos casos, do descarte inadequado dos resíduos gerados, que contribuem significativamente para os processos de eutrofização, mudança do mosaico vegetacional, extinção da biodiversidade e para a emissão dos gases de efeito estufa (CAVALCANTE, 2011).

Segundo Medeiros et al. (2011, p. 02), “crianças bem informadas sobre os problemas ambientais vão ser adultos mais preocupados com o meio ambiente”. Desta forma é muito importante instigar crianças e adolescentes para que pequenos gestos passem a ser realizados, e gradativamente os hábitos ambientais tornarem-se corriqueiros do cotidiano de todos (UNESCO, 1990).

Dentro dessa perspectiva, o Brasil contém uma infinidade de recursos naturais, e, em decorrência dessa grande variedade de riquezas, anualmente grande parte de vegetação nativa é transformada em áreas para o desenvolvimento da pecuária e da agricultura. Logo, o desequilíbrio ambiental desencadeado pela mudança acelerada pelos processos antrópicos também gera

impactos na sociedade, devido ao fato de a mesma estar alicerçada na cultura antropocêntrica, com uma visão distinta do homem e natureza (ROSA, 2011; SILVA; PRUDÊNCIO; CAIAFA, 2018).

Em decorrência de tais fatos, nos anos de 1930 algumas iniciativas foram implantadas com fins de proteger a fauna e a flora, como, por exemplo, o desenvolvimento dos primeiros parques nacionais de conservação da biodiversidade. Segundo o Ministério do Meio Ambiente - MMA, o Brasil possui 1567 Unidades de Conservação de Uso Sustentável, o que representa 1.884.620 km<sup>2</sup> de área e 742 Unidades de Conservação de Proteção Integral, totalizando 662.176 km<sup>2</sup> de área preservada. Essas áreas foram desenvolvidas com foco na preservação dos recursos naturais da ocupação humana desordenada (BRASIL, 2021).

Além dessa iniciativa, a Constituição Federal de 1988 em seu inciso III, § 1º, do art. 225 (BRASIL, 2021) define as Áreas de Preservação Permanente (APPs) como espaços territoriais especialmente protegidos, cuja função é a proteção integral da biodiversidade, da paisagem, dos recursos hídricos, das características morfológicas e da preservação da vida em geral.

Embora as APPs sejam áreas de preservação permanente, não quer dizer que não possam ser desenvolvidas atividades de baixo impacto, como, por exemplo, atividades de ecoturismo e trilhas ecológicas, além de implementação de estruturas públicas de interesse coletivo, como: esportes, lazer e atividades culturais e educacionais ao ar livre, tornando áreas de utilidade pública (LANA, 2009; OLIVEIRA, 2009).

Diante das possibilidades de usos que se tem em uma APP, uma importante atividade possível de implantação é a Educação Ambiental, pois assim a sociedade seria impactada de forma direta a contribuir com o uso sustentável dessas áreas, além de cultivar o respeito pela diversidade biológica encontrada nas APPs. Outro impacto positivo oriundo da integração com a Educação Ambiental é o desenvolvimento da sensibilidade das necessidades individuais

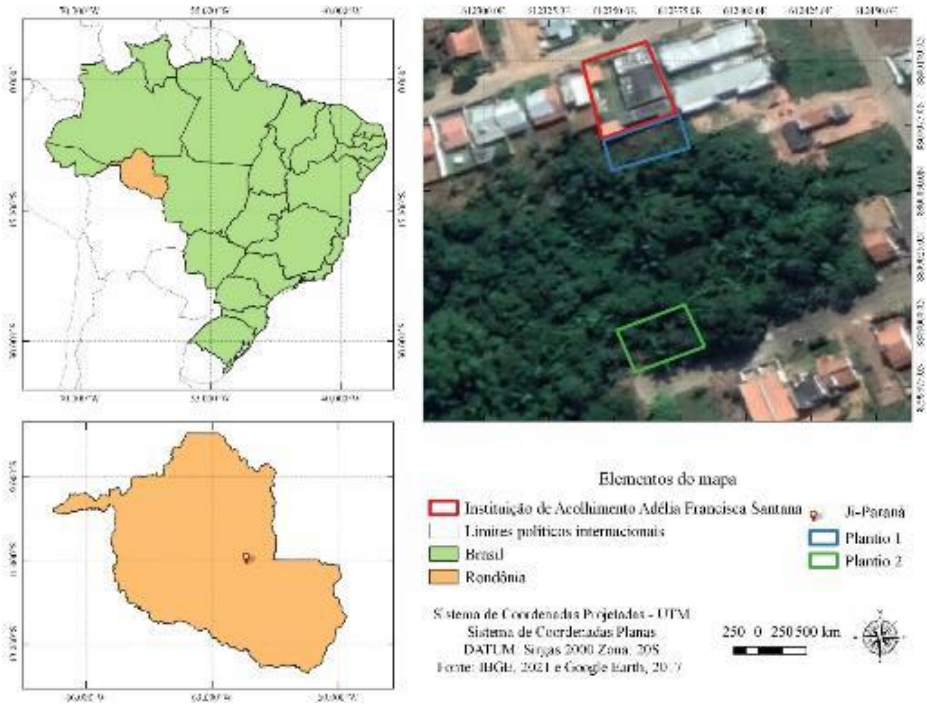
e coletivas, formando-se assim cidadãos preocupados com o bem-estar coletivo (SILVA; PRUDÊNCIO; CAIAFA, 2018).

Nesse sentido, a EA é uma importante ferramenta de interação no âmbito do envolvimento de crianças e jovens, em especial dos que se encontram em instituições de acolhimento institucional. O convívio saudável com as cuidadoras e outras crianças e jovens fortalecem as interações envolvidas no contexto ambiental, como questões culturais, sociais, psicológicas e ambientais (PEDRINI; COSTA; GHILARDI, 2010).

Desta forma, este estudo contém as ações desenvolvidas no projeto de extensão Plantando Árvores Colhendo Histórias, o qual iniciou por meio de parceria entre a Universidade Federal de Rondônia, a Instituição de Acolhimento Adélia Francisca Santana - IAAFS, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMEIA) e a Secretaria Municipal de Assistência Social (SEMAS) do município de Ji-Paraná com o objetivo de proporcionar ações de Educação Ambiental para as crianças e adolescentes acolhidos na instituição.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O trabalho foi desenvolvido no âmbito de um projeto de extensão realizado com os adolescentes e jovens da Instituição de Acolhimento Adélia Francisca Santana, pertencente ao município de Ji-Paraná/RO, que se encontra muito próxima a uma Área de Preservação Permanente, conforme a Figura 1, em que é possível observar a localização da instituição de acolhimento e duas áreas de plantio de árvores frutíferas.



**Figura 1** – Mapa de localização do estudo

**Fonte:** Construção dos autores.

Foi construído um ambiente de convívio para a comunidade nas áreas de plantio 1 e 2, em que foram plantadas árvores frutíferas e instaladas uma mesa e uma escada de acesso com pneus recicláveis, instigando o uso sustentável dessas áreas por um meio ambiente ecologicamente equilibrado. O espaço foi nomeado pelas crianças e jovens da instituição de acolhimento e a inauguração ocorreu no dia 21 de setembro de 2019.

Além disso, foram realizadas atividades de Educação Ambiental para acolhidos da IAAFS, de modo que duas vezes ao mês havia encontro com as crianças e jovens, durante um período de sete meses. O primeiro encontro de cada mês era destinado à manutenção das áreas de plantio 1 e 2 e da trilha ecológica, que foi criada ligando essas duas áreas. Na trilha ocorreu a documentação de algumas espécies de árvores, que foram identificadas por meio de placas doadas por uma cooperativa de crédito do município, que

continham os nomes científicos e vulgares das espécies. Os jovens acolhidos também produziram algumas placas de madeira que foram afixadas ao longo da trilha e nas áreas de plantio 1 e 2.

No segundo encontro de cada mês era realizada a abordagem de temas referentes às questões ambientais, como: Área de Preservação e Vegetação Ripária e Mudanças Climáticas. A explanação dos conteúdos ocorreu na IAAFS, em uma linguagem clara e objetiva com finalidade de alcançar a todos envolvidos, abordados por meio de apresentação por Power Point, roda de conversa e atividades educativas entre crianças e adolescentes com idades de 4 a 15 anos.

Além de atividades experimentais, os jovens foram instigados ao pensamento crítico ao fato abordado. Logo após os experimentos, os jovens participavam de atividades como brincadeiras de “perguntas e respostas” e desenhos.

Assim, as atividades experimentais permitem aos jovens o contato com o objeto concreto, tirando-os da zona de conforto e colocando-os em zona de conflito, construindo mais conhecimentos e posteriormente retornando à zona de conforto.

Foi analisada a percepção ambiental e suas representações em relação ao meio ambiente. Tais análises foram realizadas de acordo com o método sugerido por Pedrini; Costa; Ghilardi (2010). As representações identificam se o sujeito compreendeu o assunto abordado, e, assim, identificar com mais noção o número de macrocompartimentos em sua totalidade e a sua relação com o meio ambiente.

Para abordar o tema “mudanças climáticas” ocorreram dois encontros. No primeiro a equipe da UNIR preparou uma palestra, dois questionários e um experimento para abordar a temática com os jovens. Ao iniciar o encontro foi aplicado o primeiro questionário. Em razão de a instituição apresentar uma rotatividade grande de crianças e variação na idade dos jovens, o

mesmo foi construído com linguagem simples e respostas de “sim” ou “não”, para que todos pudessem participar.

Após os jovens responderem ao questionário, realizou-se a apresentação sobre o tema “mudanças climáticas”. Tomou-se cuidado com as crianças que estão dando início ao processo de alfabetização, sendo estas ajudadas com a interpretação das questões, mas de forma a não induzir suas respostas. No segundo encontro, deu-se continuidade à abordagem de questões referentes a mudanças do clima e fatores que contribuem para tal.

Assim, a equipe elaborou um vídeo, no qual se demonstra a evolução da ocupação do solo no estado de Rondônia, no município de Ji-Paraná e no Bairro Parque Amazonas, que é onde estão localizados o IAAFS e a APP. Para a elaboração do vídeo foram utilizadas imagens anuais do Google Earth Pro, desde 1984 até 2016, sempre da mesma época do ano, período de seca, pois as imagens apresentavam menor quantidade de nuvens, sendo possível analisar o uso e ocupação de Rondônia com foco no desenvolvimento do bairro no qual se encontra a IAAFS.

Com o objetivo de envolver a população dos bairros próximos nas atividades do projeto, a equipe procurou a direção da Escola Estadual Professora Edilce dos Santos Freitas, que é uma das escolas mais próximas, para realizar uma visita guiada com os alunos da escola na trilha ecológica criada.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O primeiro encontro com as crianças do IAAFS destinado à abordagem de temas relacionados ao meio ambiente ocorreu no dia 16 de agosto de 2019. Inicialmente foi realizada uma explicação sobre o que são as Áreas de Preservação Permanente e matas ciliares, bem como a importância delas. Contudo, ao fim da abordagem as crianças foram convidadas a demonstrar por meio

de desenho o que aprenderam no encontro e também a realizar uma breve explicação do seu desenho.

Desta forma, foi analisada a percepção ambiental e suas representações em relação ao meio ambiente. Um total de 8 crianças participaram do estudo, a faixa etária das crianças oscilou de 9 a 14 anos, sendo que 62,5% eram do sexo feminino e 37,5% do sexo masculino. De acordo com Pedrini; Costa; Ghilardi (2010), as representações identificam se o sujeito compreendeu o assunto abordado, e assim, identificar com mais noção o número de macrocompartimentos em sua totalidade e a sua relação com o meio ambiente.

Buscou-se identificar e quantificar os macroelementos que compõem os desenhos. A composição do meio ambiente natural seria aquela que apresenta: solo, água, atmosfera, fauna, flora e homem, enquanto o meio ambiente artificial seria aquele que apresenta objetos construídos pelo homem. Assim, cada elemento foi identificado e representado. Os macrocompartimentos caracterizados como artificiais foram segregados entre “objetos” e “casa”, os macrocompartimentos da categoria “casa” foram subdivididos em macroelementos “Mobiliada” e “Não-mobiliada”, conforme é mostrado na tabela 1.

**Tabela 1.** Símbolos identificados em relação ao meio ambiente artificial (macrocompartimento “casa”)

Data das coletas (2019)	Macroelementos identificados em relação ao meio artificial (casa)		
	Mobiliada	Não-Mobiliada	Total
16/08	2	8	10

Ocorreu o predomínio de casas não mobiliadas (ilustradas oito vezes), resultando numa maior representação deste elemento: 80% das ilustrações encontram esta ilustração. Na tabela 2 constam os elementos identificados, os macroelementos caracterizados de acordo com o macrocompartimento “objeto”.

**Tabela 2.** Macroelementos identificados em relação ao meio ambiente artificial (macrocompartimento “objeto”)

Data das coletas (2019)	Macroelementos identificados em relação ao meio artificial (objetos)					
	Garrafa	Banco	Semáforo	Carro	Faixa de pedestre	Total
16/08	1	1	2	2	1	7

Os macroelementos da categoria objetos apareceram em 37,5% das ilustrações. A característica desta ilustração é um meio ambiente sustentável e harmônico entre homem e meio ambiente, em que a sua composição apresenta maior parte de meio ambiente natural. Conforme a tabela 3, que apresenta os macroelementos que compõem o meio ambiente natural, os elementos identificados foram “atmosfera”, “flora”, “homem” e “solo”.

**Tabela 3.** Quantificação dos macrocompartimentos identificados no meio ambiente natural

Data das coletas (2019)	Macrocompartimentos identificados em relação ao meio natural				
	Atmosfera	Flora	Homem	Solo	Total
16/08	5	61	2	2	70

Pode-se observar a predominância da representação da flora, tendo sido ilustrada 61 vezes, seguida da atmosfera, com 5 representações. É importante observar que houve uma maior percepção dos elementos que compõem a flora, a qual contém uma enorme biodiversidade. As ilustrações detalham poucos elementos diversos, o que, segundo Santos; Santana (2015), mostra que as crianças tiveram poucas percepções das demais espécies que compõem o meio ambiente, que passaram despercebidas. Na tabela 4 constam os elementos florísticos detalhados nas ilustrações.



**Tabela 4.** Macroelementos florísticos identificados na visita ao instituto

Data das coletas (2019)	Macroelementos florísticos				
	Árvore com frutos	Árvore sem frutos	Coqueiro	Flora	Total
16/08	3	52	4	2	61

Conforme a tabela 5, houve a predominância da representação das árvores sem frutos (85,2%). As árvores com frutos foram 4,92%. Houve também a representação de coqueiros (6,6%), e as flores foram ilustradas em cerca de 3,2%, o que contextualiza que apenas o verde das folhas representa o meio ambiente. Essas representações podem ser em virtude do seu cotidiano, em que as crianças e adolescentes não têm contato direto com árvores frutíferas, pois o contato delas com frutas se dá apenas por meio das frutas doadas à IAAFS. A tabela 5 contém as ilustrações dos macroelementos edáficos.

**Tabela 5.** Quantificação dos Macroelementos edáficos identificados

Data das coletas (2019)	Macroelementos edáficos (solo)			
	Solo	Lago	Grama	Total
16/08	3	6	2	11

Houve a maior representação do elemento lago 54,5%. Observou-se pouca representação dos elementos solo e grama nas ilustrações, e o mesmo foi observado no estudo de Pedrini; Costa; Ghilardi (2010), o qual define essas expressões como as representações sociais mais importantes da percepção infantil do meio ambiente. Na tabela 6 constam os macroelementos identificados como abstratos.

**Tabela 6.** Número de Macroelementos identificados como abstratos

Data das coletas (2019)	Macroelementos identificados como abstratos				
	Rabiscos	Personagem	Estrada	Figura geométrica	Total
16/08	3	2	2	2	9

A variabilidade de interpretação dos símbolos varia de acordo com quem as analisa, dependendo da sua contextualização as ilustrações terão resultados diversificados. Assim, a percepção do ambiente, que na criança está em processo de construção, isto é, o reconhecimento dos elementos que compõem o meio ambiente em que vive, é um grande passo para a realização de atividades de educação ambiental (RUA et al., 2015).

Além dos desenhos, as crianças e adolescentes foram convidados a realizar uma breve explicação do seu desenho. Na Figura 2, temos alguns exemplos dos desenhos dos jovens da IAAFS.

Na Figura 2.1 está o desenho realizado por um menino de 10 anos da IAAFS, que explicou que seu desenho mostra como é o meio ambiente com e sem árvores, verbalizando que: “quando não temos árvores fica muito quente”. Essa explicação pode ser observada no desenho pela representação das setas que saem do chão e sobem para a parte superior do desenho.

Já a Figura 2.2, representa o desenho de uma menina de 6 anos, que explica que seu desenho representa como deveriam ser as cidades. Ela disse: “a gente pode viver junto com o meio ambiente”, representando a possibilidade de convivência harmônica das áreas verdes em centros urbanos.



**Figura 2** - 1) Ilustração feita por uma criança do sexo masculino, de 10 anos; 2) Ilustração feita por uma criança do sexo feminino, de 6 anos.

Concomitantemente, foi realizada a limpeza das áreas e delimitada a área da trilha ecológica que liga as duas áreas da APP (Área de Plantio 1 e Área de Plantio 2). Em atividade subsequente ocorreu a distribuição das placas identificadoras doadas por uma cooperativa de crédito e de mais algumas plaquinhas que foram confeccionadas pelos jovens do IAAFS, conforme a Figura 3.



**Figura 3** - Placas de identificação das espécies e placas confeccionadas pelos jovens sendo colocadas

**Fonte:** Construção dos autores.

Para o evento de inauguração do espaço, pensou-se realizar um café da manhã com todos que participaram das ações e também com a comunidade. A inauguração foi definida para acontecer no dia 21 de setembro de 2019, quando se comemora o Dia da Árvore. Essa data foi escolhida pelo simbolismo, uma vez que as atividades do projeto envolvem essa temática. Além disso, foi solicitado aos jovens acolhidos que escolhessem um nome de identificação da área do projeto.

Definida a data, e escolhido o nome Bosque Acolhedor para o espaço, foi possível produzir os convites da inauguração, que foram distribuídos pelos jovens da IAAFS e pela equipe da UNIR entre a comunidade do entorno da APP, convidando a todos a participar de um café da manhã na área do Bosque Acolhedor, conforme Figura 4.

No Dia da Árvore aconteceu a inauguração do Bosque Acolhedor, e nessa data, além do café da manhã, foram realizadas visitas guiadas pela trilha ecológica, distribuição de mudas e de brinquedos educativos doados pela SEMEIA, e realização de gincanas.

Dessa forma, os jovens e as crianças da IAAF estiveram envolvidos em todas as etapas para a implantação do Bosque Acolhedor, desde os preparativos para a locação, as manutenções e limpezas, a escolha do nome, as visitas e passeios pelo local, até a divulgação para que a comunidade local também pudesse usufruir do espaço. Tais feitos foram importantes para a inserção dos jovens da IAAF na comunidade local, e também porque, segundo o estudo realizado sobre Educação Ambiental na formação psicossocial dos jovens durante 15 anos pelo Laboratório de Psicologia e Educação Ambiental (LAPSEA) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), o envolvimento de jovens em programas de educação ambiental desenvolve mudanças psicossociais e auxilia o jovem a construir sua trajetória de vida pautada no compromisso social, ou seja, no exercício da cidadania (SILVA, HIGUCH; FARIAS, 2015).



**Figura 4** - Distribuição dos convites aos moradores para a inauguração do bosque acolhedor.

**Fonte:** Construção dos autores.

Ainda com o objetivo de envolver a população dos bairros próximos ao Bosque Acolhedor nas atividades do projeto, a direção da Escola Estadual Professora Edilce dos Santos Freitas foi

convidada para realizar uma visita guiada com os seus alunos, conforme Figura 5.



**Figura 5** - Visita da Escola Estadual Prof.<sup>a</sup> Edilce dos Santos Freitas ao Bosque Acolhedor  
**Fonte:** Construção dos autores.

Logo na chegada da turma ao Bosque Acolhedor, alguns macacos foram avistados por todos, o que ressaltou o objetivo da visita, que era fazer uma apresentação sobre a importância da APP. Em seguida houve um passeio guiado pela trilha, com a apresentação das árvores identificadas. Aproveitando o momento, foi realizada uma pequena fala sobre cada uma das árvores, além da demonstração de alguns animais que foram sendo encontrados na trilha.

Esse tipo de atividade é uma ferramenta de ensino que auxilia o entendimento e a interpretação sistêmica do ambiente, e propicia a interdisciplinaridade (BUZATTO; KUHLEN, 2020). Após as atividades, um café da manhã foi compartilhado entre todos os presentes, e, posteriormente, houve distribuição de brinquedos educativos com a temática ambiental entre os alunos.

A equipe da UNIR preparou uma palestra, um questionário e um experimento para abordar a temática das mudanças climáticas com os jovens da IAAFS. No dia 9 de novembro, foi realizado um encontro com os acolhidos da instituição, no qual a primeira atividade foi aplicar um questionário, elaborado pela equipe do

projeto, com perguntas relacionadas a ações sustentáveis do cotidiano. Em razão de a instituição apresentar uma rotatividade grande de crianças e oscilações na idade dos jovens, o questionário foi construído com oito perguntas simples de “sim” ou “não”. Na tabela 7 constam as características dos gêneros presentes no estudo.

**Tabela 7** – Características dos gêneros presentes.

Data das coletas (2019)	Faixa etária	Número de crianças	Gênero das crianças	
			M	F
09/11	4-16	11	4	7

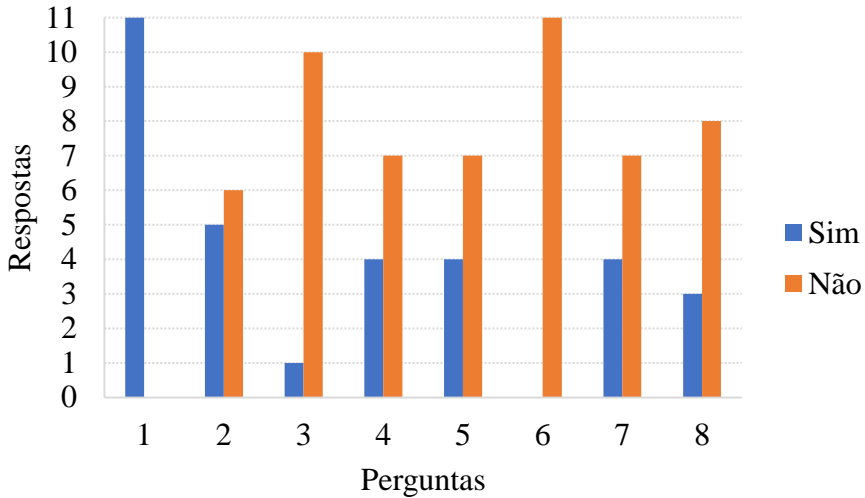
Nota: M – masculino, F – feminino

O total de participantes foi 11, que responderam sim ou não para as seguintes perguntas:

- 1) Você acha importante agir de maneira sustentável?
- 2) Ao escovar os dentes você fecha a torneira?
- 3) Você evita utilizar descartáveis (copo, sacolas e canudos)?
- 4) Ao sair de um ambiente, você desliga a luz?
- 5) Você demora no banho e deixa o registro ligado durante todo tempo, inclusive quando está se ensaboando ou esfregando os cabelos?
- 6) Você usa muito papel higiênico?
- 7) Você destaca muitas folhas do caderno?
- 8) Você desperdiça alimentos?

Na Figura 6 pode-se observar a quantificação das respostas dadas pelos acolhidos.





**Figura 6** – Número de respostas obtidas na aplicação do questionário

De acordo com a Figura 6, observa-se que os jovens da IAAFS julgam muito importante agir de maneira sustentável, porém essas ações passam despercebidas em seu cotidiano. De acordo com Roysen (2018), muitas pessoas não têm a preocupação com as questões ambientais. Assim, ações sustentáveis não são adotadas pelo fato de não se vislumbrarem os impactos que essas pequenas ações em conjunto podem gerar. Desta forma, as práticas insustentáveis persistem, logo perdura o hábito de repetir as mesmas ações ao longo da vida. Assim, a percepção provoca novas condições de hábitos, determinando em cada pessoa novas atitudes.

Pode-se observar que 55% dos jovens da instituição não têm o hábito de fechar o registro enquanto escovam os dentes, não se preocupando com o desperdício de água causado por essa ação. Desta forma a educação ambiental se mostra de grande importância desde a infância, pois desde cedo a criança cresce informada sobre os problemas ambientais, como por exemplo a escassez de água, entendendo as formas de auxiliar a minimizar os impactos causados no meio ambiente (SANTOS; SILVA, 2016).



Observa-se que os acolhidos não evitam utilizar descartáveis (copo, sacolas e canudos), entretanto, na última década a preocupação com a poluição ambiental causada pelo descarte inadequado do plástico no meio ambiente tem sido bastante discutida. Atualmente cerca de 12 milhões de toneladas de resíduos chegam aos oceanos por ano, dos quais 80 a 90% são representados por plástico (BARNES et al., 2009; BEZERRA et al., 2019; ERIKSEN et al., 2014).

Em relação aos resultados das questões 4, 5 e 7, observou-se o mesmo percentual para as respostas, assim, 64% dos jovens presentes não apagam as luzes ao sair de um ambiente. Essa prática gera um consumo de luz desnecessário na instituição de acolhimento. Desta forma, classificar as perdas é interessante, pois assim se pode pensar em modos para promover a redução, para a qual a consciência e o uso racional são fundamentais (LANA, 2009; NOGUEIRA, 2007).

Entretanto, observou-se que 64% dos jovens da instituição dizem que não demoram e que não deixam o registro ligado durante todo o banho, o que mostra que os jovens entendem a importância de não desperdiçar água. A mesma porcentagem de jovens diz que não destaca papel dos cadernos sem necessidade, o que pode ter a influência do fato de que os materiais são doados e que a falta de cuidado com seu material pode gerar a sua falta. Assim, é muito importante o uso consciente.

O uso do papel aumenta à medida que a população se torna alfabetizada e com o crescimento dos elos de comunicação, logo, reciclar ou reaproveitar o papel diminuem o volume de resíduos gerados demasiadamente, e ainda poupa árvores. Apenas 3% de todo o resíduo gerado é reciclado, e 97% têm seu destino final nos lixões públicos (CORTEZ, 2009; SOUSA et al., 2016).

Em relação ao desperdício de alimentos, 73% dos jovens alegam não desperdiçar e 27% geram resíduos alimentares. Esses valores podem estar ligados ao fato de que a equipe da IAAFS

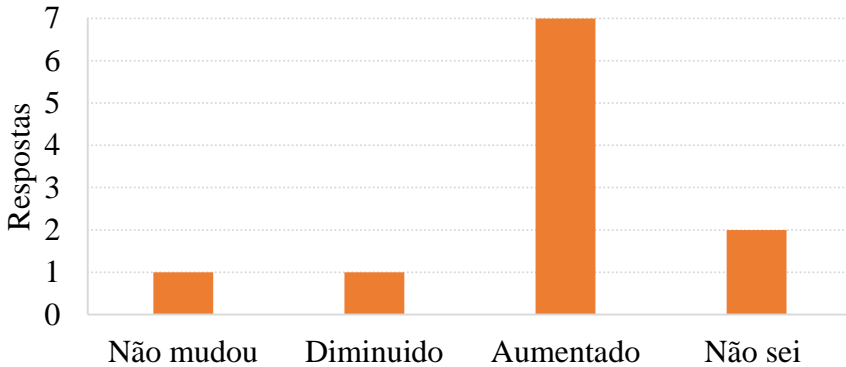
promove diversas discussões sobre essa questão com os acolhidos. De acordo com Borges et al. (2019), medidas sustentáveis para a redução do desperdício de alimento ainda são pouco abordadas, apesar de o Brasil estar entre os países que mais geram resíduos alimentares, com cerca de 30 a 40% desde a produção até a mesa.

Após os jovens responderem ao questionário, em que foi abordado o assunto mudanças climáticas, e nesse contexto, foi explicada a importância de proteger as florestas e os impactos causados com os desmatamentos.

Assim, quando questionados se concordam ou não com a seguinte afirmação: “Árvores são fundamentais para manter o clima agradável”, 91%, concordam com a afirmação de que as árvores são responsáveis em manter o clima agradável, enquanto 9% não concordam. Uma observação importante se dá quando as atividades do projeto são realizadas na APP ou na trilha ecológica, onde se pode sentir a sensação térmica agradável, o que mostra na prática a importância das áreas de preservação ambiental.

Nesse contexto, 73% dos jovens julgaram importante abordar assuntos sobre mudanças climáticas e 27% não souberam opinar. Segundo Abreu; Albuquerque; Freitas (2014), o Brasil não está comprometido com a emissão de Gases de Efeito Estufa - (GEE), mas o país, segundo os autores, mostra-se empenhado na luta contra o aquecimento global, sendo que uma das principais medidas a serem tomadas é a conservação da Amazônia, no controle e combate ao desmatamento.

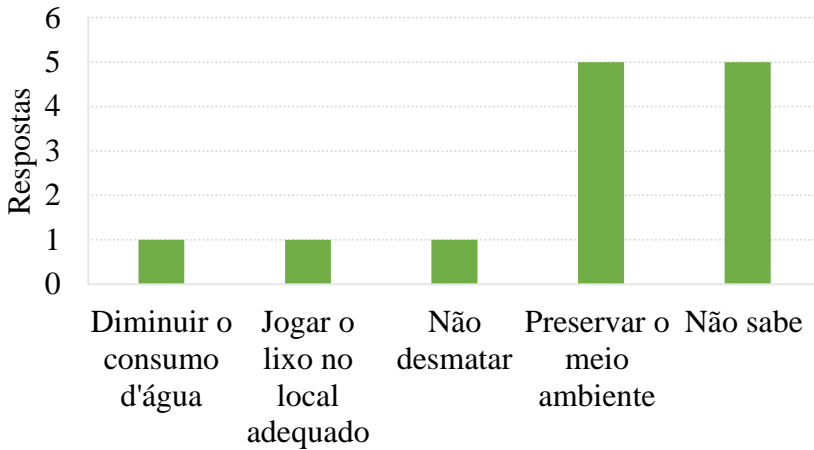
A Figura 7 retrata a opinião dos jovens em relação ao aumento da temperatura.



**Figura 7** – Resultado da opinião quando da questão “a temperatura nos últimos anos, tem...”

Observa-se que 64% dos jovens afirmam que a temperatura tem aumentado, 9% disseram que diminuiu ou não mudou, e 18% não souberam responder. Fearnside (2009) afirma que os impactos causados pelo aquecimento global geram na Amazônia eventos catastróficos, fenômenos como El Niño e que as oscilações na temperatura do oceano Atlântico provocam sérios impactos à floresta, contribuindo com as secas e incêndios florestais, potencializando a perda de vegetação e aumentando a emissão dos GEE.

Na Figura 8 constam as soluções dadas pelos jovens para ações de combate às mudanças climáticas. Nessa questão os jovens poderiam marcar mais de uma alternativa.



**Figura 8** – Resultado da opinião sobre as ações que os jovens podem adotar no combate à mudança climática.

Os jovens opinaram que podem realizar ações como preservar o meio ambiente, e vimos na prática essa ação, pois limpamos uma área de APP em que havia muitos resíduos, inclusive resíduos de construção civil. Nessa área foi instalada uma lixeira para sempre manter o ambiente limpo. Dessa forma, eles aprendem na prática a preservação do meio ambiente.

Segundo Santos; Satyamurty; Santos (2012), os impactos causados pelo desmatamento na Amazônia e a intensificação dos efeitos da mudança climática e aquecimento global levarão a mudanças na distribuição de plantas e animais selvagens, a extinções de espécies não tolerantes ao aumento da temperatura, que, por sua vez, alteram as taxas de evaporação intensificando a taxa de vapor de água na atmosfera, alterando assim o ciclo hidrológico fazendo extremos de seca e chuvas intensas (LIMA, 2016).

Assim, é possível perceber que os jovens compreendem o papel das florestas e entendem a grande importância da preservação do meio ambiente. Eles assimilaram que as perdas das áreas verdes contribuem para o aquecimento da terra. Continuando a abordagem do tema das mudanças climáticas e

desmatamento, foi apresentado um vídeo elaborado pela equipe do projeto, onde se demonstra a evolução da ocupação do solo no estado de Rondônia, no município de Ji-Paraná e no Bairro Parque Amazonas, que é onde estão localizados a IAAFS e a APP.

Para elaborar o vídeo foram utilizadas imagens anuais do *Google Earth Pro*®, desde 1984 até 2016, e ele pode ser acessado via *link* (<https://www.youtube.com/watch?v=E3n5SrMRLfs&t=10s>). No vídeo é possível ver claramente que no município de Ji-Paraná as áreas preservadas estão localizadas ou na Reserva Biológica do Jaru ou na Terra Indígena Igarapé Lourdes, conforme já demonstrado por Silva e Lima (2019). Além disso, no vídeo é possível observar que o Bairro Parque Amazonas sofreu uma urbanização intensa durante o período analisado (2014 -2019).

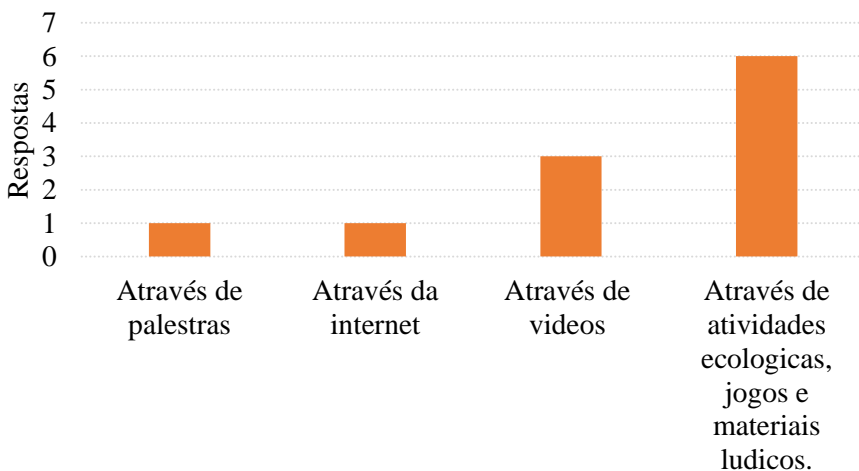
De acordo com Piontekowski et al. (2014), o desmatamento no estado de Rondônia tem apresentado grandes perdas de vegetação ao longo dos anos, e, conforme Oliveira et al. (2017), o crescente aumento do desmatamento e dos focos de queimadas no estado de Rondônia causaram impactos diretos na balança de radiação, temperatura e na evaporação, onde se observa que ao longo dos anos houve o aumento da temperatura das superfícies, evaporação reduzida durante os períodos de seca e aumento dos focos de calor.

Segundo Jacobi et al. (2011), o efeito estufa tem se intensificado com as mudanças climáticas e destruído a camada de ozônio com os gases que provocam os GEE. Para melhor compreensão do assunto, foi realizado um experimento com as crianças e adolescentes da IAAFS. O experimento consistiu em utilizar um copo com água envolto no papel alumínio, estando coberta sua superfície com filme plástico. O copo foi disposto ao sol, responsável por aquecer a água. O papel alumínio tem a função de manter a temperatura no interior do copo e o filme plástico mantém o vapor d'água. Através dele se tem a visualização do interior, analisando-se a formação das gotículas. Deste modo, o

experimento simula o aquecimento global. Logo após as explicações os acolhidos foram convidados a aferir a temperatura, antes e depois do mesmo ser exposto ao sol, inserindo o dedo dentro do copo para perceber a variação da temperatura da água (MEDEIROS et al., 2011).

Além disso, os acolhidos participaram de uma dinâmica, em que foram desafiados a tomar tereré sob o sol e em seguida tomar tereré no Bosque Acolhedor, a fim de que percebessem a diferença de temperatura.

Para concluir as atividades foi questionado aos jovens qual era opinião deles referente à melhor forma de abordar as questões ambientais. Os resultados estão expostos na Figura 8. Dessa forma, pode-se observar que cerca de 85% dos jovens preferem aprender sobre as questões ambientais através de atividades interativas, preferência que foi comprovada pela equipe do projeto, pois no decorrer de outros encontros observou-se que quando eram realizados brincadeiras, experiências e desenhos relacionados aos temas abordados as crianças e jovens se mantinham interessados em aprender, como demonstrado por Costa Junior et al. (2019).



**Figura 9** – Resultado da opinião referente à melhor forma de abordar as questões ambientais.

Além disso, segundo Oliveira (2009), materiais lúdicos transcrevem a realidade metaforicamente, pressupondo uma mudança na perspectiva com que os temas são abordados, de modo representativo e dinâmico, transportando uma multiplicidade de pensamentos e vivências, adotando assim uma verdade (ANUNCIACÃO et al., 2015).

## **CONCLUSÃO**

Com a realização das ações foi criada uma área de convívio, o Bosque Acolhedor, para os acolhidos e a comunidade do bairro. Além disso, foram realizados: o plantio de mudas de árvores frutíferas, a manutenção da área, a criação de uma trilha ecológica na APP, passeios guiados na trilha, bem como a promoção de educação ambiental por meio de rodas de conversas. Foi observado que o envolvimento dos jovens nas ações despertou, nos mesmos, o cuidado com o meio ambiente.

Além disso, foi observado que Educação Ambiental é uma ferramenta de interação social essencial para a formação de um caráter voltado para o desenvolvimento da relação natureza e seres humanos, potencializando em todos níveis o processo educativo, de caráter formal e não formal.

Além disso, o Bosque Acolhedor pode e deve ser mais utilizado por toda a comunidade, inclusive pelas escolas do entorno, servindo de ambiente educativo e de recurso metodológico, que pode dinamizar as aulas aliando teoria e prática. A visitação ao Bosque Acolhedor pode ser ferramenta de diálogo envolvendo as disciplinas de Biologia, Geografia, entre outras, podendo as crianças, na visitação, ser sensibilizadas para a conservação do meio ambiente.

## BIBLIOGRAFIA

ANUNCIACÃO, L. M. R. L. et al. Educação Infantil e Práticas Pedagógicas para o Aluno com Síndrome de Down: o Enfoque no Desenvolvimento Motor. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 21, n. 2, p. 229–244, jun. 2015.

ABREU, M. C. S. DE; ALBUQUERQUE, A. M.; FREITAS, A. R. P. DE. Posicionamento estratégico em resposta às restrições regulatórias de emissões de gases do efeito estufa. **Revista de Administração**, v. 49, n. 3, p. 578–590, 2014.

BARNES, D. K. A. et al. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 1985–1998, 27 jul. 2009.

BEZERRA, D. P. et al. RELATIONS OF VARIOUS SOCIAL ACTORS WITH MARINE DEBRIS IN THE MUNICIPALITY OF CANANEIA, SP. **Ambiente & Sociedade**, v. 22, 2019.

BORGES, M. P. et al. Impacto de uma campanha para redução de desperdício de alimentos em um restaurante universitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 4, p. 843–848, ago. 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999. Política Nacional de Educação Ambiental**. Brasília, DF, 1999. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1999/lei-9795-27-abril-1999-373224-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 09 jun. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Cadastro Nacional de Unidade de Conservação: Tabela consolidada das Unidades de Conservação**. Brasília, 2021. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80229/CNUC\\_FEV19%20-%20C\\_Bio.pdf](http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80229/CNUC_FEV19%20-%20C_Bio.pdf)>. Acesso em: 07 ago. 2021.



BUZATTO, L.; KUHNEN, C. F. C. Trilhas Interpretativas uma Prática para a Educação Ambiental. **Vivências**. v. 16, p. 219-231, 2020.

CAVALCANTE, M. B. O papel da educação ambiental na era do desenvolvimento (in)sustentável. **Educação Ambiental em Ação**, v. 36, p. 1-5, 2011.

CORTEZ, A. T. C. Consumo e desperdício: as duas faces das desigualdades. **Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço urbano**. p. 36-62, 2009.

COSTA JUNIOR, E. F. C. et al. Plantando árvores, colhendo histórias: primeiras ações de um projeto de educação ambiental. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 6, n. 7, p. 279-291, 2019.

DEMOLY, K. R. D. A.; SANTOS, J. S. B. DOS. Aprendizagem, educação ambiental e escola: modos de en-agir na experiência de estudantes e professores. **Ambiente & Sociedade**, v. 21, p. 872, 10 jul. 2018.

ERIKSEN, M. et al. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. **PLoS ONE**, v. 9, n. 12, p. e111913, 10 dez. 2014.

FEARNSIDE, P. M. Global warming in Amazonia: impacts and Mitigation. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 4, p. 1003-1011, 2009.

JACOBI, P. R. et al. Mudanças climáticas globais: A resposta da educação. **Revista Brasileira de Educação**, v. 16, n. 46, p. 135-148, 2011.

LANA, R. DE P. Uso racional de recursos naturais não-renováveis: aspectos biológicos, econômicos e ambientais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 330-340, jul. 2009.

LIMA, M. DE O. Amazônia, uma história de impactos e exposição ambiental em paralelo à instalação de grandes empreendimentos

na região. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 2, n. 7, p. 1–2, jul. 2016.

MEDEIROS, A. B. et al. A Importância da educação ambiental na escola nas séries iniciais. **Revista Faculdade Montes Belos**, v. 4, n. 1, p. 1–17, 2011.

NOGUEIRA, L. A. H. Uso racional: a fonte energética oculta. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 91–105, abr. 2007.

OLIVEIRA, M. L. O lúdico e a educação escolarizada da criança. *In: Impertinências da educação: O trabalho educativo em pesquisa*. São Paulo: Unesp, p. 193, 2009.

OLIVEIRA, T. et al. Os Impactos Do Desmatamento E Queimadas De Origem Antrópica Sobre O Clima Da Amazônia Brasileira: Um Estudo De Revisão. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 11, n. 2, p. 157–181, 2017.

PEDRINI, A.; COSTA, É. A.; GHILARDI, N. Percepção ambiental de crianças e pré-adolescentes em vulnerabilidade social para projetos de educação ambiental. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 1, p. 163–179, 2010.

PELICIONI, M. C. F. Educação ambiental, qualidade de vida e sustentabilidade. **Saúde e Sociedade**, v. 7, n. 2, p. 19–31, 1998.

REIGOTA, M. **O que é educação ambiental**. São Paulo: Cortez, 1994.

ROSA, M. D. A relevância ambiental das áreas de preservação permanente e sua fundamentação jurídica. **Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, v. 3, p. 83–95, 2011.

ROYSEN, R. The body and the adoption of sustainable practices: A case study in an ecovillage. **Psicologia e Sociedade**, v. 30, p. 1–11, 2018.

RUA, M. B. et al. Percepção do ambiente marinho por crianças no

Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Biociências**, v. 21, n. 1, p. 27–44, 10 ago. 2015.

SANTOS, C. A. C.; SATYAMURTY, P.; SANTOS, E. M. Tendências de índices de extremos climáticos para a região de Manaus-AM. **Acta Amazônica**, v. 42, n. 3, p. 329–336, set. 2012.

SANTOS, C. F. DOS; SILVA, A. J. A importância da educação ambiental no ensino importância da educação ambiental no ensino infantil com a utilização de recursos tecnológicos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 4, 2016.

SANTOS, M. V. DOS R.; SANTANA, S. M. Avaliação da percepção de meio ambiente dos alunos do 3º ano do ensino médio do Colégio Modelo Luís Eduardo Magalhães, localizado no município de Itamaraju- Ba. **VIII EPEA - Encontro Pesquisa em Educação Ambiental**, v. 8, p. 11, 2015.

SILVA, R. D. L.; PRUDÊNCIO, C. A. V.; CAIAFA, A. N. Contribuições da educação ambiental crítica para o processo de ensino e aprendizagem em ciências visando à formação cidadã. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 3, p. 60, 2018.

SILVA, S.C.S.; LIMA, A.M.M. Análise do uso e ocupação da terra e sua influência na sub-bacia do Ji-Paraná. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n.01 p. 201-212, 2019.

SILVA, W. G; HIGUCHI, M. I. G.; FARIAS, M. S. M. **Educação ambiental na formação psicossocial dos jovens**. **Revista Ciência Educação**, Bauru, v. 21, n. 4, p. 1031-1047, 2015.

SOUSA, D. C. G. et al. A importância da reciclagem do papel na melhoria da qualidade do meio ambiente. **XXXVI Encontro nacional de engenharia de produção**, p. 5170–5176, 2016.

UNESCO. **Declaração Mundial sobre Educação para Todos: satisfação das necessidades básicas de aprendizagem**. Jomtien: UNESCO, 1990.

## CAPÍTULO 28

### OS RECURSOS HÍDRICOS NOS CURRÍCULOS DE ENSINO TÉCNICO

**Gleise Regina Bertolazi Santos<sup>98</sup> & Jefferson Nascimento Oliveira<sup>99</sup>**

#### 1. INTRODUÇÃO

O Ensino Técnico (ET), o qual atende uma das finalidades do ensino médio, que é a preparação básica para o trabalho e a cidadania, visa à contínua aprendizagem, através da qual o educando deve ser capaz de se adaptar com flexibilidade às novas condições de ocupações do mercado de trabalho. Segundo Santos (2011, p.15), “é necessário sim preparar bem o trabalhador, a iniciar-se pelos jovens, para o domínio dos fundamentos tecnológicos e das habilidades técnicas necessárias às profissões”.

Para o desenvolvimento educacional, um currículo bem elaborado sem dúvida contribui para a qualidade do ensino oferecido pelas redes públicas de educação, em especial quando estes currículos são formalizados para atender a uma demanda crescente de profissionais técnicos qualificados.

Em recente pesquisa comparativa, realizada por Santos (2019, p.90), entre os currículos de formação técnica profissional no Brasil e Portugal, na qual buscou-se evidenciar os conteúdos das Geociências nos cursos do eixo tecnológico de Recursos Naturais,

---

<sup>98</sup> Doutora em Ensino e História em Ciências da Terra, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. gleise.santos@unesp.br

<sup>99</sup> Coordenador geral do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua. jefferson.oliveira@unesp.br

os professores brasileiros indicaram, entre tantos, os conteúdos relativos à hidrosfera (Hidrologia; água; bacias hidrográficas; regimes fluviais; balanço hídrico; águas subterrâneas; composição química da água; oceanografia; fontes de água; dinâmica da superfície hídrica; processos de degradação dos recursos hídricos; modificações naturais dos recursos hídricos) como conteúdos geocientíficos presentes nas disciplinas que lecionam.

No momento, verifica-se que o assunto “recursos hídricos e seu gerenciamento” permeia vários currículos de formação técnica profissional, entre eles os de Técnico em Controle Ambiental, Técnico em Agropecuária, Técnico em Mineração, entre outros. Observa-se que os assuntos relacionados à gestão dos recursos hídricos apresentam-se aparentemente sob forma de conceitos, e não como o observado na Resolução N.º 98/2009 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, que considera, em seu Artigo 3º, a educação em gestão dos recursos hídricos em princípios e fundamentos da Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA, Lei N.º 9.795/99). Além disso, a própria PNEA, em seu Artigo 2º, considera que “A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal”. Desta forma, os conteúdos sobre recursos hídricos e seu gerenciamento, além do caráter de educação científica, assumem também o caráter de educação ambiental, de sorte que se justifica uma investigação sobre a intensidade, abordagens, espacialidade e gestão deste recurso, e sua inserção nos currículos de ET.

Pease, Chaney & Hoover (2019, p.103) afirmam a necessidade de a educação hídrica ser integrada a outras disciplinas, o que garantiria aos alunos receberem uma educação no maior número possível de aspectos da gestão hídrica.

Interessante seria a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei N.º 9.433/97), através do Plano Nacional de Recursos Hídricos,

já em processo de desenvolvimento para a vigência 2021-2040, instituir a bacia hidrográfica como unidade de planejamento de currículos educacionais, em parcerias com as secretarias de educação estaduais e/ou instituições federais que administram a educação básica no país, além de “fomentar editais para apoio aos projetos de pesquisas escolares com foco na gestão integrada de bacias” (BRASIL, 2020, p.21).

Assim, a investigação do currículo, ofertado pelas instituições públicas de ensino, indicaria como o debate da gestão dos recursos hídricos se incorpora ao ET enquanto conteúdo, aquisição de competências e processo de cidadania.

## **2.OBJETIVOS**

O objetivo central deste trabalho de pesquisa consiste em avaliar abordagens dos conteúdos em recursos hídricos nos currículos de ensino técnico, representados pelos currículos oficiais das secretarias de educação de Estados, bem como os currículos oficiais dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IF), e ainda as escolas de aplicação ligadas às universidades públicas presentes no território brasileiro. Busca-se promover uma discussão sobre a convergência e/ou divergência entre os currículos em nível federal e estadual. Essa iniciativa deverá produzir um panorama consistente e uma comparação entre o que tem sido proposto no ensino brasileiro em relação aos conteúdos de recursos hídricos, bem como sua gestão.

A abordagem selecionada para a pesquisa é de natureza qualitativa dos órgãos propositores dos currículos das instituições investigadas. A investigação deve partir de cursos técnicos, nas modalidades concomitante/subsequente, que por necessidade ofertem disciplinas ligadas aos recursos hídricos.

Os objetivos específicos compreendem, sob o olhar da legislação educacional e das referências em recursos hídricos e seu

gerenciamento: a) identificar as disciplinas e conteúdos encontrados nos currículos investigados; b) analisar o grau de inferência dos conteúdos às necessidades do perfil do técnico egresso; c) analisar a relação dos conteúdos, suas competências e habilidades em relação ao processo de gerenciamento dos recursos hídricos enquanto proposta de educação ambiental.

### **3. DESENVOLVIMENTO**

Este projeto de Pós-Doutoramento está sendo desenvolvido na Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, no campus de Ilha Solteira, através do Programa ProfÁgua, Mestrado Profissional de Gestão e Regulação em Recursos Hídricos.

A investigação da pesquisa tem como palco a discussão crítica das políticas públicas educacionais brasileiras e suas atuais mudanças no ensino médio, as quais afetam o ET. Para atingir os objetivos do trabalho, desenvolver-se-á o seguinte conjunto de etapas, as quais deverão ocorrer no prazo máximo de dois anos, iniciando-se em junho de 2021:

a) Levantar os cursos técnicos e as instituições que apresentam em seu currículo conteúdos relacionados aos recursos hídricos.

b) Levantar informações pormenorizadas e desenvolver pesquisa descritiva dos conteúdos sobre recursos hídricos que compõem os currículos das disciplinas específicas de cada um dos cursos investigados.

c) Realizar uma comparação entre currículos em níveis federal e estadual.

d) Elaborar um inventário qualitativo a respeito das propostas curriculares junto aos órgãos responsáveis em cada instituição, visando colher informações sobre a formulação curricular.

e) Tabulação e análise dos dados colhidos.

f) Discussão das hipóteses e comparações levantadas.

g) Conclusão do trabalho: proposição de ideias-chaves sobre conteúdos de recursos hídricos e seu gerenciamento para cursos de ensino técnico.

O universo da pesquisa busca representar toda a extensão territorial do país, dada a importância de as bacias hidrográficas encontrarem-se distribuídas de forma heterogênea no país, exploradas em seus diversos usos intensivos pelas diferentes atividades econômicas, e por apresentarem problemas de qualidade decorrentes da poluição e exploração, exigindo assim uma gestão mais efetiva através do monitoramento dos recursos hídricos (BRASIL, 2020, p.7).

A aplicação do inquérito aos responsáveis pela elaboração dos currículos será realizada por meio de plataformas online, a fim de facilitar a comunicação, o envio e o recebimento dos dados necessários para a pesquisa. Pesquisas em ambiente virtual mostram-se uma tendência para a coleta de dados, preferidas pela maioria dos sujeitos dos estudos, possibilitando a melhoria e agilidade do processo de pesquisa (FALEIROS et al, 2016, p.2).

Os questionários serão elaborados considerando-se os objetivos do trabalho, sendo estruturados em dois conjuntos de questões: questões fechadas, que assumem caráter exploratório sobre o órgão institucional que formula o currículo e as políticas adotadas, e, portanto, expressam um conjunto de características próprias da população; e questões abertas, direcionadas à investigação do próprio currículo.

A partir dos dados levantados e analisados, bem como do levantamento bibliográfico sobre ET, políticas educacionais, e gestão de recursos hídricos, parte-se para as comparações, discussão e proposição de hipóteses, que devem resultar em sugestões para uma base curricular que explore os conhecimentos em gestão de recursos hídricos no ET no Brasil.



#### 4. DISCUSSÃO

O número de currículos a ser investigados nesta pesquisa é amplo devido à própria extensão territorial do país e à abrangência das instituições de ET em todas as regiões brasileiras.

Dada a importância da territorialidade em relação às suas bacias hidrográficas, deve-se levar em conta a utilidade da temática desta pesquisa “recursos hídricos na educação” no nível técnico, e que ainda compõe o sistema da educação básica. Segundo a Unesco (2016) o ensino sobre a água precisa ser aperfeiçoado em todos os níveis educacionais, desde o avanço do conhecimento científico em meio acadêmico até capacitações direcionadas a profissionais e tomadores de decisão. A educação hídrica deve transcender a ciência hidrológica, deve ser multi e interdisciplinar. Deve ser expandida à formação de técnicos em áreas relacionadas com a água, formando líderes em gestão integrada sustentável, melhorando a qualidade da educação profissionalizante.

Eis mais um dos motivos pelo qual se justifica a extensão da população a ser considerada nesta pesquisa. Buscar-se-á não medir esforços para que toda população seja contemplada. Entretanto, conta-se com a possibilidade de que não se atinja a participação de 100% das instituições de interesse. Neste caso, deve-se trabalhar com os dados coletados das instituições que se propõem a colaborar com o inquérito, traduzindo-se assim em uma população amostral não probabilística, do tipo “Amostragem por acessibilidade ou conveniência: constitui o menos rigoroso de todos os tipos de amostragem e é destituída de qualquer rigor estatístico. O pesquisador seleciona os elementos a que tem acesso e admite que possam representar o universo. Esse tipo de amostragem é aplicado em estudos exploratórios ou qualitativos em que não se requer elevado nível de precisão” (MARAFON et al, 2013, p. 122). Neste caso, o pesquisador assume os possíveis erros das narrativas.

Entretanto, isso não deve afetar a coleta de dados, tampouco os resultados esperados, já que os objetivos se traduzem em avaliar a presença do tema “recursos hídricos e seu gerenciamento” nos currículos de ensino técnico.

Pease, Chaney & Hoover (2019, p.103) aplicaram pesquisa semelhante em cursos de formação acadêmica em Geografia em território norte-americano, na qual puderam analisar os currículos através de análises prévias e questionários em plenárias com docentes e alunos em várias universidades, e as conclusões foram bem explícitas, desde a necessidade de reavaliação curricular até o investimento na educação universitária.

Para este artigo encontram-se já levantados dados a respeito dos Institutos Federais de Educação, os quais são apresentados na Tabela 1.

Observa-se que os cursos mais ofertados se encontram na área de produção de alimentos (agricultura, agroecologia e agropecuária), seguidos ainda de Recursos Pesqueiros, Pesca, Fruticultura e Cafeicultura. Com exceção dos cursos de Recursos Pesqueiros e Pesca, nos quais a demanda produtiva é baseada diretamente no recurso hídrico, e, portanto, a discussão da importância deste no conteúdo do currículo torna-se inevitável, os demais cursos também demandam uma extrema quantidade de água para irrigação e produção, e que hoje encontra-se em discussão na maior parte dos Comitês de Bacias do Brasil sob o assunto de outorgas e cobranças ao setor produtivo agropecuário.

Não menos importante, os demais cursos apresentados possuem suas características e vínculos hídricos que devem ser abordados no campo da ciência e da gestão em seus respectivos cursos, para os quais os currículos foram elaborados. E é justamente essa interface que se busca nesta pesquisa.

**Tabela 1.** Cursos técnicos oferecidos pelos Institutos Federais

<b>Cursos</b>	<b>Eixo Tecnológico</b>	<b>Nº de Escolas ofertantes</b>
Agricultura	Recursos Naturais	18
Agroecologia	Recursos Naturais	10
Agropecuária	Recursos Naturais	67
Aquicultura	Recursos Naturais	19
Cafeicultura	Recursos Naturais	1
Controle Ambiental	Ambiente e Saúde	6
Energias Renováveis	Controle e Processos Industriais	1
Florestas	Recursos Naturais	6
Fruticultura	Recursos Naturais	2
Geologia	Recursos Naturais	2
Meio Ambiente	Ambiente e Saúde	50
Mineração	Recursos Naturais	14
Pesca	Recursos Naturais	5
Petróleo e Gás	Produção Industrial	7
Portos	Infraestrutura	1
Recursos Pesqueiros	Recursos Naturais	14
Saneamento	Infraestrutura	9
Sistema de Energia Renovável	Controle e Processos Industriais	2
Transporte Aquaviário	Infraestrutura	1

Comparando-se o total de cursos oferecidos pelos Institutos Federais por abrangência regional, observa-se uma disparidade entre as regiões brasileiras (Tabela 2).

**Tabela 2.** Distribuição regional de cursos técnicos oferecidos pelos Institutos Federais

<b>Cursos</b>	<b>Norte</b>	<b>Nordeste</b>	<b>Centro-Oeste</b>	<b>Sudeste</b>	<b>Sul</b>
Agricultura	3	11	2		2
Agroecologia	3	2		1	4
Agropecuária	15	31	6	7	9
Aquicultura	12	4	1	1	1
Cafeicultura				1	
Controle Ambiental		1	2	1	2
Energias Renováveis		1			
Florestas	4	1	1		
Fruticultura		2			
Geologia	1	1			
Meio Ambiente	14	20		11	5
Mineração	1	6	2	5	
Pesca	4	1			
Petróleo e Gás		6		1	
Portos				1	
Recursos Pesqueiros	11	3			
Saneamento	7				1
Sistema de Energia Renovável		1		1	
Transporte Aquaviário		1			

Analisando-se os dados da Tabela 2, considera-se que os cursos mais presentes nas regiões são os de Técnico em Agropecuária e Técnico em Meio Ambiente. Estes têm considerável ligação com os recursos hídricos e sua gestão, além de serem cursos que norteiam a produção do primeiro setor da economia, e, em contrapartida, são díspares entre si. Observa-se

também a presença de outros cursos relacionados à geografia regional, como a presença dos cursos Técnicos em Aquicultura e Recursos Pesqueiros, em maior número na Região Norte; como o curso Técnico de Petróleo e Gás, na Região Nordeste; e o curso de Técnico em Mineração, com maior presença nas regiões Nordeste e Sudeste.

Entretanto, observa-se que nenhuma das unidades escolares dos Institutos Federais, de todas as regiões brasileiras, oferta o curso de Técnico em Hidrologia, curso este que tem por finalidade, segundo o Catálogo Nacional de Cursos Técnicos, habilitar o técnico a:

“Instalar, operar e realizar a manutenção de equipamentos destinados à medição de níveis e vazão em rios, lagos e estuários e de equipamentos para registro de correntes, marés, ondas e outras características marítimas; Coletar e analisar dados para monitoramento ambiental de bacias hidrográficas, para análise de qualidade de água e análises de sedimentos; Executar o levantamento de bacias hidrográficas em campo e por meio de ferramentas cartográficas; Realizar ensaios de infiltração, bombeamento em poços e ações de controle de erosão; Participar de projetos de obras hidráulicas e da execução de estudos em modelos reduzidos; Realizar levantamentos topográficos em áreas de bacias hidrográficas e em perfis de praia; Realizar levantamentos de características batimétricas e morfológicas de cursos d’água; Implantar e controlar sistemas de irrigação.” (BRASIL, 2020, p.253)

Ressalta-se a importância desta formação de mão de obra técnica, apontada na Moção CNRH N.º 57, de 16 de dezembro de 2010, do Ministério do Meio Ambiente, a qual recomenda, como prioridade de investimento em ciência e tecnologia,

“Ações de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação para aumentar o conhecimento científico sobre o ciclo hidrológico em suas diversas fases (aérea, superficial, subterrânea) e suas alterações em função do uso e ocupação do solo, bem como das mudanças climáticas; inclui a Hidrologia, Hidrogeologia, Hidrometeorologia e a Hidráulica.” (BRASIL, 2010, p.4)

Justifica-se a necessidade de formação técnica de nível médio e capacitação em hidrometria e análise de qualidade da água, pois

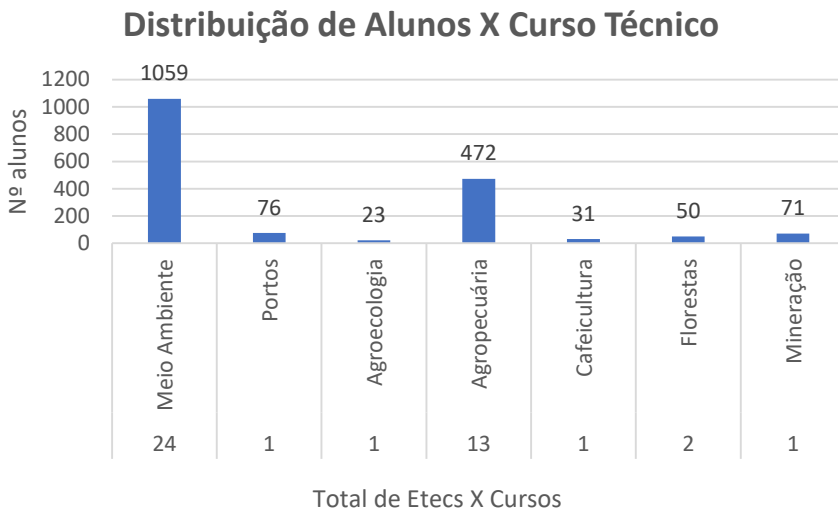
“Não há profissionais suficientes no mercado em função de aposentadorias e inexistência de cursos profissionalizantes. A expansão do ensino técnico médio em todo o País denota a necessidade deste segmento para o desenvolvimento tecnológico e, em especial, para a incorporação de novas tecnologias inovadoras a partir da capacitação de alunos do ensino médio. O lançamento de linhas de fomento que trabalhem a inserção destes centros de experimentação e aprendizado é essencial para a inclusão de um elo necessário a cadeia do desenvolvimento e da inovação tecnológica.” (BRASIL, 2010, p.6)

Além da Moção N.º 57/2010 apontar as prioridades de investimentos em ciência, tecnologia e inovação na área de estudos hidrológicos e hidráulicos, e também a necessidade da formação de mão de obra técnica, aponta áreas como: gestão dos recursos hídricos, saneamento ambiental, qualidade da água, manejo, recuperação e conservação do solo e da biodiversidade, entre outras. Ela estabelece ainda grau de prioridade de urgência na formação técnico-científica.

Entre todos os cursos apresentados, não se observa a presença do curso de Técnico em Hidrografia. Todavia, este curso é de caráter exclusivo de licença das escolas militares.

Entretanto, no estado de São Paulo, a educação técnica de nível médio, pública, é oferecida pelo Centro Paula Souza (CPS), uma autarquia do Governo do Estado de São Paulo vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Econômico. Portanto não há até o momento cursos técnicos ofertados pela Secretaria de Estado da Educação, no âmbito do que satisfaz o foco desta pesquisa, isto é, os cursos técnicos concomitantes ou subsequentes ao ensino médio da rede pública.

O CPS, considerando os 212 cursos ofertados em várias modalidades, contava no segundo semestre de 2020<sup>100</sup> com 1.782 alunos matriculados e distribuídos entre sete cursos que são do interesse desta pesquisa, o que pode ser observado na Figura 1.



**Figura 1.** Distribuição de Alunos X Curso Técnico X Unidade Escolar

Deve-se considerar a reduzida demanda por conta do período “pandêmico”, no qual houve grande evasão escolar por inúmeros

<sup>100</sup>

<http://www.cpsctec.com.br/cpsctec/publicacoes/bdctec/Gerais20202Semestre.pdf>

motivos relacionados às atividades remotas. Observa-se ainda, que, mesmo o CPS atendendo somente a população do estado de São Paulo, também não oferece o curso técnico em Hidrologia. Há que se analisar os planos de cursos, dos mesmos apontados na Figura 1, para análise sobre a presença de conteúdos relacionados aos recursos hídricos e sua gestão. Embora a oferta de cursos técnicos relacionados ao assunto seja reduzida, os temas específicos relacionados aos recursos hídricos ocorrerão no curso Tecnológico de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, ofertado por duas unidades da Fatec (Faculdade de Tecnologia).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como resultados parciais, os cursos dos Institutos Federais apresentados na Tabela 1, quando distribuídos regionalmente, apresentam disparidade em relação à população atendida. Observe-se a Região Norte, que, com mais de 18 milhões de habitantes<sup>101</sup>, oferta 74 turmas de ensino técnico distribuídas em sete estados; a Região Nordeste, com mais de 57 milhões de habitantes, oferta 93 turmas distribuídas em nove estados; a Região Centro Oeste, com mais de 16 milhões de habitantes, oferta 14 turmas, distribuídas em três estados; a Região Sudeste, com mais de 89 milhões de habitantes, oferta 29 turmas de ensino técnico; por fim, a Região Sul, com mais de 30 milhões de habitantes, oferta 24 turmas de ensino técnico, em três estados.

O Gráfico 1 apresenta o total de 1.782 alunos distribuídos em sete cursos técnicos ofertados para uma população regional de mais de 46 milhões de habitantes, o que resulta em demanda

---

<sup>101</sup>

[https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas\\_de\\_Populacao/Estimativas\\_2020/estimativa\\_dou\\_2020.pdf](https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2020/estimativa_dou_2020.pdf)



ínfima em relação à população estudantil matriculada no ensino médio em 2020, cujo total foi de 1.533.097 jovens<sup>102</sup>.

Tem-se ainda uma longa jornada por levantamento de dados nas secretarias estaduais de educação.

Os resultados da pesquisa interessam às comunidades científica e educacional, e aos elaboradores de políticas públicas e currículos da educação básica, com ênfase no ensino técnico. Encontrando-se pontos comuns e disparidades pela avaliação dos currículos, é possível contribuir para o processo de se repensar a formação do profissional técnico e sua incorporação pelo mercado de trabalho.

A avaliação do impacto da pesquisa dar-se-á em longo prazo, à medida que emergirem novas investigações. Espera-se que os resultados possam nortear novos planos curriculares no Brasil para a formação de jovens na condição de cidadãos e profissionais técnicos.

Como produto final da pesquisa, espera-se formular e propor um conjunto articulado de ideias-chaves sobre os conteúdos e o processo de gerenciamento em recursos hídricos que devem ser privilegiados no ET dos cursos que serão apresentados na pesquisa. Pretende-se divulgar os resultados por meio da publicação de artigos científicos e trabalhos em congressos e simpósios.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico-científico aportado até o momento.

---

<sup>102</sup> <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/pesquisa/13/5908>

**REFERÊNCIAS**

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.  
**Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual.**  
Brasília: ANA, 129p., 2020. Disponível em:  
<<http://conjuntura.ana.gov.br/>>. Acesso em: 08 abr. 2021.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.**VI Encontro Formativo Nacional de Educação Ambiental para Gestão das Águas:** contribuições ao Plano Nacional de Recursos Hídricos 2021-2040. Brasília: ANA, 48 p., 2020. Disponível em:  
<<https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerc/handle/ana/3652>>.  
Acesso em: 08 abr. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Catálogo Nacional de Cursos Técnicos.** 4ª Edição. Brasília, 510p., 2020. Disponível em: <  
<http://cnct.mec.gov.br/>>. Acesso em: 23 dez. 2020.

BRASIL. Lei Nº 9.795/99. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** Seção 1, Brasília, DF, n. 79, p.1, col. 1. 28 abr. 1999.

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução Nº 98 de 26 de março de 2009. Estabelece princípios, fundamentos e diretrizes para a educação, o desenvolvimento de capacidades, a mobilização social e a informação para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União:** Seção 1, Brasília, DF, n. 144, p. 96-97, 30 jul. 2009.

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Moção CNRH Nº 57, de 16 de dezembro de 2010. Recomenda princípios e prioridades de investimento em ciência, tecnologia e inovação em recursos hídricos. **Diário Oficial da União:** Seção 1. Brasília, DF, n. 24, p.58, 03 fev. 2011.

FALEIROS, F. et al. Uso de questionário online e divulgação virtual como estratégia de coleta de dados em estudos científicos.

**Texto Contexto Enferm**, Ribeirão Preto, 25(4): e3880014, 2016. DOI 10.1590/0104-07072016003880014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0104-07072016003880014>>. Acesso em 31 mai. 2021.

MARAFON, G.J.; RAMIRES, J.C.L.; RIBEIRO, M.A.; PESSÔA, V.L.S. (org.) **Pesquisa qualitativa em geografia: reflexões teórico-conceituais e aplicadas**. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2013, 540 p. Disponível em: <[https://www.scielo.br/pdf/tce/v25n4/pt\\_0104-0707-tce-25-04-3880014.pdf](https://www.scielo.br/pdf/tce/v25n4/pt_0104-0707-tce-25-04-3880014.pdf)>. Acesso em: 31 mai. 2021.

PEASE, M.; CHANEY, P.L; HOOVER, J. A Review of Water Resources Education in Geography Departments in the United States. **Journal of Contemporary Water Research & Education**, Estados Unidos, v. 168, 93-105, Dez. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1936-704X.2019.03323.x>>. Acesso em: 31 mai. 2021.

SANTOS, G. R. B. **A disciplina geociências na formação de técnicos ambientais: prospecção de práticas pedagógicas**. 134 p., 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino e História de Ciências da Terra) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 2011.

SANTOS, G. R. B. **Ciências da terra no ensino técnico/profissional no Brasil e em Portugal: um estudo sobre currículo e conteúdos**. 169 p., 2019. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

UNESCO. Unesdoc Biblioteca Digital. IHP-VIII Tematic Area 6: water education, key for water security - activities and outcomes 2014-2015. 11 p., 2016. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245186>>. Acesso em: 31 mai. 2021.

## CAPÍTULO 29

### **EMBALAGENS ECO-FRIENDLY: SUA IMPORTÂNCIA NA PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

**Jaqueline Ribeiro de Sousa Santos<sup>103</sup>, Admilson Irio Ribeiro<sup>104</sup> &  
Lucas Shigaki de Matos<sup>105</sup>**

#### **INTRODUÇÃO**

As atividades humanas, em boa parte das vezes, necessitam de recursos naturais para o seu desenvolvimento. Os recursos hídricos são águas, sejam elas superficiais ou subterrâneas, que são usadas nessas atividades de necessidade antropológica (EMBRAPA, 2021). O estudo de FRAGA et al. (2013) trata sobre a vulnerabilidade de lençóis freáticos em uma bacia hidrográfica de Portugal. Nesse sentido, vale ressaltar o cuidado necessário com rios, lençóis freáticos, e surgem também conceitos como as bacias hidrográficas.

Os rios fazem parte das bacias hidrográficas, e no Brasil também representam umas das principais fontes de captação de recurso hídrico. Sua poluição é uma preocupação bem consolidada, já que rios como o Tietê (Figura 1), na grande São Paulo, é um exemplo de rio poluído que desencadeia diversas discussões todos os anos (G1, 2020; SOS-Mata Atlântica, 2019).

---

<sup>103</sup> Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho - UNESP. jaquesjp@outlook.com

<sup>104</sup> Professor da UNESP. admilson.iri@unesp.br

<sup>105</sup> Doutor em Medicina Veterinária, UNESP. lucas.matos@ipafarma.com.br



**Figura 1** – Vista aérea do Rio Tietê, na zona leste de São Paulo (SP).

**Fonte:** G1, 2020.

Para a autora Meritxell (2021), os rios têm participação considerável no carregamento de resíduos sólidos mal gerenciados para os mares. Os oceanos vêm se destacando em debates de conservação ambiental por apresentarem grandes índices de poluição por embalagens e plásticos em geral. Sendo assim, uma possível contaminação desses recursos hídricos é evidenciada.

Desde 1909, quando o primeiro polímero sintético foi produzido, o aumento de embalagens plásticas aumentou de forma expressiva. As características de durabilidade e resistência contribuíram para sua ampla utilização, porém esses mesmos motivos promovem o seu alto potencial poluidor. As embalagens poliméricas possuem baixíssima taxa de degradação, e sua gestão não apresenta bons resultados. Estima-se que, desses resíduos plásticos, somente 9% foram reciclados, 12% incinerados e 79% foram encaminhados para aterros ou se acumulam no meio ambiente (MERITXELL, 2021).

Supõe-se que os rios movimentam anualmente entre 1,1 a 2,4 milhões de toneladas de plásticos (MERITXELL, 2021). Diante desse cenário, mostra-se necessário o desenvolvimento de ações

que busquem o uso sustentável de embalagens, seja substituindo os polímeros ou até modificando a tratativa de sua destinação final.

As embalagens *eco-friendly* são focadas na sustentabilidade. O termo refere-se a materiais que são amigáveis ao meio ambiente, ou seja, contribuem para a diminuição dos impactos ambientais, podem ser reciclados, são biodegradáveis, podem ser reutilizados, entre outros (DONATO; SOUZA, 2016). Sendo assim, o uso cada vez maior desse tipo de embalagem leva à diminuição da poluição hídrica.

## **DESENVOLVIMENTO**

O estudo foi desenvolvido a partir de buscas por artigos, livros, dissertações e estudos em geral que tratam sobre as embalagens *eco-friendly*, tratando e avaliando os dados encontrados para ganho de conhecimento sobre a sustentabilidade de tais materiais.

### **EMBALAGEM, UM PANORAMA GERAL**

As embalagens possuem a função de possibilitar a entrega e uso do produto pelo consumidor, sendo assim as mesmas possuem papel fundamental no ciclo de vida do mesmo (CETESB; ABRE, 2016). Elas auxiliam no transporte e manuseio, proteção, promoção, informação, individualização, etc. Vale a pena destacar que seu papel minimiza perdas e danos ao produto nos seus vários estágios de produção, transporte, distribuição e comercialização (DHARMADHIKARI, 2012).

As primeiras embalagens foram produzidas há cerca de 10 mil anos (SANTOS; YOSHIDA, 2016), e eram feitas de insumos totalmente naturais como raízes e galhos.

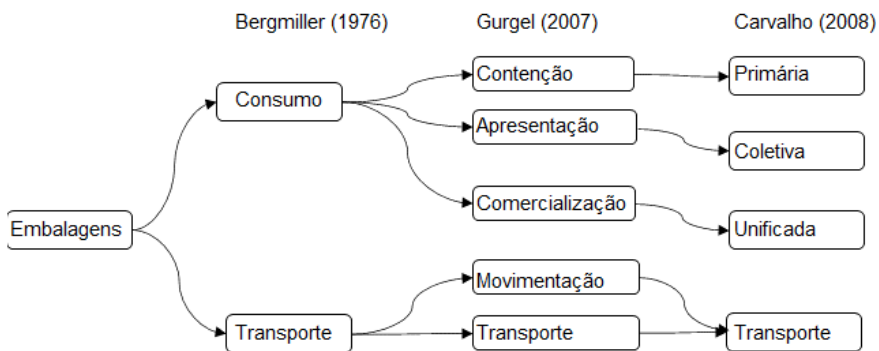
Existem algumas classificações de embalagens que geralmente são selecionadas pelos autores dos textos. Para Santos

e Yoshida (2016) podem ser chamadas de primárias, secundárias e terciárias.

As primárias possuem contato direto com o produto, sendo assim, em casos de reagentes químicos, como pesticidas, agrotóxicos e outros, elas se tornam um resíduo perigoso. Os resíduos perigosos não podem ser reutilizados ou reciclados (CAROLINA; BERNARDI; HERMES, 2018), sendo geralmente encaminhados para incineração. Porém para as demais embalagens que armazenam produtos comuns, como alimentos, cosméticos, papéis e outros, existe a possibilidade de elas serem recicladas após simples tratamento prévio.

As embalagens secundárias podem servir como proteção à embalagem primária, e nelas comumente estão descritas informações sobre o produto e jogadas de marketing. Já as terciárias são aquelas que carregam várias unidades e servem para possibilitar o transporte múltiplo.

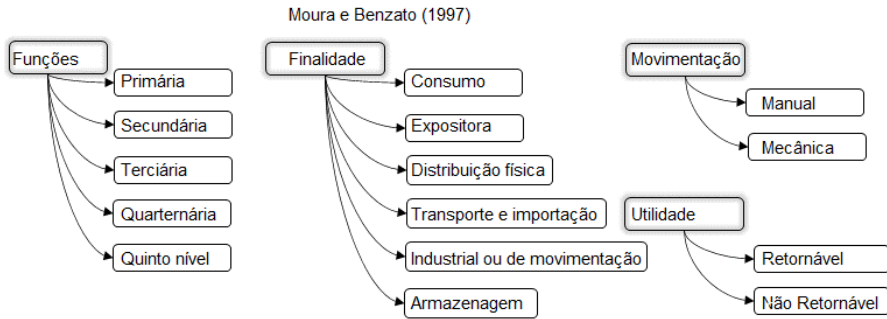
No trabalho de Freitas (2014) são citados alguns autores que classificam as embalagens de diversas formas. A partir desses dados é possível perceber uma relação entre autores (Figura 2), os quais faziam essa classificação de acordo com a função e ordem de contato com o produto pela embalagem.



**Figura 2** – Relação das classificações de embalagens pelos autores em linha do tempo.

**Fonte:** Elaborado pelos autores, 2021.

Ainda no trabalho de Freitas (2014), um dos estudos por ela citados se destaca no quesito classificação, o dos autores Moura e Benzato (1997) (Figura 3), que, apesar de ser um estudo considerado antigo, bastante diversificada e detalhada.



**Figura 3** – Classificação de embalagens pelos autores Moura e Benzato, 1997.

**Fonte:** Elaborado pelos autores, 2021.

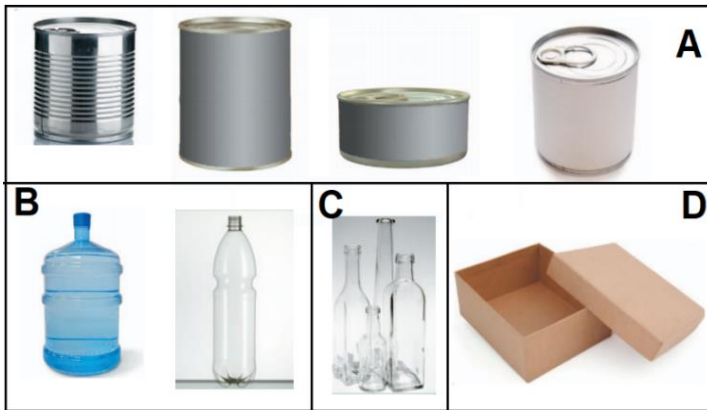
Existem vários tipos de embalagens, e as inovações não param, sempre buscando atender as necessidades dos clientes e do marketing. Os autores Santos e Yoshida (2011) citam vários tipos, como as rígidas, semirrígidas e flexíveis, que dizem respeito aos parâmetros de dureza do material componente.

No que diz respeito ao modo de uso, ou modelo desses recipientes, pela ABRE (Associação Brasileira de Embalagens) eles podem ser classificados em *blister*, caixas K, cartucho, contêineres, *splash*, *sleeve*, *shape*, rótulos e outros.

Em relação ao material componente (Figura 4), podem ser relatados os plásticos e material celulósico como os de maior percentual de uso na composição das embalagens. Elas variam sua composição entre matérias-primas têxteis, madeira, vidro, metálicas, e muitas vezes existe a junção de alguns desses materiais (SANTOS; YOSHIDA, 2016). Falando ainda nesses insumos, vale destacar o uso de recursos hídricos na fabricação de muitos deles, como por exemplo o material celulósico, que utiliza em seu



processo altos níveis de água (FRITOLI; KRÜGER; CARVALHO, 2016).



**Figura 4** – Embalagens e seus materiais.

**Fonte:** Adaptado de SANTOS; YOSHIDA, 2016.

Nota: Painel A – Embalagens metálicas; Painel B – Embalagens plásticas; Painel C – Embalagem de vidro; Painel D – Embalagem celulósica.

## EMBALAGENS E CENÁRIO ATUAL

Anualmente, estima-se que 90 milhões de toneladas de resíduos plásticos cheguem aos oceanos. É notável o estrago que tais resíduos podem causar ao meio aquático, tanto aos animais como no ecossistema em geral (NGUYEN et al., 2020).

As embalagens plásticas estão em segundo lugar no *ranking* de tipos de materiais, perdendo somente para as celulósicas (SANTOS; YOSHIDA, 2016). A sua baixíssima taxa de degradação faz com que esses materiais fiquem no ambiente por muito tempo (FREITAS, 2014).

Existem vários tipos de reciclagem para os polímeros, como a re-extrusão mecânica, química e a recuperação energética. Porém existem alguns motivos que fazem com que a reciclagem nem sempre seja vista como uma boa opção para o meio empresarial. Um deles é a grande facilidade para se produzir um

novo material plástico, outro é a perda de parte da qualidade da embalagem reciclada (PAULA et al., 2016).

Boa parte do pensamento empresarial consiste na compra pelo consumidor. Existe uma crescente preocupação dos clientes com os danos ambientais causados pelo uso cada vez maior de produtos. Logo, as embalagens desses produtos podem influenciar diretamente na escolha de compra, já que um simples rótulo ambiental pode despertar um sentimento de contribuição no cliente. No trabalho de Nguyen et al. (2020) é estudada a percepção das pessoas ao lidarem com embalagens *eco-friendly*. Eles destacam que as pessoas relacionam o termo principalmente a questões de biodegradabilidade e reciclagem (PAULA et al., 2016).

Muitas das empresas ainda projetam seus produtos baseados na sociedade do hiperconsumo, cujos resultados são insustentáveis ambientalmente. Frequentemente suas embalagens focam somente no convencimento do cliente, e informações ambientais como o tipo de plástico para reciclagem aparecem de forma minúscula para cumprir questões legais (DINNEBIER, 2015).

A tradução do termo *eco-friendly* se dá por ambientalmente amigável, logo embalagens *eco-friendly* são embalagens sustentáveis, que contribuem para a diminuição de impactos ambientais negativos, são recicláveis, reutilizáveis, ecológicas, verdes, com manufatura sustentável, produzidas com impactos minimizados, benéficas, seguras, saudáveis para o meio ambiente, e muitos outros (NGUYEN et al., 2020; PAULA et al., 2016; CETESB; ABRE, 2016).

## EMBALAGENS *ECO-FRIENDLY* E SUAS INOVAÇÕES

Muitas são as tecnologias atualmente usadas na busca por embalagens sustentáveis. São usados materiais de celulose (MARREZ; ABDELHAMID; DARWESH, 2019; DI FILIPPO et al., 2021; BHARDWAJ et al., 2020; ZHUANG; TAO; CUI, 2017);

nanomateriais e nanopartículas (MALLAKPOUR; SIROUS; HUSSAIN, 2021; GOUDARZI; GHAFARROKHI; GHAZVINI, 2017; ALIZADEH-SANI; MOHAMMADIAN; MCCLEMENTS, 2020; BARRA et al., 2019; MATHEW et al., 2019; MARREZ; ABDELHAMID; DARWESH, 2019; TANG et al., 2019; RAMADAN et al., 2020; SOUZA et al., 2020); biopolímeros, como a quitosana (BARRA et al., 2019; MALLAKPOUR; SIROUS; HUSSAIN, 2021; SOUZA et al., 2020; SRINIVASA; THARANATHAN, 2007); tratam questões de biodegradabilidade (TANG et al., 2019 e SIRACUSA et al., 2008); aplicação no ramo farmacêutico (SINGH; SHARMA; MALVIYA, 2011; SAFAEI, 2020) e no ramo de alimentos (FALLEH et al., 2020; SAFAEI, 2020; DI FILIPPO et al., 2021; SIRACUSA et al., 2008; TANG et al., 2019); e outros.

Como notado pelo número de trabalhos, o ramo da nanotecnologia para materiais amigáveis ao meio ambiente vem crescendo. Diante de visões tão circunscritas sobre as embalagens aplicadas atualmente, com polímeros comuns e de baixa sustentabilidade, mostra-se necessária a produção de materiais cada vez mais tecnológicos, para que se tornem uma alternativa viável.

Os biopolímeros também se apresentam como uma alternativa na substituição dos polímeros industriais. Dentre eles, vários trabalhos tratam sobre a quitosana, e também existem estudos sobre o alginato, que tem uma de suas origens nas algas marinhas (ALVACHIAN et al., 2008; MARTÍNEZ PORTILLO, 2015).

## NANOTECNOLOGIA, ALIMENTOS E BIOPOLÍMEROS

O termo “nano” consiste na escala de dimensão. Os materiais híbridos, dos quais pelo menos um dos componentes possui dimensão nanométrica, são chamados de nanocompósitos (LET; ZAVAREZE, 2012).

Os polímeros são unidades de repetição, as quais, unidas, formam as macromoléculas. Boa parte de suas características,

como elasticidade, dureza e outros, está relacionada a essa formação. Os biopolímeros são oriundos de recursos naturais, eles possuem boa degradabilidade, biocompatibilidade com outros polímeros naturais e com outros tipos de materiais. A sua aplicação atualmente tem sido estudada amplamente, como em alimentos, cosméticos, medicina, aviação e outros (FARIAS, 2016).

No ramo alimentício, o chamado tempo de prateleira, que está relacionado à validade dos produtos à disposição dos clientes, desperta o interesse dos pesquisadores de embalagens. No trabalho de SOUZA et al. (2020), estuda-se o potencial de conservação de carnes por meio do uso de nanopartículas, impedindo a ação microbiana. Essas nanopartículas foram aplicadas em membranas de quitosana, sendo assim, esse estudo também aborda um tipo de embalagem *eco-friendly*, por se tratar de um biopolímero de alta taxa de degradação.

O trabalho de Ramadan et al. (2020) também utiliza a quitosana, porém como um tratamento para uma embalagem de tecido à base de algodão. O objetivo também é a conservação de alimentos, com o uso de nanopartículas de prata. Com o mesmo propósito, os autores Tang et al. (2019) também aplicam nanopartículas de prata, isoladas na proteína de soja.

As versatilidades de nanopartículas de óxido de zinco são destacadas no trabalho de Mallakpour, Sirous e Hussain (2021), que também cita vários biopolímeros capazes de produzir embalagens econômicas, biodegradáveis e de origem renovável. Entre eles estão a quitosana, o amido, a celulose, a gelatina, o alginato, o poli(hidroxialcanoatos) e a carragena.

Como uma possível alternativa de embalagem, buscando a não oxidação de alimentos e a biodegradação, Barra et al. (2019) produziram um bionanocompósito eletricamente condutor. Foi possível perceber melhor resistência mecânica e à água com a junção desses componentes, o que é um desafio para embalagens oriundas de biopolímeros.

Na embalagem biodegradável e ativa dos autores Alizadeh-Sani, Mohammadian e McClements, (2020) fundiram-se nanofibra de celulose, soro de leite, nanopartículas de dióxido de titânio e óleos essenciais. As nanopartículas de dióxido de titânio também foram utilizadas no trabalho de Goudarzi, Ghahfarrokhi e Ghazvini (2017). A embalagem ecológica tem o objetivo de proteger alimentos da ação da luz ultravioleta, por isso foram testadas propriedades como a transmitância.

Baseado nesses estudos anteriormente citados, vale destacar a comum interação entre biopolímeros, nanopartículas e embalagens para alimentos. O setor alimentício demonstra avanço na questão das embalagens *eco-friendly*, focando não só nos benefícios ambientais de um uso sustentável, como também na preocupação com a conservação desses alimentos. Alguns trabalhos também citam o desperdício dos alimentos que passam do prazo de validade, muitas vezes por não possuírem uma embalagem eficaz (SOUZA et al., 2020).

## A SUPPLY CHAIN E AS EMBALAGENS ECO-FRIENDLY

Nem sempre a preocupação com os danos ambientais existiu. Pelo contrário, ainda hoje muitas empresas demonstram grandes limitações na tentativa de aplicar métodos realmente sustentáveis (DINNEBIER, 2015). Nesse contexto, surgem questões como o desperdício de embalagens.

Muitos produtos podem ser transportados em caixas muito maiores do que a necessidade real. Outro problema com alto potencial de desperdício ocorre nas várias etapas da cadeia de suprimentos que um produto apresenta, sendo desembalado e reembalado várias vezes, além da falta de consciência de algumas empresas em querer várias unidades de embalagens com várias informações de marketing, e também para mostrar um produto cada vez mais robusto (DHARMADHIKARI, 2012).

De acordo com o autor Dharmadhikari (2012), o custo de perdas na cadeia de suprimentos pode chegar até 12% em embalagens de refrigerantes, as quais geralmente consistem em plásticos.

Nas embalagens de fármacos, o custo de perdas na cadeia de suprimentos chega a 0,5% (DHARMADHIKARI, 2012). Outro trabalho que relaciona a *supply chain* com embalagens sustentáveis é o do autor Safaei (2020). Ele faz uma investigação dessa relação para ajudar diretamente na tomada de decisão dos líderes da empresa. Como conclusão, o mesmo incentiva o uso desse tipo de embalagem, já que o desenvolvimento sustentável hoje requer imediatismo.

Nesse trabalho foi montado um ranking de prioridades para a empresa no cenário atual, avaliando a opinião dos especialistas de marketing que são funcionários. O ranking padrão, ou exemplo, foi montado por especialistas de marketing verde. Na comparação entre os rankings, questões como educação ambiental das pessoas ficaram em terceiro lugar no dos especialistas de marketing verde e em trigésimo nono para os especialistas da empresa. Outras questões como design da embalagem para diminuir impactos ambientais, embalagem verde e reciclabilidade também foram abordadas, ficando todos sempre atrás nos rankings dos funcionários especialistas da empresa (SAFAEI, 2020).

Algumas iniciativas podem auxiliar no cuidado com desperdícios na cadeia de suprimentos. Um exemplo disso é o caso de uma grande e conhecida linha de supermercados, o Walmart, que possuía um cartão de pontuação para seus fornecedores, os quais pontuavam caso realizassem atividades de diminuição de resíduos de embalagens (DHARMADHIKARI, 2012).

Como medidas propostas para empresas que necessitam melhorar o seu desempenho ambiental, o autor Safaei (2020) cita a contratação de funcionários especialistas em marketing verde ou questões de sustentabilidade, treinamentos e reuniões com

assuntos ambientais, e o uso melhorado de recursos como energia, matérias-primas e outros.

O ramo farmacêutico também está em busca de embalagens ecologicamente amigáveis, mesmo possuindo um complexo quadro de conservação de fármacos e controle de vigilância. O uso de biopolímeros, metais, vidros, possibilidades de redução e reciclagem e demais pesquisas focam em questões ambientais (SINGH; SHARMA; MALVIYA, 2011).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os materiais plásticos representam o maior campo de aplicação do óleo de petróleo (SIRACUSA et al., 2008), recurso energético não renovável, considerado assim por demorar um tempo não viável de espera para o uso humano. O recurso hídrico disponível para uso, ou seja, aquele que é limpo ou possibilita tratamento viável de purificação e que esteja em local de extração executável, é uma pequena parcela comparada ao total de água do planeta terra (DETONI; DONDONI, 2008).

Diante desse cenário, estudos voltados para a sustentabilidade são cada vez mais produzidos e necessários. O uso de embalagens *eco-friendly* é um caminho responsável para com o meio ambiente, já que a contribuição das embalagens na produção de lixo e na ocorrência de danos ambientais é tão significativa. Várias tecnologias e métodos são descritos no trabalho, como os nanomateriais, os biopolímeros e melhorias em processos industriais.

Os biopolímeros, juntamente com as nanopartículas demonstram ótimos resultados na conservação de alimentos, e também indicam avanços em questões como resistência e durabilidade. Por possuir papel fundamental no ciclo de vida de um produto, o uso de embalagens é necessário, porém também é indispensável o cuidado com os recursos hídricos e com o planeta.

O desenvolvimento sustentável é possível e imprescindível, a tecnologia e a ciência têm o potencial necessário para tal.

## REFERÊNCIAS

ABRE. Associação Brasileira de Embalagens – Tipos de embalagens. 2021. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/87895044-Tipos-de-embalagens-abre-associacao-brasileira-de-embalagem.html#:~:text=2%20Tipos%20de%20Embalagens%20ABRE,embalagem%2C%20contornandoa%20como%20uma%20pele>>. Acesso em: 28 Ago. 2021.

ALIZADEH-SANI, M.; MOHAMMADIAN, E.; MCCLEMENTS, D. J. Eco-friendly active packaging consisting of nanostructured biopolymer matrix reinforced with TiO<sub>2</sub> and essential oil: Application for preservation of refrigerated meat. **Food Chemistry**, v. 322, n. August 2019, p. 126782, 2020.

ALVACHIAN, S. et al. Alginato e pectina de baixa metoxilação em alimentos: Revisão. **B. CEPPA, Curitiba**, v. 26, p. 41–50, 2008.

BARRA, A. et al. Eco-friendly preparation of electrically conductive chitosan - reduced graphene oxide flexible bionanocomposites for food packaging and biological applications. **Composites Science and Technology**, v. 173, p. 53–60, 2019.

BERGAMILLER, K. H. et al. **Manual para planejamento de embalagens**. Rio de Janeiro, Secretaria de tecnologia do MIC e Instituto de Desenho Industrial do MAM do Rio de Janeiro. 98 p., 1975.

BHARDWAJ, A. et al. Lignocellulosic Agricultural Biomass as a Biodegradable and Eco-friendly Alternative for Polymer-Based Food Packaging. **Journal of Packaging Technology and Research**, v. 4, n. 2, p. 205–216, 2020.

CAROLINA, A.; BERNARDI, A.; HERMES, R. Manejo e Destino das



Embalagens de Agrotóxicos. **Perspectiva**, v. 42, n. 159, p. 15–28, 2018.

CARVALHO, M. A. **Engenharia de embalagens: uma abordagem técnica do desenvolvimento de projetos de embalagem**. São Paulo: Novatec, 2008.

CETESB; ABRE. **Embalagem e Sustentabilidade: Desafios e orientações no contexto da Economia Circular**, 2016.

DETONI, T. L.; DONDONI, P. C. A Escassez da água: um olhar global sobre a sustentabilidade e a consciência acadêmica Water scarcity: a global look at sustainability and academic consciousness. **Revista Ciências Administrativas**, v. 14, p. 191–204, 2008.

DHARMADHIKARI, S. Eco-friendly packaging in supply chain. **The IUP Journal of Supply Chain Management**, v. IX, p. 7–19, 2012.

DI FILIPPO, M. F. et al. Cellulose derivatives-snail slime films: New disposable eco-friendly materials for food packaging. **Food Hydrocolloids**, v. 111, p. 106247, 2021.

DINNEBIER, F. F. **Embalagens Sustentáveis: Redução do Hiperconsumo do Foco na Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2015.

DONATO; SOUZA. Sustentabilidade: A Embalagem em Foco. **Rem: Colloquium Humanarum**, v. 13, n. December, p. 484–490, 2016.

EMBRAPA. **Manejo de recursos hídricos. Parque Estação Biológica, Brasília-DF**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-manejo-de-recursos-hidricos/perguntas-e-respostas>>. Acesso em: 22 Ago. 2021.

FALLEH, H. et al. Essential oils: A promising eco-friendly food preservative. **Food Chemistry**, v. 330, n. January, p. 127268, 2020.

FARIAS, S. S. Biopolímeros: Uma Alternativa para Promoção do Desenvolvimento Sustentável Biopolímeros. **Revista Geonorte**, v. 7, n. 26, p. 61-77, 2016.

FRAGA, C. M. et al. Exploratory assessment of groundwater vulnerability to pollution in the Sordo River Basin, Northeast of Portugal. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 66, n. 1, p. 49–58, 2013.

FREITAS, D. T. **Estudo da sustentabilidade aplicada ao mercado brasileiro de embalagens: novos materiais e tecnologias**. 69 p., 2014. Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo para obtenção da Graduação em Engenharia Química. Lorena, São Paulo, 2014.

FRITOLI, C. L.; KRÜGER, E.; CARVALHO, S. K. DE P. História do papel: panorama evolutivo das técnicas de produção e implicações para sua preservação. **Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação**, v. 9, n. 2, p. 475–502, 2016.

G1-Portal da Globo. **Com menos lixo e fuligem de carros, qualidade da água melhora em trechos do Rio Tietê, mas mancha de poluição aumenta, aponta estudo**. 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2020/09/22/com-menos-lixo-e-fuligem-de-carros-qualidade-da-agua-melhora-em-trechos-do-rio-tiete-mas-mancha-de-poluicao-aumenta.ghtml>>. Acesso em: 22 Ago. 2021.

GOUDARZI, V.; GHAFARROKHI, I. S.; GHAZVINI, A. B. Preparation of ecofriendly UV-protective food packaging material by starch/TiO<sub>2</sub> bio-nanocomposite: Characterization. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 95, p. 306–313, 2017.

GURGEL, F. A. **Administração da embalagem**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

LET, A.; ZAVAREZE, R. Revisão: Características de nanopartículas

e potenciais aplicações em alimentos **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 2, p. 99-109, 2012.

MALLAKPOUR, S.; SIROUS, F.; HUSSAIN, C. M. A journey to the world of fascinating ZnO nanocomposites made of chitosan, starch, cellulose, and other biopolymers: Progress in recent achievements in eco-friendly food packaging, biomedical, and water remediation technologies. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 170, p. 701–716, 2021.

MARREZ, D. A.; ABDELHAMID, A. E.; DARWESH, O. M. Eco-friendly cellulose acetate green synthesized silver nanocomposite as antibacterial packaging system for food safety. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 20, n. February, 2019.

MARTÍNEZ PORTILLO, D. **Creación y caracterización del aerogel más óptimo para aplicaciones de packaging mediante alginato, montmorillonita de sodio y ácido tánico**. Master thesis. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, 2015. Disponível em: <  
<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/25567>>. Acesso em: 22 ago. 2021.

MATHEW, S. et al. One-step synthesis of eco-friendly boiled rice starch blended polyvinyl alcohol bionanocomposite films decorated with in situ generated silver nanoparticles for food packaging purpose. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 139, p. 475–485, 2019.

MERITXELL. Iagua – **El papel de los ríos en el transporte de los residuos plásticos al mar**. 2021. Disponível em: <  
<https://www.iagua.es/blogs/meritxell-abril/papel-rios-transporte-residuos-plasticos-al-mar>>. Acesso em: 22 Ago. 2021.

MOURA, R.; BENZATO, J. M. **Embalagem, utilização e containerização**. São Paulo: IMAM, 1997.

NGUYEN, A. T. et al. A consumer definition of eco-friendly packaging. **Journal of Cleaner Production**, v. 252, p. 119792, 2020.

PAULA, A. et al. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil **Polímeros**, v. 26, p. 82-92, 2016.

RAMADAN, M. A. et al. Eco-friendly Packaging Composite Fabrics based on in situ synthesized Silver nanoparticles (AgNPs) & treatment with Chitosan and/or Date seed extract. **Nano-Structures and Nano-Objects**, v. 22, p. 100425, 2020.

SAFAEI, M. Investigating and Extracting Green Marketing Strategies for Eco-Friendly Packaging in the Food and Pharmaceutical Supply Chain (Case Study of Arian Daru Pharmaceutical Company). **SERSC International Journal of Advanced Science and Technology**, v. 29, n. 7s, p. 2304–2327, 2020.

SANTOS, A. M. P.; YOSHIDA, M. P. **Embalagens**. Caderno Temático. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2016. Disponível em: < <http://proedu.ifce.edu.br/123456789/360>>. Acesso em: 22 ago. 2021.

SINGH, A.; SHARMA, P. K.; MALVIYA, R. Eco friendly pharmaceutical packaging material. **World Applied Sciences Journal**, v. 14, n. 11, p. 1703–1716, 2011.

SIRACUSA, V. et al. Biodegradable polymers for food packaging: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 19, n. 12, p. 634–643, 2008.

SOS-Mata Atlântica. **Mancha de poluição avança e atinge 163 km do rio tietê**. 2019. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/noticias/mancha-de-poluicao-avanca-e-atinge-163-km-rio-tiete/>>. Acesso em: 22 ago. 2021.

SOUZA, V. G. L. et al. Eco-Friendly ZnO/Chitosan Bionanocomposites Films for Packaging of Fresh Poultry Meat. **Revista MDPI**, v. 10, p. 1–20, 2020.

SRINIVASA, P. C.; THARANATHAN, R. N. Chitin/chitosan - Safe,

ecofriendly packaging materials with multiple potential uses. **Food Reviews International**, v. 23, n. 1, p. 53–72, 2007.

TANG, S. et al. Ecofriendly and Biodegradable Soybean Protein Isolate Films Incorporated with ZnO Nanoparticles for Food Packaging. **ACS Applied Bio Materials**, v. 2, n. 5, p. 2202–2207, 2019.

ZHUANG, C.; TAO, F.; CUI, Y. Eco-friendly biorefractory films of gelatin and TEMPO-oxidized cellulose ester for food packaging application. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 10, p. 3384–3395, 2017.

## CAPÍTULO 30

### EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE NA COMUNIDADE EXTRATIVISTA DO ALTO JURUÁ – VILA RESTAURAÇÃO

**Sheila Mena Barreto Silveira<sup>106</sup> & Marcelly Olivia Fernandes  
Amorim<sup>107</sup>**

#### INTRODUÇÃO

Conforme estabelecido na Lei n.º 9.795 de 27 de abril de 1999, todos têm direito à educação ambiental, sendo incumbência do Poder Público a definição de políticas públicas, a promoção da educação ambiental em todos os níveis de ensino e o engajamento da sociedade na conservação, preservação, recuperação e melhoria do meio ambiente.

Neste contexto, a educação ambiental deveria ocorrer em qualquer localidade habitada dentro do território brasileiro, fato que não ocorre devido a inúmeros fatores sociais, políticos e econômicos. No presente trabalho é demonstrada a correlação entre a ausência de políticas públicas voltadas para projetos de educação ambiental e as questões básicas de sociabilidade de uma comunidade inserida dentro da Reserva Extrativista do Alto Juruá, no município de Marechal Thaumaturgo, localizada no oeste acreano. A metodologia utilizada foi a observação participante durante o período de quatro meses em que as pesquisadoras estiveram morando na Reserva Extrativista, período em que

---

<sup>106</sup> Engenheira Hídrica, especialista em direito ambiental e urbanístico.  
sheila@ufrgs.br

<sup>107</sup> Cientista Social, mestre em Ciências Sociais com ênfase em antropologia pela Universidade Federal de Uberlândia, e especialista em Gestão e Educação Ambiental. marcelly.social@gmail.com

ocorria a implementação de um Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento - P&D a partir da construção de uma Usina de Energia Solar Fotovoltaica.

A observação participante pode ser definida como: “o processo no qual um investigador estabelece um relacionamento multilateral e de prazo relativamente longo com uma associação humana na sua situação natural com o propósito de desenvolver um entendimento científico daquele grupo” (MAY, 2001, p.177). Desta forma, acredita-se que a observação participante se apresenta como um recurso metodológico fundamental para a pesquisa no campo da educação ambiental e sustentabilidade, visto que possibilita a inserção mais densa nas práticas e representações vivenciadas pelas pessoas que fazem parte do lugar – no caso, a Vila Restauração. Por meio deste método as pesquisadoras puderam acompanhar mais de perto as relações humanas “na e com” a Vila Restauração, que se encontra dentro da Reserva Extrativista do Alto Juruá.

## **RESERVA EXTRATIVISTA DO ALTO JURUÁ**

A Reserva Extrativista do Alto Juruá foi criada através do Decreto n.º 98.863 de 23 de janeiro de 1990 e localiza-se no interior do estado do Acre, englobando os municípios de Jordão, Marechal Thaumaturgo, Porto Walter e Tarauacá (MEMORIAL CHICO MENDES, 2021).

A extensão da área da REAJ é de 506.186 hectares e, segundo dados do Centro Nacional de Desenvolvimento Sustentado das Populações Tradicionais, de 2005, habitam na Reserva cerca de 4.600 pessoas, distribuídas em mais de 1.100 casas (REZENDE, 2010). De acordo com Rezende (2010), a Reserva, criada no início de 1990, coincidiu com o período histórico em que o cultivo de seringueiras para a produção de borracha entrava em declínio,

deixando de ser a principal atividade econômica para a população local.

Desde então, uma série de mudanças organizacionais ocorreram: as formas de ocupação do território e de sociabilidade se transformaram e levaram a um novo modo de viver na floresta. Desejos e planos de vida de moradores e políticas públicas específicas criaram, nesse contexto, a possibilidade de ocupação do território em uma vila, onde mais de cem famílias, que antes estavam espalhadas por diversas localidades, passaram a morar em um mesmo espaço. Esse novo modo de ocupação é muito distinto do padrão disperso de colocações, antes preponderante nos seringais, e levanta questões sobre como lidar com as antigas regras de propriedade e sobre a gestão da unidade de conservação e o manejo dos recursos naturais, já que o surgimento de uma vila significa também o surgimento de um padrão urbano de ocupação territorial que aumenta a pressão sobre esses recursos e modifica as relações sociais entre os moradores. (REZENDE, 2010, p.1).

Partindo de um contexto geral, o perfil de ocupação humana na Reserva nos meados da década de 2000 apresentava-se de forma muito distinta do “padrão de baixa densidade populacional”, predominante durante as décadas passadas na região. Desta forma, conforme Rezende (2010), nota-se a redução evidente no número de localidades com moradores espalhados pela floresta, nas antigas “colocações”. Em contrapartida, cresce cada vez mais a concentração de moradores nas margens dos rios, expandindo o tamanho das comunidades ali localizadas. Assim como as profundas transformações no modo de vida, na organização familiar e no padrão de ocupação da região, sobretudo, em relação ao número de pessoas morando em cada casa, que tem sido cada vez mais reduzido (REZENDE, 2010).



## VILA RESTAURAÇÃO

A Vila Restauração é uma comunidade situada às margens do rio Tejo, “a maior e, talvez, a mais importante comunidade da história da Reserva” (REZENDE, 2010).

Ainda em agosto de 2021, na Vila Restauração predomina o mesmo perfil demográfico encontrado por Rezende (2010) no ano de 2010. Assim como o acentuado crescimento populacional, estimulado pelas melhorias das condições de vida local, tais como: acesso a serviços de saúde, educação, telecomunicações, bens industrializados, e recentemente acesso à energia elétrica em tempo integral devido à implementação de uma Usina de Energia Solar Fotovoltaica, um projeto da empresa Energisa em parceria com a Alsol Energia Renováveis, que, além de proporcionar energia em tempo integral aos moradores, substituirá os geradores comunitários de energia elétrica movidos a combustíveis fósseis.

*A vila* contava, na ocasião, com cerca de cento e vinte casas, quatro comércios, cinco igrejas (católica, Assembleia de Deus, Pentecostal, Batista da Fé e Casa da Benção), duas padarias, duas serrarias, barbearia, açougue, gerador comunitário de energia elétrica, caminho público com iluminação, escola de Ensino Fundamental (com trezentos e quarenta e nove alunos), escola de Ensino Médio (com cinquenta alunos), sede da subprefeitura municipal, telefone público, posto de saúde, rede de internet sem fio e um hotel. (REZENDE, 2010, p. 19).

No período de março a agosto de 2021, além de toda estrutura já mencionada por Rezende (2010), a Vila Restauração conta com mais 95 casas, totalizando 215 casas, uma praça comunitária, uma torre de telecomunicações da empresa Tim Brasil, subsidiária da Telecom Itália.

Ao longo da década de 2000 a Restauração consolidou ainda mais sua tradição como referencial para as demais comunidades e moradores do Alto Tejo. Se nos tempos dos patrões lá estava a sede do seringal com o maior barracão da região, juiz de paz e destacamento policial, a partir de meados da década de 1990 a Restauração passou a oferecer aos seus moradores acesso a bens e serviços materiais e culturais que nenhum outro lugar do rio Tejo podia oferecer. (REZENDE, 2010, p. 48).

Se na década de 2000 a Vila Restauração já havia se consolidado como referência para as demais comunidades ao longo da RESEX do Alto Juruá, com a implementação de uma Usina Solar Fotovoltaica para fornecer energia elétrica 24 horas por dia, este fato tem se intensificado. Com a disponibilização de energia elétrica em tempo integral aos seus moradores, o desenvolvimento local tende a ser ampliado, pois as necessidades básicas, como iluminação pública e bombeamento de água para os reservatórios familiares, serão supridas, gerando disponibilidade de maior conforto, como uso de eletrodomésticos e eletrônicos, que era limitado pela falta de energia. Adicionalmente, é prevista a ampliação dos serviços de comércio, tanto a expansão do comércio local já instalado, quanto a implantação de novos. O início das obras da Usina Solar Fotovoltaica, acarretou consigo a ampliação de edificações na Vila Restauração, pois os habitantes locais e da região viram como uma oportunidade de negócio e de melhoria de vida sua instalação na área de abrangência da rede de distribuição de energia elétrica.

Atualmente, as atividades econômicas na Vila Restauração são muito diversificadas, desde a agricultura de roçado (milho, feijão, mandioca, banana), cargos públicos (escolas, posto de saúde, e serviços de limpeza) à caça e pesca para subsistência. Porém, quanto à produção agrícola, existem muitas queixas relacionadas à baixa produção, visto que não produzem tudo o

tempo todo, devido ao clima da região, e não conseguem encontrar alternativas para o problema. Do mesmo modo, também reclamam da escassez associadas à caça e pesca, e dos problemas de saúde devido à falta de saneamento básico.

Embora o “desenvolvimento local” seja esperado pela maioria dos moradores da Vila Restauração, pouco se fala em produção sustentável. Em contrapartida, é comum entre os moradores o desejo pela ampliação do comércio local, que implica maior circulação de bens industrializados, com o consequente acúmulo de resíduos sólidos. Longe de estabelecermos uma crítica ao desejo de acesso a bens industrializados necessários à reprodução da vida local, e sobretudo à segurança alimentar, pretendemos neste resumo propor um olhar para a importância da educação ambiental no atual contexto em que está inserida a Vila Restauração – dentro de uma RESEX, em processo crescente de aumento populacional, e, conseqüentemente, de problemas ligados à falta de planejamento quanto ao uso e ocupação do solo, inerentes à “vida urbana” em qualquer outro espaço.

## **EDUCAÇÃO AMBIENTAL**

Com o cenário apresentado e a premissa de que a educação ambiental deve estar presente em todas as comunidades do território brasileiro, esperava-se que também estivesse na Vila Restauração, principalmente por ela estar inserida dentro de uma RESEX.

Reservas Extrativistas são definidas como espaços territoriais destinados à exploração e gestão autossustentável para a conservação dos recursos naturais renováveis conduzidos por populações tradicionais. O interesse na criação destas reservas não está relacionado somente com a conservação destes recursos, mas apresenta-se como uma proposta mais ampla de desenvolvimento sustentável associado à melhoria da qualidade de vida da população

local. A população residente possui o usufruto do território da Reserva e de seus recursos vinculados a uma determinada forma de uso caracterizada pelo seu uso tradicional de baixo impacto ambiental, sendo, portanto, legalmente responsável pela gestão dessa área de conservação. (REZENDE, 2010, P. 25).

Entretanto, com exceção do projeto voltado para a implementação da Usina Solar Fotovoltaica, não foram identificadas no momento outras intervenções que pudessem ser enquadradas como ações de desenvolvimento sustentável, sobretudo, a partir das atividades de educação ambiental. Embora alguns moradores aleguem que já foram iniciados projetos pontuais que “não foram para frente” devido à falta de interesse dos moradores.

A ausência da educação ambiental acarreta profundos déficits na sociedade local, quando se trata de destinação de resíduos sólidos, manejo do solo, potabilidade da água consumida e saneamento básico, o que compromete o desenvolvimento social local, principalmente de forma sustentável. E os apontamentos e a vivência da população local que nos remetem a esta ausência de educação ambiental são constantes, tais como: as dificuldades que possuem para garantir a produção agrícola diversificada, devido à ausência de ecossistemas de inovações voltadas para a agricultura tradicional sustentável, como as técnicas utilizadas em sistemas agroflorestais, cadeias produtivas sustentáveis que estimulam sobretudo sentimentos de pertencimento e desenvolvimento de comunidades. Assim como orientações quanto à preservação e conservação dos ecossistemas, visto que muitos moradores possuem o costume de retirar a vegetação das margens na frente das habitações, ocasionando erosão nas mesmas.

Em relação aos recursos hídricos, espera-se que, por se tratar de uma comunidade instalada às margens de um rio (recurso

hídrico superficial), haja abundância de água. No entanto, não é o que ocorre na Vila Restauração. Em épocas de redução pluviométrica (o denominado verão local), as cacimbas (reservatórios enterrados que captam água do fluxo de base do rio) secam e os habitantes são obrigados a retirar água do rio com lâminas d'água com menos de 50 centímetros. Outro ponto importante é a locação das cacimbas, pois, como não há orientação técnica, são colocadas à jusante de áreas em que há descarga de esgoto das habitações do entorno.

Em relação aos resíduos sólidos, não há coleta seletiva e tampouco o emprego de composteiras. O emprego de composteiras poderia gerar adubo natural para a agricultura local. Os resíduos sólidos são retirados por um funcionário da prefeitura diariamente e depositado em um lixão a céu aberto não muito distante da margem do rio, e também de algumas edificações.

## **CONCLUSÃO**

A falta de investimento público na educação ambiental de uma comunidade acarreta inúmeros problemas socioambientais. Tratando-se de uma reserva extrativista, as preocupações são mais amplas, e os investimentos se fazem ainda mais necessários. Como foi demonstrado, a ausência de políticas voltadas ao desenvolvimento sustentável dentro da Vila Restauração tem contribuído para o surgimento de problemas graves como a contaminação do solo, da água, e conseqüentemente o aparecimento de doenças. A existência de um “lixão” a céu aberto dentro da Resex evidencia esta ausência e a necessidade de políticas públicas voltadas à educação ambiental, assim como a presença de bactérias do grupo coliforme na água utilizada para consumo humano. Os relatos dos moradores em relação à baixa produtividade e necessidade constante de bens industrializados, ou oriundos de outras regiões para garantia da segurança

alimentar também evidencia a imprescindibilidade de projetos voltados ao desenvolvimento sustentável local.

Assim, acredita-se que o momento é muito propício para novas iniciativas voltadas ao desenvolvimento sustentável, principalmente com a implementação de Projetos de Educação Ambiental diversos, visto que a construção recente da Usina de Energia Solar Fotovoltaica trouxe um avanço em relação à sustentabilidade local e conseqüentemente melhoria das condições de vida, e poderia impulsionar outras iniciativas, voltadas à gestão dos resíduos sólidos, saneamento básico, segurança alimentar, conservação e preservação do solo, etc. Porém, caso nada seja feito, o conseqüente aumento da população, impulso e inserção de novas atividades comerciais poderão intensificar ainda mais os problemas já observados.

## **AGRADECIMENTOS**

Às empresas ENERGISA, ALSOL, ENGM e EKOS PLANEJAMENTO AMBIENTAL, por nos permitirem vivenciar este ambiente por alguns meses.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BRASIL. 1999. **Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm)>.

BRASIL. 1990. **Decreto nº 98.863 de 23 de janeiro de 1990**. Cria a Reserva Extrativista do Alto Juruá. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1990-1994/D98863.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D98863.htm)>.

MINAYO, M. C. S. (org.) **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 1999. Petrópolis, Vozes.

MAY, T. Pesquisa social. **Questões, métodos e processos**. 2001. Porto Alegre, Artemed.

MEMORIAL CHICO MENDES. **Reserva Extrativista do Alto Juruá**. 2021. Disponível em:  
<<http://www.memorialchicomendes.org/resex-alto-juruua/>>.

REZENDE, R. **Das colocações à vila: processos de urbanização no Alto Rio Tejo, Acre**. Dissertação de mestrado em antropologia social da Unicamp, Campinas/SP, 2010.

SORRENTINO, M.; TRAJBER, R.; MENDONÇA, P.; FERRARO JUNIOR, L. A. Educação ambiental como política pública. **Educação e pesquisa**, 31, 285-299, 2005.

## **CAPÍTULO 31**

# **POLÍTICAS PÚBLICAS EM AÇÕES VOLTADAS À AGRICULTURA FAMILIAR E SAÚDE AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO BRANCO E COLORADO**

**Fabio Porto de Paula<sup>108</sup>**

### **INTRODUÇÃO**

O estado do Rondônia figura atualmente como um dos principais estados produtores de alimentos, com grande potencial na produção de grãos no Brasil, visto que possui poucas tecnologias agrícolas, devido ao foco ainda ser a agricultura familiar, e sabe-se que há o uso intensivo de agrotóxicos para a obtenção de altos índices de produtividade das mais diversas atividades agrícolas e de cultivo.

Amador (2003) cita que a monocultura afeta drasticamente a qualidade de vida humana e natural, pois deixa o solo exposto, sofrendo processo erosivo, o que contribui para o assoreamento dos rios, devido ao fato de as zonas ripárias estarem sem vegetação, e os pequenos fragmentos florestais remanescentes perturbados pelos seres humanos.

Neste contexto, intervenções se fizeram necessárias em prol da saúde ambiental dos rios da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Branco, sendo objetivo do presente estudo relatar as ações e seus desafios ocorridos no período de 2011 a 2017.

---

<sup>108</sup> Gestor Ambiental, Secretaria de meio ambiente, Alto Alegre dos Parecís.  
fabio.portodepaula@gmail.com



## CONTEXTO DO DESENVOLVIMENTO DAS AÇÕES

Segundo dados do IBGE, em 2015 o Brasil consumiu aproximadamente 900 milhões de litros de diferentes tipos de agrotóxicos na produção agrícola, dos quais 32 milhões foram para a soja e 15 milhões para o milho, que são as culturas mais contaminadas.

Os diferentes profissionais no campo da saúde pública, meio ambiente, economia ecológica e agricultura deveriam estar atentos e mobilizados para as questões que envolvem o uso dos recursos na atividade agrícola (SOARES, W. L. 2010).

A partir do ano de 2015, o município de Alto Alegre dos Parecis, que possui em seu território as nascentes do exponencial Rio Branco e do Rio Colorado e possui representatividade no devido Comitê de Bacia Hidrográfica, deu início ao seu Plano Municipal de Populações Expostas ao Agrotóxico. Com o intuito de prevenir riscos à saúde ambiental da população e trabalhar as boas práticas na aplicação de agrotóxicos, iniciou-se um trabalho de mobilização dos demais setores públicos e privados do município.

A partir destas trocas de experiências foram elencadas 22 ações de fomento e prevenções das intoxicações exógenas. Essas supracitadas ações foram pautadas pelo Diretor do Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental do município de Alto Alegre dos Parecis, após análises de vivências dos produtores rurais (PAULA, F. P. 2015).

- Desenvolvimento e implementação de Programa de Educação Ambiental;
- Controle efetivo do comércio pela Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente e IDARON, e aplicação do receituário agrônômico, notadamente quanto à prescrição, comercialização e uso de agrotóxicos;
- Devolução de embalagens nos pontos de recolhimento destinados a produtos agrícolas;

- Proibição do uso de produtos já abolidos;
- Proibir o abastecimento e a lavagem de equipamentos de aplicação de agrotóxico diretamente nos rios, lagos e fontes naturais;
- Conscientização e treinamento quanto à obrigatoriedade de uso de equipamentos de proteção individual – EPIS;
- Fornecimento, pelas pessoas físicas e jurídicas que utilizam agrotóxicos em suas atividades, de equipamentos de proteção individual e equipamentos de aplicação em boas condições;
- Monitoramento ambiental objetivando a análise química da água no leito do rio e nos poços de observação dos Projetos de Irrigação, procurando-se identificar os níveis de intoxicação pelo uso de agrotóxicos;
- Implementação de programas educativos para os agricultores;
- Campanhas educativas periódicas, com o fim de alertar o consumidor sobre os danos à sua saúde, inclusive com orientação sobre as medidas coletivas ou individuais possíveis de serem tomadas para sua proteção;
- Promover palestras/cursos/assistência técnica voltados à correta utilização de agrotóxico;
- Pesquisa de campo e difusão quanto à redução de agrotóxico e utilização correta no município;
- Manejo integrado de pragas nas grandes culturas;
- Preservação da mata ciliar;
- Cortina natural de espécie arbustiva nas propriedades que utilizam agrotóxico;
- Processo de desaceleração de cultivo de culturas que utilizam agrotóxicos dentro do perímetro urbano;
- Disciplinar o manejo das atividades rurais, incentivando boas maneiras de aplicação de agrotóxicos;
- Identificar os casos de intoxicação por uso inadequado de agrotóxico;
- Permitir somente a utilização de agrotóxicos cadastrados pelo Ministério da Agricultura Pesca e Abastecimento – MAPA e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA;

- Instalações separadas para depósito de agrotóxico nos estabelecimentos comerciais de gêneros diversos;
- Permitir a utilização de agrotóxicos somente com receita agrônômica emitida por engenheiro agrônomo, observando as recomendações da mesma;
- Proibição de utilização de agrotóxicos sem origem, ou contrabandeados;

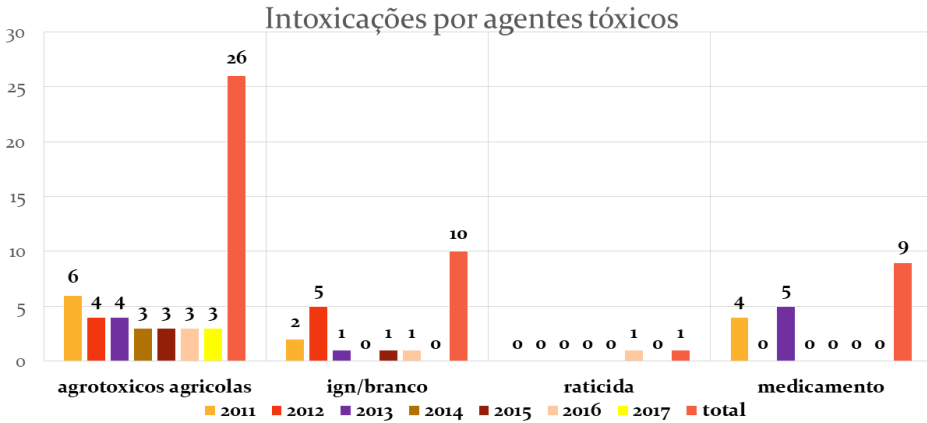
O consumo de agrotóxicos vem tomando proporções cada vez maiores, uma das maiores preocupações é o controle sobre o consumo e alerta para os perigos da sua utilização, incluindo uma fiscalização punitiva por parte do município e da população. De acordo com Ervilha (2015), o município de Alto Alegre dos Parecis e mais nove municípios no estado de Rondônia foram citados como municípios prioritários. O uso de agrotóxicos no processo produtivo da agricultura neste município, e seu impacto para a saúde e o meio ambiente, é de natureza controlada e envolve aspectos biossociais, políticos, econômicos e socioambiental.

Algumas medidas controladoras já serão tomadas, exigindo-se uma distância das áreas produtivas que recebem esses agrotóxicos do espaço urbano habitado, minimizando um contato direto, mas ainda é preciso um controle da quantidade existente no produto final que será destinado ao consumidor, cabendo uma fiscalização do órgão estadual competente. A questão dos agrotóxicos é certamente uma discussão que desperta paixões.

Quase todo o setor produtivo considera imprescindível a utilização dos agrotóxicos para garantir o rendimento de suas lavouras (ANVISA, 2006).

Conforme os dados da Figura 1, é nítido que os trabalhos desenvolvidos pelos órgãos denotam em uma queda dos casos de intoxicações exógenas relacionadas aos trabalhos rurais, podendo-se correlacionar tal queda à implementação das políticas públicas. Em tese, entendendo que com o trabalhador rural consciente do método correto de utilização dos defensivos agrícolas houve também uma redução dos passivos ambientais gerados pela

produção agrofamiliar na Bacia Hidrográfica dos rios Branco e Colorado.

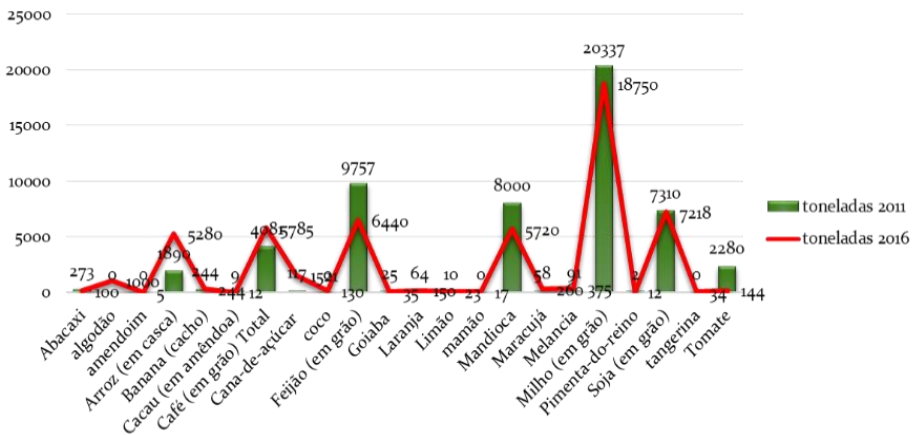


**Figura 1** – Relação do número de intoxicações exógenas no município de Alto Alegre dos Parecis (RO) entre os anos de 2011 a 2017.

**Fonte:** Sistema nacional de notificações / SUS.

Em relação ao gráfico acima, os casos de intoxicações exógenas por uso de defensivos agrícolas tiveram uma redução de 50% entre os anos de 2011 a 2017, tendo em vista as atividades executadas nos anos seguintes. Com as transferências de tecnologias e conhecimento dos técnicos do órgão de assistência técnica municipal e estadual, houve um grande avanço no intuito de evitar mortes e contaminações ambientais.

Em análise do gráfico da Figura 2, denota que, mesmo com a implantação do plano municipal de populações expostas ao agrotóxico, houve redução drástica apenas em duas lavouras de plantio sazonal, sendo essas de feijão e mandioca. As demais lavouras se mantiveram e outras tiveram um aumento de produção considerável.



**Figura 2** – Relação entre números de toneladas produzidas no município de Alto Alegre dos Parecis (RO) entre os anos de 2011 e 2016.

**Fonte:** IBGE 2016.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, nota-se a grande importância das políticas públicas setoriais para a implementação das ações, junto à população, voltadas à agricultura familiar situada na Bacia Rio Branco e Colorado, haja vista a relevância deste sistema hídrico que abastece um vasto território do estado de Rondônia.

Assim, os Comitês de Bacia juntamente com os órgãos de assistência técnica municipais e estaduais poderão efetuar uma análise de como as políticas de assistencialismo podem melhorar o setor produtivo, social e ambiental da Bacia, e, a partir deste marco, dar procedimentos a novas ferramentas de gestão para os empreendimentos agrofamiliares.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2006). Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos. Revista de Saúde Pública, v.40(2): 361-363, 2006.
- AMADOR, D. B. Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais. In: KAGEYAMA, P. Y. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, p. 333-340, 2003.
- ERVILHA, I. C. Relatório: **Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos no Estado de Rondônia**. Brasília: Editora MS, 2015. (Publicação institucional).
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática**. Produção Agrícola Municipal. 2015.
- PAULA, F. P. Secretaria Municipal de Saúde. **Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental**. 2015.
- RANGEL, C. F.; ROSA, A. C. S.; SARCINELLI, P. N. **Uso de agrotóxicos e suas implicações na exposição ocupacional e contaminação ambiental**. Cad. Saúde Colet., Rio de Janeiro, v. 19 (4): 435-442, 2011.
- SOARES, W. L. **Uso dos agrotóxicos e seus impactos à saúde e ao ambiente: uma avaliação integrada entre a economia, a saúde pública, a ecologia e a agricultura**. 150 f., 2010. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2010.

## CAPÍTULO 32

### BACIA DO RIO MUQUI SOB A ÓTICA DE ESTUDANTES LOCAIS NA SEMANA DO MEIO AMBIENTE

**Fabília Martins Silva<sup>109</sup>, Aline dos Santos Betiolo<sup>110</sup>, Mayk da  
Silva Sales<sup>111</sup>, Alan Gomes Mendonça<sup>112</sup> & Etienne Oliveira  
Silva<sup>113</sup>**

#### INTRODUÇÃO

As diversas atividades desenvolvidas em uma bacia hidrográfica, com variação do uso e ocupação do solo, alteram sensivelmente os processos físico-químicos e biológicos dos sistemas naturais, deste modo, os mananciais são integradores dos fenômenos ocorrentes sobre a área da bacia (MENEZES et al., 2016). Neste âmbito, mediante o crescimento urbano e a expansão das atividades, o uso dos recursos hídricos se intensifica, causando impactos significativos na relação demanda x disponibilidade (ROCHA et al., 2020).

Em virtude disto, desenvolver ações e metodologias que visem instigar a percepção socioambiental do entorno é de extrema relevância, uma vez que a compreensão da percepção e das adaptações da população aos impactos ambientais contribui

---

<sup>109</sup> Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pelo ProfÁgua – UNIR. famegan@hotmail.com

<sup>110</sup> Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pelo ProfÁgua – UNIR. aline\_straub7@hotmail.com

<sup>111</sup> Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pelo ProfÁgua – UNIR. mayksales@outlook.com

<sup>112</sup> Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pelo ProfÁgua - UNIR. alanjipa@gmail.com

<sup>113</sup> Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pelo ProfÁgua - UNIR. etienne.icmbio@gmail.com

para o planejamento de medidas de gestão hídrica (LINS-DE-BARROS et al., 2016; FIRMINO; ALVES, 2021).

Desta maneira, foi realizado um evento intitulado “Semana do meio ambiente: Gestão de Recursos hídricos e meio ambiente sustentável”. O evento aconteceu na região da sub-bacia do rio Muqui, o qual compõe a bacia do rio Machado, no Estado de Rondônia.

O presente estudo teve o objetivo de analisar a percepção socioambiental de alunos de escolas públicas dos municípios de Alvorada D'Oeste - RO e Nova Brasilândia D'Oeste - RO, sobre os diversos usos múltiplos desenvolvidos na sub-bacia do rio Muqui e como desenvolver tais atividades de forma sustentável.

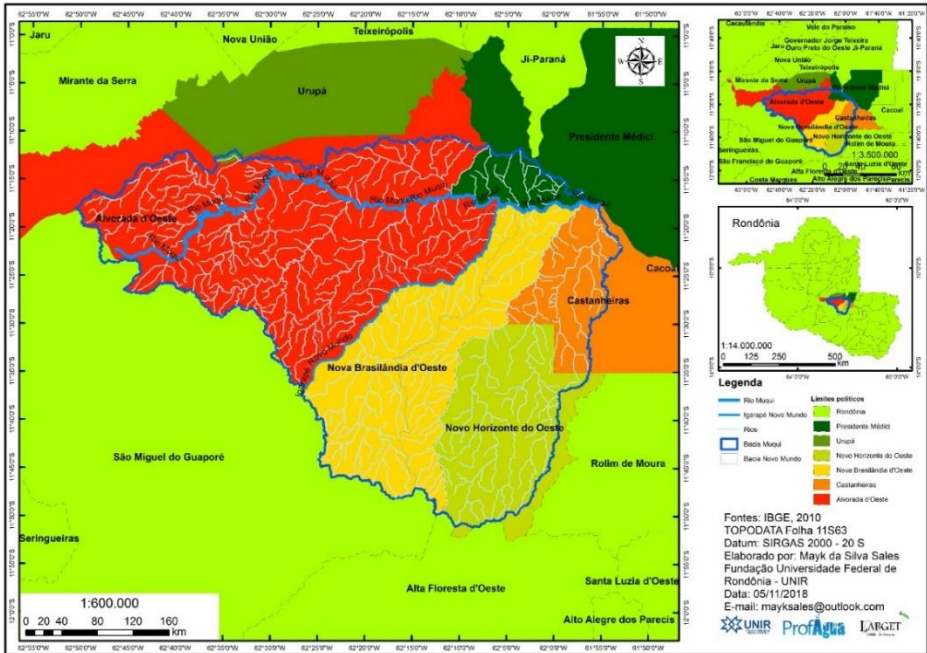
## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O evento ocorreu no dia 5 de junho de 2019 na Câmara Municipal de Nova Brasilândia D'Oeste, em Rondônia, organizado pela Secretaria de Meio Ambiente local e por discentes do Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua da UNIR (Universidade Federal de Rondônia) de Ji-Paraná. O encontro reuniu corpo técnico da área ambiental e 116 estudantes de cinco escolas públicas do ensino fundamental e médio de dois municípios abrangidos pela sub-bacia do rio Muqui (Figura 1), Alvorada D'Oeste e Nova Brasilândia D'Oeste, sendo 32 estudantes do ensino médio e 84 do ensino fundamental.

Após a abertura do evento foi ministrada uma palestra sobre a Gestão de Recursos Hídricos por um engenheiro ambiental e discente do Mestrado ProfÁgua com o intuito de esclarecer os termos técnicos básicos sobre a bacia hidrográfica e salientar a vivência dos estudantes na sub-bacia do rio Muqui. Em seguida foram realizadas atividades em grupos, de forma a mesclar as cinco escolas dos dois municípios participantes com o objetivo de evidenciar a necessidade de reflexão de boas práticas e melhoria



na gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica à qual estes pertencem, a sub-bacia do rio Muqui, o que promoveu também um intercâmbio escolar.



**Figura 1.** Mapa de localização da bacia do rio Muqui e municípios abrangidos.

**Fonte:** Autores (2021).

Deste modo, foi realizada uma oficina de percepção ambiental da sub-bacia do rio Muqui sob a ótica dos estudantes presentes no evento. A atividade foi elaborada e conduzida pelos discentes do ProfÁgua (Figura 2) com base no modelo PEIR - Pressão-Estado-Impacto-Resposta, que propõe o uso de indicadores da área ambiental e do Desenvolvimento Sustentável para análise da bacia hidrográfica. Nesta atividade, seguindo os preceitos de Carvalho e Barcellos (2010), os estudantes elencaram o que estava acontecendo com a bacia do rio Muqui (Estado): por que isso ocorria (Pressão); qual era o impacto causado pelo estado da bacia hidrográfica (Impacto); o que a sociedade estava fazendo

a respeito (Resposta); e o que poderia acontecer se não houvesse ação imediata (Figura 3).



**Figura 2.** Organizadores do evento em Nova Brasilândia D'Oeste (RO).

**Fonte:** <http://novabrasilandia.sedam.ro.gov.br/semana-do-meio-ambiente-2019-gestao-de-recursos-hidricos-e-meio-ambiente-sustentavel/>. Acesso em: 12 ago. 2021.



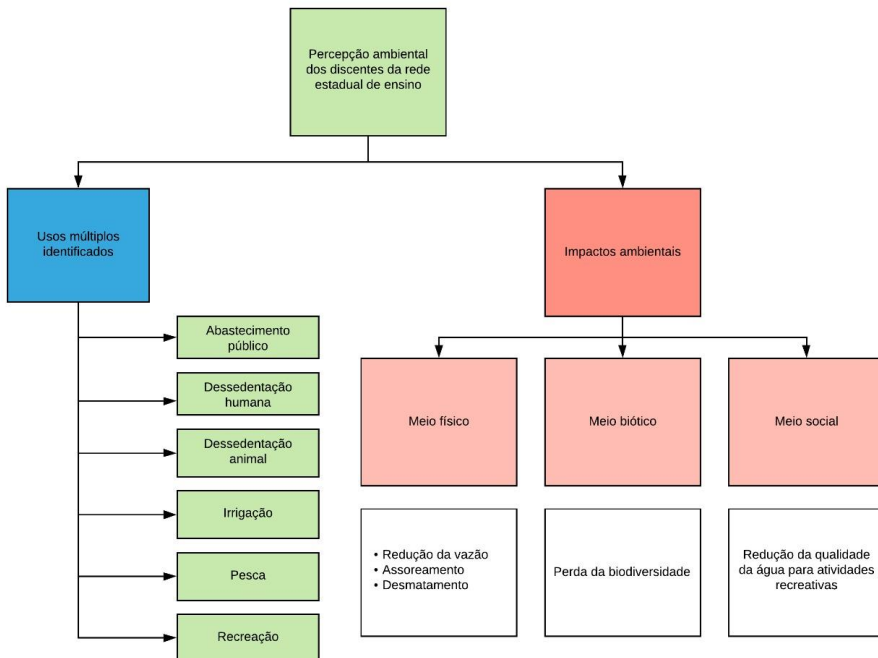
**Figura 3.** Estudantes na oficina de percepção ambiental da Bacia do rio Muqui.

**Fonte:** <http://novabrasilandia.sedam.ro.gov.br/semana-do-meio-ambiente-2019-gestao-de-recursos-hidricos-e-meio-ambiente-sustentavel/>. Acesso em: 12 ago. 2021.

No momento seguinte houve a apresentação de cada escola que previamente já havia encaminhado um vídeo produzido pelos estudantes sobre a importância do gerenciamento da bacia hidrográfica na qual estão inseridos. Os vídeos foram assistidos por todos os presentes e avaliados pela comissão julgadora com direito a premiação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse sentido, como resultado, a Figura 4 apresenta os usos múltiplos e impactos ambientais identificados pelos alunos a partir de uma análise do conteúdo de vídeos preparados por eles para o dia do evento.



**Figura 4** – Fluxograma dos usos múltiplos e impactos ambientais indicados pelos estudantes no evento da Semana do meio ambiente em Nova Brasilândia D’Oeste (RO).

**Fonte:** Autores (2021).

Dentre os principais usos identificados, a irrigação e a piscicultura tiveram destaque pelos alunos, que ressaltaram a importância de tais atividades econômicas na área em estudo. Em relação aos impactos ambientais, foi citada a perda da qualidade por causa do aumento do material particulado em suspensão na água, o que resulta na diminuição das atividades recreativas no rio Muqui. Além disso, a perda da biodiversidade pode estar relacionada ao desmatamento, que, conseqüentemente, representa diminuição da área de preservação permanente, como as matas ciliares, afetando o ciclo reprodutivo de espécies de peixes. Como afirmam Candiotto e Vargas (2018), a ausência das APPs pode afetar diretamente a produção de peixes, notadamente na fertilidade e conseqüentemente nas atividades de aquicultura e/ou piscicultura.

Mediante os resultados obtidos, foi verificado que a Educação Ambiental estimula a consciência crítica dos participantes sobre a problemática ambiental das bacias hidrográficas, contribuindo conjuntamente com a comunidade local na discussão em busca de soluções da problemática ambiental para que esta cobre e exercite efetivamente sua cidadania (BERLINK et al., 2009). Para preservar os interesses de todos que se encontram nos limites de uma determinada bacia hidrográfica, as decisões referentes à unidade territorial devem estar assentadas em ações que alcancem efeitos ambientais mitigadores sobre as atividades antrópicas realizadas.

Brandão e Silva (2013) afirmam que a natureza complexa dos processos socioambientais é responsável pela necessidade de múltiplos olhares e linguagens para seu entendimento e defendem a importância da participação dos atores sociais envolvidos no processo a ser avaliado, mesmo que em diferentes níveis, com aproximação da ferramenta avaliativa ao contexto vivido e promovendo-se uma maior efetividade na tomada de decisão.

A Educação Ambiental deve buscar qualificar os cidadãos para que sejam capazes de realizar uma leitura crítica e política da

realidade para intervirem nos espaços de participação, atingindo o controle social na elaboração e execução de políticas públicas (BRASIL, 2015). A inserção da sociedade através de jovens alunos do ensino fundamental e médio, a respeito das questões ambientais que envolvem o ambiente em que eles habitam, se mostrou eficiente no processo de conhecimento dos problemas gerados pelas atividades do dia a dia. Os alunos, através das próprias pesquisas, puderam identificar, aprender, investigar e compreender as origens e causas dos problemas ambientais da bacia hidrográfica em que moram.

Nesse sentido, Deboni e Melo (2007) ressaltam a importância da relação e intercâmbio escola – comunidade, e da escola enquanto espaço propício para discussão de questões socioambientais, permitindo, dessa forma, a realização de ações para a solução de problemas socioambientais voltados para a melhoria da qualidade de vida, tanto da comunidade escolar como do entorno. Tal situação somente é possível de acontecer com a construção de um Estado democrático, ético, presente, forjado no diálogo permanente com a sociedade e integrado a uma política estruturante de educação ambiental que propicie a todas e a cada pessoa tornarem-se educadoras ambientais de si próprias, atuando nesse mesmo sentido junto dos outros, especialmente nas suas comunidades.

Abordar a Educação Ambiental no ciclo escolar, através da demonstração do ambiente comum dos alunos, principalmente em relação aos recursos hídricos, pode despertar dentro desses jovens a preocupação com a qualidade desse recurso tão necessário para a sobrevivência humana, num momento em que a menor disponibilidade hídrica – seja por questões climáticas ou pela degradação das reservas –, atrelada ao aumento da demanda, coloca em risco a segurança hídrica, energética, alimentar e ambiental, ao mesmo tempo em que gera conflitos entre os setores. Quanto mais indispensável e escasso é o recurso, mais evidente se torna a necessidade de buscar a construção das políticas de gestão

(interligações) entre esses segmentos setorizados (STRASSER et al., 2016).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Mediante o exposto, o evento realizado com a participação de estudantes, professores e corpo técnico de diferentes municípios, abordados pela mesma bacia hidrográfica, revela a importância da reflexão sobre gestão hídrica em Rondônia de maneira integradora. Por meio do diálogo hídrico pode-se observar as semelhanças e disparidades vividas pelos moradores locais e as perspectivas da geração futura para o desenvolvimento local e preservação dos recursos hídricos.

Em relação à gestão de recursos hídricos, já ocorreram avanços significativos, porém a crescente demanda por este recurso, as mudanças climáticas, assim como a degradação das fontes, exigem maiores estreitamentos nas relações entre as políticas de águas e as políticas dos setores que as utilizam e/ou que são responsáveis por sua degradação. Assim, trabalhar a relação entre ambiente e sociedade no ambiente educacional pode gerar uma melhora nessa relação em um futuro próximo.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015 e à Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Campus de Ji-Paraná, pelo apoio técnico-científico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERLINCK, C. N.; CALDAS, A. L. R.; MONTEIRO, A. H. R. R.; SAITO, C. H. Contribuição da educação ambiental na explicitação e resolução de conflitos em torno dos recursos hídricos.

**Ambiente & Educação**, v. 8, n. 1, p. 117–129, 2009.

Disponível em:

<<https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/view/901>>. Acesso em: 10 ago. 2021.

BRANDÃO, D., SILVA, R. R. Avaliação educadora. In: FERRARO JUNIOR, L. A. (Org.). **Encontros e Caminhos: Formação de Educadoras(es) Ambientais e Coletivos Educadores** – Volume 3. Brasília: MMA/DEA, 2013.

BRASIL. **Diretrizes para a Estratégia Nacional de Comunicação e Educação Ambiental no âmbito do Sistema Nacional de Unidades de Conservação**. Série Educação Ambiental e Comunicação em Unidades de Conservação. Brasília, 2015.

Disponível em: <

[http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/publicacao\\_encea.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/publicacao_encea.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2021.

CANDIOTTO, L. Z. P.; VARGAS, F. A. DE. Principais alterações no novo código florestal brasileiro e os potenciais impactos ao meio ambiente. **Observatorium: Revista Eletrônica De Geografia**. v. 9, n. 2, 2018.

CARVALHO, P. G. M.; BARCELLOS, F. C. Mensurando a Sustentabilidade. **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Campus-Elsevier, 2010.

DEBONI, F. e MELLO, S. S. Pensando sobre a “geração do futuro no presente: jovem educa jovem, COM-VIDAS e Conferência. In: MELLO, S. S e TRAJBER, R. (coord). **Vamos cuidar do Brasil - conceitos e práticas em Educação Ambiental na escola**. Brasília - Ministério da Educação, Coordenação Geral de Educação Ambiental: Ministério do Meio Ambiente, Departamento de Educação Ambiental: UNESCO, p. 35-43, 2007.

FIRMINO, L. A. C.; ALVES, L. D. Percepção socioambiental da população sobre eventos de erosão costeira no litoral de Atafona, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 41, p. 1-10, 2021.

LINS-DE-BARROS, F. M.; ZEIDAN, F.; LIMA, R. F. Adaptações e percepção da população a eventos de ressaca do mar no litoral de Maricá, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 16, n.2, p. 147-161, 2016.

MENEZES, J. P. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. S.; BELLO, I. P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L. F. C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.21, n.3, p. 519-534, 2016.

ROCHA, G. S.; PINHEIRO, A. V. R.; COSTA, C. E. A. S. Gestão dos Recursos Hídricos no Município de Parauapebas (PA): Avaliação dos Usos, Alteração dos Cenários e Possíveis Impactos. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, p. 1-15, 2020.

STRASSER, L.; LIPPONEN, A.; HOWELLS, M.; STEC, S.; BRÉTHAUT, C. A methodology to assess the water energy food ecosystems nexus in transboundary river basins. **Water**, v. 8, n. 2, p. 59, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/w8020059>>.



## CAPÍTULO 33

### MÉMOIAS DA PAISAGEM FLUVIAL DE ROLIM DE MOURA CONTADA POR NOSSOS AVÔS

Danieli Souza<sup>114</sup>, Lucas Cabral<sup>115</sup> & Nubia Caramello<sup>116</sup>

#### INTRODUÇÃO

O índice de desmatamento no município de Rolim de Moura vem crescendo nos últimos anos, como mostram pesquisas desenvolvidas pela Universidade Federal de Rondônia (CARMELLO, 2010; VENDRUSCULO, 2011; SILVA, 2017), que mostram forte influência do processo migratório no cenário atual.

Entretanto, elas registram estudos de menos de duas décadas, fato que desperta interesse em compreender como a paisagem fluvial vem sendo alterada desde o início do processo de colonização municipal, iniciado não oficialmente na década de 70, levando na década de 80 à motivação para a ocupação do referido município.

Nesse contexto, surge a necessidade de buscar novas metodologias para obter informação sobre a realidade pretendida, e foi nesta perspectiva que surgiu a importância de buscar nas

---

<sup>114</sup> Integrante de Iniciação Científica Geográfica. Estudante do 3º ano do Ensino Médio do Colégio Tiradentes da Polícia Militar VIII - CTPM VIII. danielidani667@gmail.com

<sup>115</sup> Integrante de Iniciação Científica Geográfica. Estudante do 3º ano do Ensino Médio do Colégio Tiradentes da Polícia Militar VIII - CTPM VIII. lm8971409@gmail.com

<sup>116</sup> Docente do Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua -UNIR. Docente da Secretaria de Educação do Estado de Rondônia - SEDUC. Coordenadora de Iniciação Científica em Geografia no Colégio Tiradentes da Polícia Militar VIII - CTPM VIII. geocaramellofrj@seduc.ro.gov.br

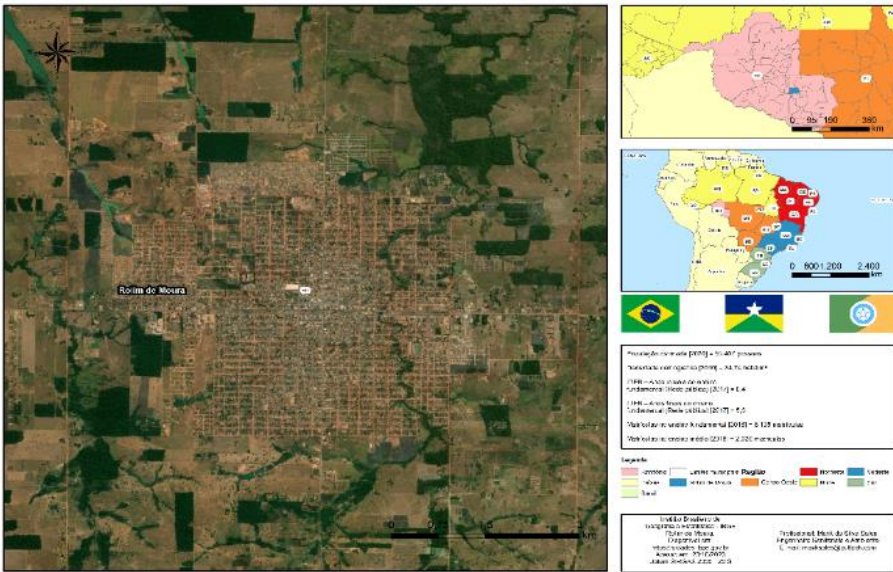
memórias de atores que fizeram parte da construção dessa paisagem relatos que contribuíssem para sua compreensão.

Os rios conectam histórias, e estas, o registro de transformações ambientais em contraste com a organização de um território mediado por políticas públicas, que nem sempre dialogam em prol do ambiente. Como exemplo, temos a diminuição das águas dos rios, fator que motivou a buscar nessas memórias registro da paisagem fluvial e suas conexões espaciais.

## **METODOLOGIA**

Para o resgate da memória da paisagem fluvial do município de Rolim de Moura (Figura 1), foi utilizada como proposta metodológica a história oral, aplicada também por autores como Silva e Dias (2017, p. 165), os quais concluíram que “A história oral mostrou ser uma metodologia adequada e relevante nas investigações sobre antigas paisagens e degradação ambiental”. Caramello e Saurí (2016) reforçam a importância da história ambiental, quando se quer conhecer os impactos ambientais em uma bacia hidrográfica. Dessa forma, a história oral e a história ambiental são base da contribuição para a construção de uma geografia regional.

Dessa forma, ambas as abordagens são relevantes, por proporcionar tanto o protagonismo dos participantes como da própria paisagem. Estes foram selecionados tendo-se como critério o fato de serem as pessoas com maior idade entre os membros da família, serem considerados pioneiros na região e terem o título de avôs dos autores da presente investigação.



Inicialmente, foram elaboradas as perguntas exploratórias para nortear o diálogo, que correu livre a partir de então, com o intuito de identificar quais eram as principais características da paisagem do município de Rolim de Moura no final da década de 70, e como foram percebidas as mudanças ao longo dos anos até a contemporaneidade.

De posse das perguntas, foi realizada uma entrevista oral com gravação em áudio e registro por escrito, conduzida de forma informal para que se pudesse se sentir à vontade. Foi conduzida a partir de duas estratégias, uma em que o sujeito relatou a partir de sua memória individual tendo o entrevistador como único interventor das perguntas. No segundo caso, a entrevista ocorreu com participação dos familiares intervindo tanto nas perguntas quanto na contribuição das respostas.

Foi realizado o processo de análise do áudio e material escrito, e, posteriormente, a transcrição das informações obtidas na entrevista, respeitando-se a linguagem típica empregada. Os

dados foram apresentados correlacionando ambas as memórias ao relato global das paisagens e, dentro destas, as paisagens fluviais.

## **INTERAGINDO COM OS DADOS**

As entrevistas ocorreram no mês de julho de 2021 e oportunizaram uma visita literalmente ao passado de dois personagens da história dos “cacaieiros”<sup>117</sup> do município de Rolim de Moura. O Sr. Enésio Diogo e o Sr. Paulo Cabral são protagonistas do relato abordado por meio da história oral. No decorrer do texto iremos tratá-los pelos sobrenomes. “Para a Geografia e os estudos ambientais esta metodologia se torna útil no sentido de auxiliar na compreensão do Espaço e Paisagem atual através do passado”. (SILVA; DIAS, 2017, p. 166).

### **Motivação para migração**

Ainda que ambos os personagens de nossa pesquisa sejam naturais do estado de Minas Gerais, a origem migratória que os trouxe direto para Rondônia vem de localidades distintas, considerando que o Sr. Cabral veio direto da região sudeste de Minas Gerais, enquanto o Sr. Diogo migrou do Paraná, região Sul do país.

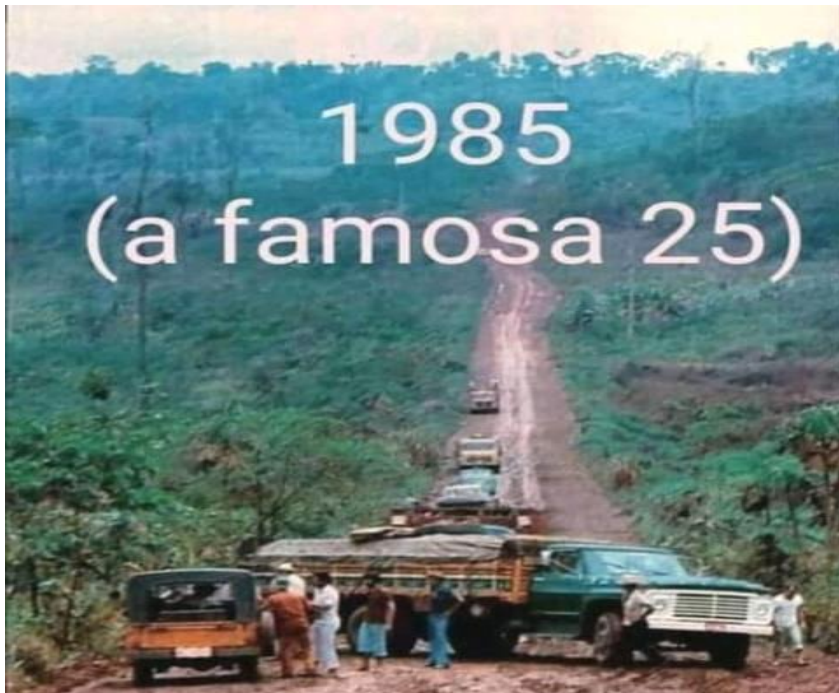
Ambos inicialmente se instalaram no município de Cacoal, no estado de Rondônia, em meados da década de 70, e na mesma década foram direcionados para o atual município de Rolim de Moura, recebendo terras distribuídas por meio do projeto de colonização e reforma agrária do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, que tinha como objetivo ocupar a região Norte do país.

---

<sup>117</sup> Para maior conhecimento do termo utilizado recomenda-se apreciar a reportagem. Link <https://www.youtube.com/watch?v=sKLTXTtDKZ3I>. Último acesso em 18 de Agosto de 2021.

O objetivo principal que motivou a migração de nossos protagonistas consistiu em buscar condições melhores de vida para si e seus familiares, tendo a terra para produzir como mola propulsora de toda a experiência vivenciada. O acesso à região era terrestre e os mesmos contribuíram para a construção das estradas vicinais, que cada migrante tinha que abrir para chegar aos lotes doados.

Em 1985, a paisagem já se desenhava com a RO-010 (Figura 2), que, apesar do péssimo estado, na época já era considerada a rota da esperança. O ponto de chegada era o local que hoje é o município de Rolim de Moura, e, a partir de lá, muitos, para se distribuírem para ter acesso aos seus lotes, faziam-no a pé através de picadas feitas a facão e foice.



**Figura 2.** Paisagem da RO-010 no ano de 1985

**Fonte:** Registro cedido pelo Sr. Enésio Diogo.

Conforme Caramello (2010 apud PARCIO; CARAMELLO, 2021, p.21), o índice de desmatamento do município de Rolim de

Moura amplia-se de 1975 a 2009, com o início do clico de ocupação do solo: “[...] inicialmente com a retirada da vegetação natural induzida pelas políticas públicas colonizadoras, posterior a implantação do café e do gado”.

### **Percepções sobre as alterações nas paisagens fluviais**

A proposta de colonização trazia junto a responsabilidade dos que recebiam suas demarcações territoriais, o compromisso de retirada da vegetação natural, fosse por meio de desmatamento (feita com machado) ou queimadas. As casas, currais e outras construções necessárias eram realizadas com madeira serrada manualmente com traçadores na própria propriedade, por membros da família ou vizinhos.

A construção da paisagem na época trazia traços de solidariedade, tendo como metodologia a ajuda entre vizinhos, e mais também, a ampliação de oferta de trocas de serviços, ampliando a possibilidade de pessoas que não foram contempladas por lotes rurais pelo INCRA produzirem de ameia com aquelas que haviam recebido.

Ampliando assim a produção, os laços de amizade e novas estruturas na paisagem. Nesta linha história, os rios da região foram também protagonistas, marcaram as lembranças dos colaboradores da presente pesquisa, quando relatam que a passagem pelos rios e córregos era um desafio feito a nado ou com construções de pequenas pinguelas.

A vegetação amazônica, juntamente com seu rico corpo hídrico, se fazia presente na época, e foram os rios Palha e Palhão que possibilitaram o desenvolvendo das linhas rurais 164 e 168, sentido Sul. Inicialmente, esses rios “eram abundantes e tinha suas águas mais limpas” (Sr. Diogo e Sr. Cabral, 2021). Para os colaboradores, a classificação de rios limpos está atribuída à hipótese de que por haver vegetação em abundância, em especial

às margens dos rios, isso evitava que a “sujeira” fosse rapidamente levada para dentro dos rios.

Aqueles que tinham nascentes em suas propriedades, ou até mesmo um rio, se sentiam mais prósperos. Esses rios eram usados para atividades domésticas, como lavar roupa, louça, e para a lavoura, com irrigação manual com baldes carregados por toda a família. Também eram utilizados para lazer os rios maiores, quando se juntavam os vizinhos para aproveitar os finais de semana.

Além desses usos, os rios traziam alimentos, ampliando o cardápio por meio do acesso aos peixes da região, sendo as espécies de cascudo (*Hypostomus affinis*), traíra (*Hoplias malabaricus*), bagre (*Siluriformes*), piauí (*Leporinus freiderici*) e mandi (*Pimelodus maculatus*)<sup>118</sup> as mais comuns. Atualmente essas espécies não se encontram amplamente nos rios, podendo variar a disponibilidade em trechos diferentes, da montante à jusante.

Junto com o progresso do município veio a alteração na paisagem, com impacto negativo nos recursos naturais locais, entre eles os ocasionados nos rios em destaque, levando ao assoreamento por meio da implantação da retirada da vegetação para a ampliação de lavouras de café e soja – que substituíram produções como feijão e arroz – e da pastagem destinada à criação de gado leiteiro, gado de corte e procriação para venda.

Essa dinâmica de uso e ocupação, sem a implantação de uma gestão ambiental comprometida com a rede hidrográfica dos rios em questão, poderá seguir ampliando a fragilidade tanto da quantidade quanto da qualidade, considerando que muitos rios estão diminuindo sua vazão e trazendo aspectos visuais de poluição, com o crescente uso de produtos químicos e retirada da mata ciliar.

---

<sup>118</sup> Nomes científicos extraídos da página: <https://www.cpt.com.br/artigos/peixes-de-agua-doce-do-brasil-piaui-tres-pintas-leporinus-freiderici> em 28 de agosto de 2021.



## CONSIDERAÇÕES EM CONSTRUÇÃO

Os registros das memórias aqui relatadas despertaram para a reflexão do quanto a paisagem vem sendo alteradas por nossas opções culturais como também pela disponibilidade tecnológica adotada ao longo do tempo. Se faz necessário repensar que essas mesmas tecnologias, deveriam ser hoje incorporadas na revitalização dos Rios, trazendo propostas como recuperação das matas ciliares e das nascentes nas propriedades rurais.

O protagonismo de nossos colaboradores, está atrelada ao protagonismo dos Rios, quem ficaram salvos como registros da própria história desses, considerando que o ambiente se constrói em um processo de interação entre o sujeito e o meio, e são as paisagens fluviais a testemunha desses registros orais, e foi através das memórias de nossos avôs que permitiram que pudéssemos reconstruir mentalmente a paisagem que não conhecemos no passado, porém hoje faz também parte de nossas memórias.

## REFERÊNCIAS

CABRAL, L. M.: SILVA, G. G.: SILVA, P. K. B.: SANTOS, P. F.; CARMELLO, N. Há processo de gentrificação em Rolim de Moura? *In: Anais da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia do Instituto Federal de Rondônia - Campus Cacoal. Anais...Cacoal (RO) IFRO, 2020. Disponível em:*  
 <<https://www.even3.com.br/anais/snctcacoal2020/288664-HA-PROCESSO-DE-GENTRIFICACAO--EM-ROLIM-DE-MOURA>>.  
 Acesso em: 29 ago 2021.

CARMELLO, N. Elementos para Gestão de Recursos Hídricos da Bacia do Igarapé D`Alincourt, Rolim de Moura- RO. 142p., 2010. Dissertação de Mestrado. Fundação Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, Rondônia, 2010: Disponível em:  
 <<https://docplayer.com.br/38144636-Elementos-para-gestao-de-recursos-hidricos-da.html>>. Acesso: 20 jul. 2021.



CARAMELLO, N.; SAURI, D. El Río: un protagonista oculto em el diálogo de las aguas. Mercator (Fortaleza), v. 15, n. 3, p. 107-126, 2016.

PARCIO, J. A.; CARAMELLO, N. Espacialização de outorgas: uso e ocupação do solo e água na bacia hidrográfica do Igarapé D'Alincourt. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 12, n. 1, agosto/novembro. 2021 (prelo).

SILVA, Adriana Ferreira da.; DIAS, Rafael de Souza. **Memória e meio ambiente: a história oral como metodologia na identificação de mudanças ambientais em Campo Grande, Rio de Janeiro (RJ)**. **Revista Diversidade e Gestão** vol. 1, nº 2 (2017): dezembro p. 165-177. 2017. ISSN 2527-0044. Disponível em: <<http://www.itr.ufrj.br/diversidadeegestao/wp-content/uploads/2016/12/12.pdf>>. Acesso em: 3 de ago. 2021.

SILVA, A. **Índice de desmatamento e caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Igarapé D'alincourt**. 49p., 2017. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Rondônia, Campus de Rolim de Moura, Rondônia, 2017.

VENDRUSCOLO. J. **Mapeamento da bacia hidrográfica e proposta de pagamento por serviços ambientais em função da área de mata ciliar, brejosa e espelho d'água do igarapé D'alincourt – Rolim De Moura/RO**. 49p., 2011. Trabalho final de curso apresentado ao Setor de Ciências Agrárias. Curso de Especialização em Gestão Florestal. Universidade Federal do Paraná, 2011.

Entrevista Sr. Paulo Cabral, realizada em 15 de julho de 2021 pelo pesquisador de iniciação científica Lucas Cabral.

Entrevista Sr. Enésio Diogo, realizada em 18 de julho de 2021 pela pesquisadora de iniciação científica Danieli Souza.

## CAPÍTULO 34

### EDUCAÇÃO AMBIENTAL NAS ESCOLAS INDÍGENAS DA TERRA INDÍGENA RIO BRANCO

Cintia Raquel Lauxen<sup>119</sup>

#### INTRODUÇÃO

Sobejamente, sabe-se que o desenvolvimento do capitalismo provocou a integração de diversas dimensões da natureza como força produtiva da sociedade, revelando uma relação entre os fundamentos próprios dos lugares e a modernização capitalista, cujo desdobramento foi (e é) a subordinação da natureza para a reprodução do espaço (FERREIRA; FREITAS, 2012).

Conforme Demoly e Santos (2018), estudos em educação ambiental enfatizam a necessidade de se considerar a interconexão entre os elementos da natureza, a inseparabilidade e interdependência entre os sistemas vivos.

Segundo a FUNAI, os povos indígenas têm direito a uma educação escolar específica e diferenciada, conforme define a legislação nacional que fundamenta a educação escolar indígena. A política educacional guarda relações inerentes com outras políticas e ações, como políticas voltadas à gestão territorial, à sustentabilidade, à saúde, etc. Por isso, é fundamental, para o estabelecimento de relações do Estado com povos indígenas, que

---

<sup>119</sup> Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas. Secretaria de Estado de Educação. cintiarlauxen@yahoo.com.br

se reconheça e respeite a autonomia dos povos indígenas e suas formas próprias de organização.

Projetos de educação ambiental na escola são realizados de modo que se pode observar uma separação entre conhecer e viver, capaz de possibilitar que sujeitos realizem transformações nas experiências de si e do conhecer (DEMOLY; SANTOS, 2018).

Desta maneira, foi realizada uma pesquisa sobre a importância da educação ambiental com alunos da educação básica – ensino fundamental das escolas indígenas Anamãe Tupari, Boatt Gerainny e Kon Koatt Tupari, localizadas na terra indígena Rio Branco, Município de Alta Floresta D'Oeste, estado de Rondônia, Brasil.

A presente pesquisa teve o objetivo de analisar a percepção e compreensão dos alunos sobre conceitos relacionados ao meio ambiente, sendo assim uma contribuição para a formação de cidadãos conscientes e críticos, impulsionando a preservação e conservação do meio ambiente.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Foi realizada uma pesquisa nos anos de 2017, 2018 e 2019 sobre a educação ambiental com alunos da educação básica – ensino fundamental das escolas indígenas Anamãe Tupari, Boatt Gerainny e Kon Koatt Tupari, localizadas na terra indígena Rio Branco, Município de Alta Floresta D'Oeste, estado de Rondônia, Brasil.

Foi aplicado via WhatsApp, com o prazo de uma semana para a devolução, um único questionário em forma de texto de múltipla escolha para os alunos da educação básica – ensino fundamental, em que a faixa etária dos alunos varia entre 13 e 30 anos de idade. Os questionários foram aplicados a todas as turmas de sétimo, oitavo e novo anos das escolas indígenas Anamãe Tupari, Boatt

Gerainny e Kon Koatt Tupari, onde anteriormente o tema tinha sido trabalhado na disciplina de Ciências.

Os temas foram abordados em sala de aula, aulas de campo, de forma presencial antes da pandemia, de maneira contínua, quando houve estudos e palestras em parceria com órgãos governamentais e não governamentais sobre diversos temas, como: desmatamento, tipos de poluição, queimadas, extinção de espécies animal e vegetal, uso não sustentável dos recursos naturais, conforme figuras abaixo:



**Figura 1** – Alunos da E.E.E.F.M. Kon Koatt Tupari, Aldeia Cajui, terra indígena Rio Branco (RO).

**Fonte:** Acervo pessoal.



**Figura 2** - Alunos da E.E.E.F.M. Anomã Tupari em uma visita técnica à PCH Hidroluz, Alta Floresta D'Oeste (RO).

**Fonte:** Acervo pessoal.



**Figura 3** – Alunos da E.E.E.F.M. Boatt Gerainny em aula de campo na terra indígena Rio Branco.

**Fonte:** Acervo pessoal.





**Figura 4** - Alunos da E.E.E.F.M. Boatt Gerainny em uma visita técnica à PCH Hidroluz, Alta Floresta D'Oeste (RO).

**Fonte:** Acervo pessoal.



**Figura 5** - Alunos da E.E.E.F.M. Boatt Gerainny participando de uma palestra em parceria com o ICMBio e Polícia Militar Ambiental, Aldeia São Luís, terra indígena Rio Branco (RO).

**Fonte:** Acervo pessoal.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo, são 95 alunos matriculados nas séries citadas anteriormente. Desses, apenas 69 alunos têm acesso ou fazem o uso do meio de comunicação digital, e, no total, 65 alunos responderam ao questionário.

Ao serem questionados sobre o que fazem para ajudar o meio ambiente, a maioria ressalta a importância da educação ambiental, não sendo a favor do desmatamento nem da prática de queimadas, poluição do meio ambiente, e nem do uso não sustentável dos recursos naturais.

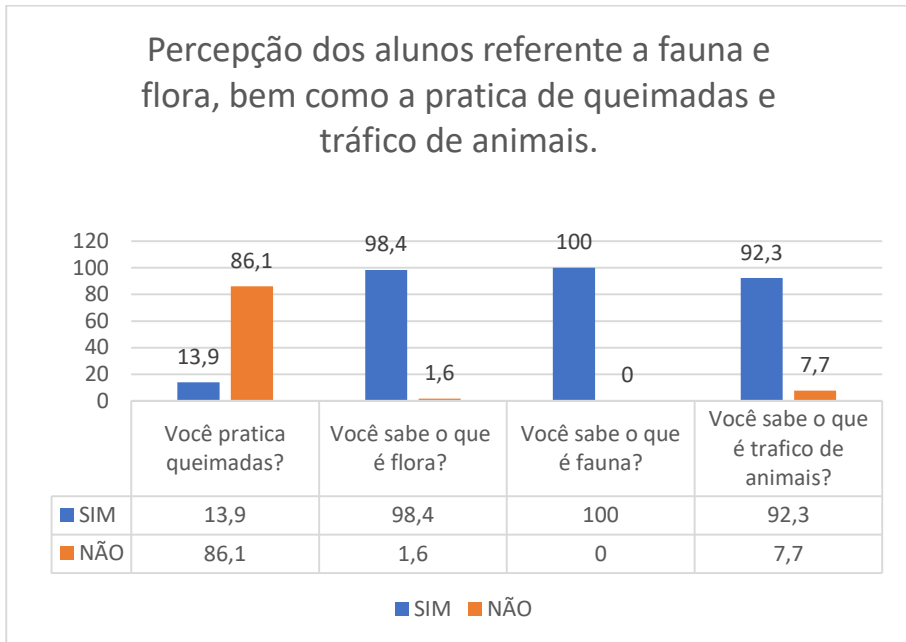
*“Atitudes simples no dia a dia podem ajudar o meio ambiente, como: economizar energia, não desperdiçar água, reduzir o consumo de plástico e papel”.*

*“Separar o lixo, não poluir o meio ambiente, não fazer queimadas e não usar veneno”.*

*“Planto árvores, não faço queimadas, quando eu vejo meu parente jogando lixo eu falo que não pode, pois vai prejudicar o meio ambiente”.*

*“Não faço grandes queimadas, pois elas causam destruição ambiental de vários biomas, elas também emitem gases poluentes”.*

*“Eu ajudo a reciclar o lixo, faço o replantio de árvores, evito fazer queimadas, evito comprar produtos que usam muita embalagem. Quando as pessoas fazem queimadas e desmatam o meio ambiente não fica mais normal, pois começa fazer mais calor, pouco vento, a preservação ajuda a manter um clima mais fresco”.*



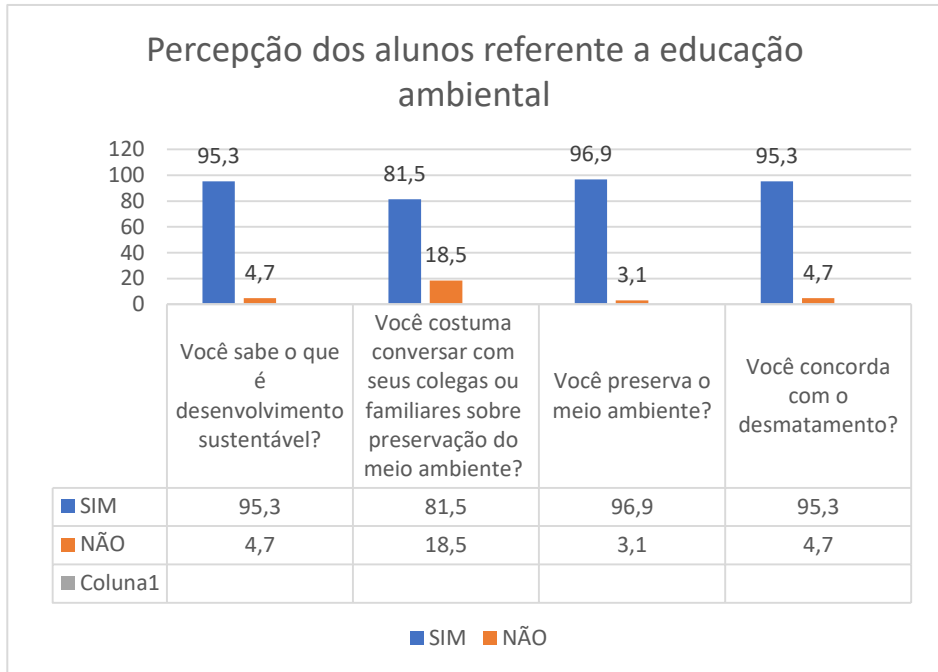
**Figura 6** - Demonstra a porcentagem relativa à percepção dos alunos referente à fauna e à flora, bem como à prática de queimadas e tráfico de animais.

**Fonte:** Acervo pessoal.

A educação ambiental deve buscar qualificar os cidadãos para que sejam capazes de realizar uma leitura crítica e política da realidade para intervirem nos espaços de participação (BRASIL, 2015). A inserção da sociedade através dos alunos, a respeito das questões ambientais que envolvem o ambiente onde habitam, se mostrou eficiente no processo de conhecimento dos problemas gerados pelas atividades do dia a dia.

Ao serem questionados sobre a importância da educação ambiental, 100% dos alunos responderam que acham importante aprender sobre o tema, nos mostrando assim o quanto se faz necessário tratar sobre temas ambientais, dentro e fora da sala de aula, atingindo assim a comunidade escolar, bem como a comunidade tradicional local.





**Figura 7** - Demonstra a porcentagem relativa à percepção dos alunos referente à educação ambiental.

**Fonte:** Acervo pessoal.

Deboni e Melo (2007) ressaltam que tal situação somente é possível com a construção de um Estado democrático, ético, presente, forjado no diálogo permanente com a sociedade e integrado a uma política estruturante de educação ambiental que propicie a todas e a cada pessoa tornarem-se educadoras ambientais de si próprias, atuando nesse mesmo sentido junto aos outros, especialmente nas suas comunidades.

Desta maneira, foi possível observar que a Educação Ambiental estimula a consciência crítica dos alunos, contribuindo junto com a comunidade local na discussão que visa soluções dos problemas ambientais enfrentados (BERLINK et al., 2009).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante o exposto, podemos verificar a importância das práticas de educação ambiental na comunidade escolar, formando-se cidadãos críticos, conscientes e reflexivos sobre conceitos relacionados ao meio ambiente, impulsionando a preservação e conservação do meio ambiente, para as presentes e futuras gerações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERLINCK, C. N.; CALDAS, A. L. R.; MONTEIRO, A. H. R. R.; SAITO, C. H. Contribuição da educação ambiental na explicitação e resolução de conflitos em torno dos recursos hídricos.

**Ambiente & Educação**, v. 8, n. 1, p. 117–129, 2009.

Disponível em:

<<https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/view/901>>. Acesso em: 10 ago. 2021.

BRASIL. **Diretrizes para a Estratégia Nacional de Comunicação e Educação Ambiental no âmbito do Sistema Nacional de Unidades de Conservação**. Série Educação Ambiental e Comunicação em Unidades de Conservação. Brasília, 2015.

Disponível em:

<[https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/publicacao\\_encea.pdf](https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/publicacao_encea.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2021.

DEBONI, F. e MELLO, S. S. Pensando sobre a “geração do futuro no presente: jovem educa jovem, COM-VIDAS e Conferência. *In*: MELLO, S. S e TRAJBER, R. (coor). **Vamos cuidar do Brasil - conceitos e práticas em Educação Ambiental na escola**. Brasília - Ministério da Educação, Coordenação Geral de Educação Ambiental: Ministério do Meio Ambiente, Departamento de Educação Ambiental: UNESCO, 2007, p. 35-43.

DEMOLY, K. R. A.; SANTOS, J. S. B. Aprendizagem, educação ambiental e escola: modos de en-agir na experiência de estudantes e professores. **Ambiente & Sociedade**, v. 21, 2018. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/asoc/a/PDtkjHrq9jwWzYjnQW8YxVf/?lang=pt#>>. Acesso em: 17 ago. 2021.

FERREIRA, A. A.; FREITAS, E. S. M. Meio ambiente em **cena**. Belo Horizonte: RHJ, 2012.

FUNAI. **Educação Escolar Indígena**.

<<http://www.funai.gov.br/index.php/educacao-escolar-indigena?limitstart=0#>>. Acesso em: 17 ago. 2021.

## CAPÍTULO 35

### DIETA DE LONTRAS E AÇÕES ANTRÓPICAS

**Lênim Faber Lopes<sup>120</sup>, Daniely de Cássia Deliberali<sup>121</sup> & Igor Basilio Silva<sup>122</sup>**

#### INTRODUÇÃO

As lontras são carnívoros semiaquáticos considerados internacionalmente como as “sentinelas das águas” devido às adaptações ecofisiológicas que as tornam dependentes deste elemento para completar seus ciclos. Dentre estas adaptações, está a dieta basicamente constituída de peixes e crustáceos, fato consensual entre os pesquisadores da espécie *Lontra longicaudis*, que está no topo da cadeia alimentar dos ecossistemas aquáticos do Sudeste brasileiro (DUPLAIX; SAVAGE, 2018).

A massiva exploração do solo nesta região desde os tempos coloniais, através de desmatamentos e agropecuária mal implementada, vem reduzindo a quantidade e a qualidade das águas (sobretudo superficiais), causando sérios distúrbios nos ecossistemas aquáticos e ripários (SOFFIATI, 2011). Esses desequilíbrios podem ser percebidos quando analisamos a dieta das lontras e associamos às características da paisagem que circunda o corpo hídrico pesquisado, tais como uso do solo,

---

<sup>120</sup> Bacharel em Ciências Biológicas; PPG - Biodiversidade e Conservação da Natureza da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF); Grupo de Trabalho com Fauna da ONG Reflorestamento e Ecodesenvolvimento da Bacia do Rio Itapapoana (REDI). lopes\_bio@yahoo.com

<sup>121</sup> Engenheira agrônoma. Mestre em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). deliberali.daniely@gmail.com

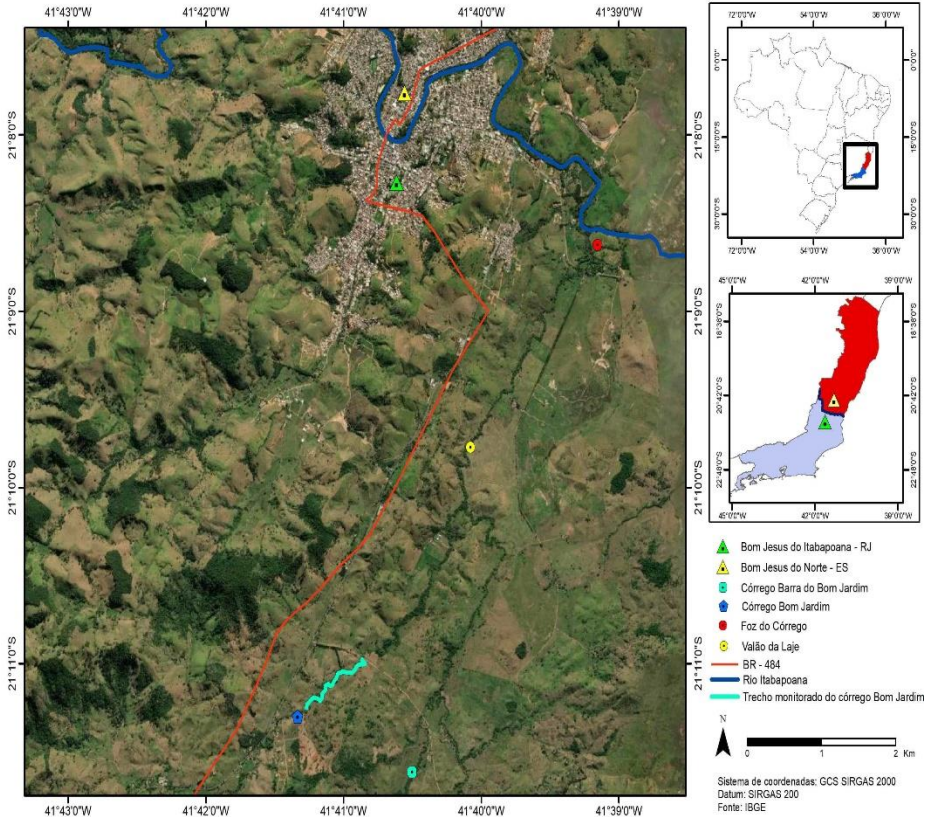
<sup>122</sup> Bacharel em Ciências Ambientais; PPG - Ecoturismo e Conservação / Laboratório de Ecologia Florestal, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). Grupo de Trabalho com ONG REDI. ibasilio.unirio@gmail.com

proteção das Áreas de Preservação Permanente (APP) de margens, nascentes, ausência de proteção das áreas úmidas e demais aspectos legais que permeiam a conservação dos recursos hídricos (DUPLAIX; SAVAGE, 2018).

Nesse sentido, o presente trabalho visa a explanação dos fatores de caráter antrópico e paisagísticos que permearam pesquisas com dieta de *Lontra longicaudis* em um córrego que se tornou intermitente devido à degradação, juntamente com apontamentos sobre a ausência de práticas básicas de conservação da água e de implementação *in loco* do Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica do Município de Bom Jesus do Itabapoana, estado do Rio de Janeiro (RJ).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Os dados obtidos consistem em registros fotográfico locais, contextualização da paisagem no entorno da calha principal através de imagens de satélite, associados aos dados de trabalhos realizados anteriormente no córrego Bom Jardim envolvendo a ecologia das lontras (LOPES; THOMÉ, 2017; FABER-LOPES et al., 2020). Por fim, há a análise de partes do Plano Municipal para Conservação e Restauração da Mata Atlântica referentes a esta Microbacia Hidrográfica.



**Figura 1** - Mapa da localização e contextualização paisagística do córrego.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os fatores observados, se enquadram a matriz majoritariamente pastoril sem cercamento ou proteção das áreas de várzeas ou ripárias. Atrelada a isto, ocorre a massiva presença do gado, criado de maneira extensiva, em todas as APPs de margem, pisoteando taludes, defecando e urinando na água, além de valas de drenagem nas planícies de inundação do entorno. Infelizmente isto é uma prática generalizada dentro dos agroecossistemas convencionais do Noroeste Fluminense, sendo o córrego Bom Jardim um exemplo em menor escala das atividades agrícolas danosas às águas superficiais comuns em toda a região.



Segundo proprietários rurais, as margens foram enquadradas como áreas consolidadas pelos órgãos de Assistência Técnica em Extensão Rural locais, mesmo possuindo dossês de mata ripária aptos a possibilitar a regeneração florestal ou a implantação de Sistemas Agroflorestais (SAFs) agroecológicos.

A implementação de SAFs e a recuperação das áreas de APP com plantio de espécies arbóreas nativas foram consideradas ações pontuais quando essa microbacia hidrográfica foi categorizada como de alta prioridade para a conservação dos recursos hídricos no ano de 2015 (SEA-RJ, 2015, p. 63, 64 e 79).



**Figura 2** – A- Leito do córrego Bom Jardim sem água corrente, ladeado por bancos de areia resultantes de assoreamento (a foice fincada no leito possui 1,60 m); B, C- gado pisoteando leito e talude da margem para beber água; D- Indivíduo de lontra escavando banco de areia no leito do córrego Bom Jardim para se alimentar.

O não cumprimento de planos como esse afeta direta e indiretamente as condições dos corpos hídricos e acaba refletindo

na cadeia alimentar dos ecossistemas aquáticos. Nesse córrego, foi registrado fotograficamente, por Lopes e Thomé (2017), um indivíduo de lontra carregando uma jibóia ao longo do leito seco e a predação de um outro indivíduo de jibóia ainda maior que o primeiro, demonstrando a constante busca por complementação da dieta com répteis na ausência de peixes e crustáceos.

Além disto, ao analisar amostras fecais durante um período de dois anos nesse mesmo trecho do córrego Bom Jardim, Faber-Lopes et al. (2020) obtiveram resultados concisos sobre a composição anual das presas consumidas pelas lontras, com 58% de grupos considerados alternativos (anfíbios 21,97%, insetos 20,98%, répteis 12,61%, aves 0,68%, mamíferos 0,68%, moluscos 0,67% e miriápodos 0,32%) aos peixes (35,28 %) e crustáceos (6,78%).

O avançado grau de degradação do corpo hídrico altera a dinâmica trófica destes animais (LOPES; THOMÉ, 2017; DUPLAIX; SAVAGE, 2018; FABER-LOPES et al., 2020). Isso pode ser observado na figura 2d, onde um indivíduo de lontra escava o leito arenoso em busca de alimento durante o período de estiagem, confirmando a insustentabilidade do córrego em suprir estes animais com suas principais presas naturais em épocas de longa estiagem (FABER-LOPES et al., 2020).

Essa grande porcentagem de itens alternativos na dieta da lontra se assemelha à de regiões de clima naturalmente desértico, como encontrado por Cruz-García et al. (2017), evidenciando ainda mais o grau de degradação dessa microbacia, que, por estar inserida dentro do Bioma Mata Atlântica, proveria maior provisão de peixes e crustáceos para os mustelídeos caso estivesse em condições favoráveis de conservação florestal, como apontam os estudos em córregos do bioma (PARDINI, 1998; COSTA-BRAGA et al., 2019).

Por possuírem dosséis em seu entorno, estas áreas ainda se apresentam como corredores de biodiversidade para as espécies



silvestres, principalmente devido ao alto potencial para regeneração que as zonas ripárias possuem. Estes pequenos dosséis, se cercados devidamente, possibilitam uma regeneração natural de baixo custo devido ao microclima que oferecem ao crescimento de plântulas e espécies-chave mais exigentes. Além disso, a implantação de sistemas agroflorestais agroecológicos entre nas APPs ripárias e pastagens funcionariam como uma dupla zona de amortecimento, otimizando ainda mais a contenção do arraste de particulados para o interior do córrego e a estabilidade dos taludes (FORTIER, 2014; LOPES; THOMÉ, 2017; CROUZEILLES et al., 2019).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os distúrbios na dieta das lontras, além de problemas nos ecossistemas aquáticos, revelam a ausência de implementações de práticas para a conservação das águas superficiais na paisagem. Não são observadas as práticas previstas para a Microbacia Hidrográfica do Córrego Bom Jardim dentro do Plano Municipal para a Conservação e Restauração da Mata Atlântica, mesmo estando ela classificada como prioritária. Portanto, é imperativo que ações como o cercamento protetivo das áreas de APP e conservação dos brejos da microbacia sejam executadas e, posteriormente, ponderadas as melhores formas de restauração da vegetação nativa visando a qualidade e quantidade destas águas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA-BRAGA, D.; ROSSI, J. L.; SRBEK-ARAÚJO, A. C. Exotic species as the main prey items of the Neotropical otter in the Atlantic Forest, southeastern Brazil. **Tropical Ecology**, v. 60, n. 1, p. 30-40, 2019.

CROUZEILLES, R.; RODRIGUES, R. R.; STRASSBURG, B. B. N. (eds.). **BPBES/IIS: Relatório Temático sobre Restauração de Paisagens e Ecossistemas**. Editora Cubo, São Carlos, p. 77, Embrapa Amazônia Oriental-Outras publicações científicas (ALICE), 2019. Disponível em: <[https://www.bpb.es.net/wp-content/uploads/2019/10/Relatorio\\_Restauracao\\_VF.pdf](https://www.bpb.es.net/wp-content/uploads/2019/10/Relatorio_Restauracao_VF.pdf)>. Acesso em: 28 jul. 2021.

CRUZ-GARCÍA, F.; CONTRERA-BALDERAS, A. J.; SALAS, J. A. G.; GALLO-REYNOSO, J. P. Dieta de la nutria neotropical (*Lontra longicaudis annectens*) en Pueblo Nuevo, Durango, México. **Revista mexicana de biodiversidad**, v. 88, n. 3, p. 701-709, 2017.

DUPLAIX, N.; SAVAGE, M. IUCN/SSC Otter Specialist Group. **The Global Otter Conservation Strategy**. Salem, Oregon, USA, p. 166, 2018. Disponível em: <<https://www.otterspecialistgroup.org/osg-newsite/wp-content/uploads/2019/02/IUCN-Otter-Report-On-Line-SP.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2021.

FABER-LOPES, L.; THOMÉ, M. P. M.; SILVA, I. B. **Resiliência de *Lontra longicaudis* (Olfers 1818) Carnívora-Mustelidae em Agroecossistema Convencional do Sudeste Brasileiro**. In: 1º Congresso Internacional de Ecologia Online, nº 1, 2020, Online, Anais do I Congresso Internacional de Ecologia Online, 2021. Disponível em: <<https://eventos.congresse.me/conecoon/resumos/7189.pdf>>. Acesso em: 29 jul. 2021.

FORTIER, J. **Agricultural Riparian Health: Theory, Concepts and Potencial Indicators**. Agriculture and Agri-Food Canada, Université du Québec à Montréal. Montreal, Quebec, Canada, 2014. Disponível em:

<[https://www.agrireseau.net/Agroforesterie/documents/Fortier\\_2014\\_Agricultural\\_Riparian\\_Health\\_En.pdf](https://www.agrireseau.net/Agroforesterie/documents/Fortier_2014_Agricultural_Riparian_Health_En.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2021.

LOPES, L. F.; THOMÉ. M. P. M. **Fauna associada à córrego intermitente em área degradada por pastagem do Noroeste Fluminense**. In: Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade-UFRRJ, n° 6, 2017, Três Rios-RJ, Anais do 6° Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade, p. 138-145, 2017. Disponível em: <[https://itr.ufrrj.br/sigabi/wp-content/uploads/6\\_sigabi/Sumarizado/FABER\\_LENIM\\_104.pdf](https://itr.ufrrj.br/sigabi/wp-content/uploads/6_sigabi/Sumarizado/FABER_LENIM_104.pdf)>. Acesso em: 25 jul. 2021.

PARDINI, R. Feeding ecology of the neotropical river otter *Lontra longicaudis* in an Atlantic Forest stream, south-eastern Brazil. **Journal of Zoology**, 245, n. 4, p. 385-391, 1998.

SEA- Secretaria de Estado do Ambiente. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Bom Jesus do Itabapoana**. Série Planos da Mata Atlântica 2 - Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Governo do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Bom-Jesus-do-Itabapoana.pdf>> . Acesso em: 25 jul. 2021.

SOFFIATI, A. A. Breve estudo de eco-história sobre a utilização humana das florestas estacionais do norte-noroeste fluminense entre os períodos colonial e republicano. **Vértices, Campos dos Goytacazes, RJ**, v. 13, n. 2, p. 7-30, 2011.

# Eixo 5

## Saneamento e recursos hídricos



**Foto:** Amapá, registro fotográfico de Dhione Nascimento Souza

## CAPÍTULO 36

### FORMAÇÃO HISTÓRICA DO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE-SP E A EVOLUÇÃO DO SEU SISTEMA DE SANEAMENTO BÁSICO

**Olavo Bonifacio Silva<sup>123</sup> & Renata Ribeiro Araújo<sup>124</sup>**

#### 1-INTRODUÇÃO

O presente artigo visa colaborar com a organização e atualização das informações históricas sobre o surgimento do município de Presidente Prudente bem como os problemas decorrentes da baixa disponibilidade hídrica e as condições sanitárias decorrentes dessa escassez. A carência de informações nesse sentido suscitou o interesse em atualizar os dados sanitários do município no que diz respeito ao seu sistema de saneamento básico, de forma a disponibilizar informações que possam auxiliar em futuros trabalhos. Como estudo de caso, foca-se no objetivo de entender como ocorreu historicamente a instalação da infraestrutura de saneamento básico, desde a fundação do município até a completa universalização do sistema.

A metodologia adotada se baseou em pesquisas bibliográficas de cunho exploratório, com análise quantitativa e qualitativa de dados históricos, em documentos oficiais e *home pages*, bem como o aprofundamento teórico pertinente aos dados abordados.

Desde sua fundação, ocorrida em 1917, passou por diversos ciclos econômicos e diversas crises agudas no seu sistema de

---

<sup>123</sup> Mestrando do Mestrado Profissional em Geografia de Presidente Prudente.  
olavo.silva@unesp.br

<sup>124</sup> Professora Dra. do Departamento de Geografia Presidente Prudente.  
renata.r.araujo@unesp.br

abastecimento público, atrelados ao crescimento populacional. Com fomentos do governo estadual, foram iniciadas as obras de saneamento na década de 1940, porém ainda com dificuldades em atender de maneira plena as demandas da cidade. Diante da escassez de recursos financeiros para a realização de novos investimentos, foi transferida para a companhia estadual de saneamento básico do estado de São Paulo (Sabesp) a operação dos sistemas de água e esgoto, em 1978. A Sabesp promoveu maciços investimentos na implantação de infraestrutura buscando atender as carências existentes no município.

O evento extremo de crise hídrica associado à falta de chuvas ocorreu em 1985, motivo que levou à implantação do sistema produtor do Balneário da Amizade, à expansão no reservatório do rio Santo Anastácio em 1988 e à implantação de um novo sistema produtor do rio do Peixe através da transposição de águas do rio do Peixe no município de Nova Guataporanga em 1998 (SABESP, 2017).

O município inaugurou seu sistema de tratamento de esgotos no ano de 2004, com o início da operação da ETE Limoeiro, proporcionando a conclusão da infraestrutura, que passou a operar plenamente com a coleta, o afastamento e o tratamento de esgotos, bem como com a distribuição de água tratada em todos os pontos da sede do município.

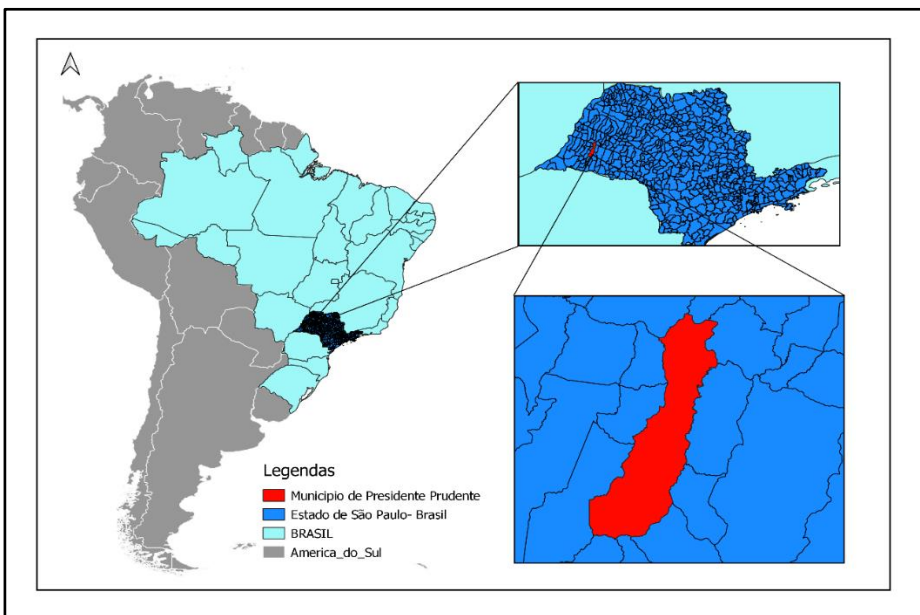
A universalização completa do município ocorreu no ano de 2019, com a inauguração do sistema de esgotos e do tratamento nos distritos de Floresta do Sul e Ameliópolis (SABESP, 2021).

## **1.1 – ÁREA DE ESTUDOS**

O município de Presidente Prudente está localizado na região Oeste do estado de São Paulo, a 560 km da capital, geograficamente entre os paralelos 22°07' de latitude Sul e 51° 23' de longitude Oeste,

possuindo uma área urbana de aproximadamente 60 km<sup>2</sup> e altitude de 472 m acima do nível do mar (CARDOSO, 2014, p.43).

Possui seu território inserido dentro de duas unidades de gerenciamento de recursos hídricos (UGRHI), respectivamente as UGRHIs 21 e 22, denominadas bacia hidrográfica do rio do Peixe e bacia hidrográfica do Pontal do Paranapanema. A sub-bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio está inserida na área da UGRHI 22, onde está instalado o reservatório para abastecimento público da cidade de Presidente Prudente, no rio Santo Anastácio.



**Figura 1-** Localização do Município de Presidente Prudente- SP

## **2- FORMAÇÃO HISTÓRICA DO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE**

O município de Presidente Prudente, assim com os demais que surgiram no mesmo período, tiveram suas origens em razão do movimento de colonização do “sertão bravo”, com o avanço da nova franja pioneira rumo à conquista do Oeste. Homens que desafiaram uma natureza selvagem e inexplorada, sujeitos a toda a

sorte de infortúnios, ataques de índios além de doenças associadas às florestas tropicais brasileiras, como por exemplo febre amarela silvestre, leishmaniose e malária, esta última uma das doenças que mais assolavam os que se aventuravam nessas florestas (MONBEIG, 1984).

[...] O estado geral de deficiência dos maleitosos e conseqüente má qualidade do efeito humano, são certamente, os tributos mais pesados que a franja pioneira paga à malária[...]A maioria dos que tem maleita convive com a moléstia sem o saber e a importância dos danos que esta ocasiona é inestimável[...] (MONBEIG 1984, p. 325).

Ao se aventurarem pelas matas do planalto paulista, encontraram ocupantes nativos de várias etnias (Tupi-Guarani, Jê, Xavante, Caingang) que, comprimidos pela frente pioneira a leste e com o rio Paraná a oeste, viram-se encurralados em seu território, reagindo a essa pressão com ataques que ocorriam principalmente ao pôr do sol e ao amanhecer. Atacavam de surpresa sem chances de defesa dos colonos que se fixavam em pequenos grupos no ermo sertão do Paranapanema. Nesses ataques, os índios matavam mulheres, homens e os animais (mulas, bois e qualquer outra criação que houvesse), além de atearem fogos às suas palhoças. (LEITE, 1998).

A forte reação dos colonos foi inevitável com a criação das dadas (expedições que tinham por objetivo exterminar o “bugre ateu”) compostas por bandos de jagunços armados cujo único objetivo seria limpar o território, de forma a permitir a ocupação que já havia se iniciado, resultando em grande mortalidade dos indígenas. A região de Presidente Prudente foi habitada pelos índios da etnia Caingang, também denominados de coroados em função do corte do seu cabelo em formato de coroa. No início do séc. XIX encontravam-se em cinco grupos entre o rio do Peixe e o rio Aguapeí. Nesse cenário de pioneirismo se destacou o mineiro



José Teodoro de Souza, natural de Pouso Alegre, que conseguiu o primeiro título de posse em 1856, obtido do vigário Modesto Marques Teixeira na vila de Botucatu, com uma extensão de 60 km de frente por 150 km de fundo (MONBEIG, 1984).

Ele trouxe seus parentes para iniciar a colonização e para a tomada de posse de sua vasta propriedade, com milhares de hectares e fronteiras bastante imprecisas dado o pouco conhecimento que se tinha da região no período. O início da propriedade se dava nas barrancas do rio Turvo, que possui suas nascentes nos municípios de Agudos e Bauru. (LEITE, 1998).

É importante salientar que após o ano de 1850, com a criação da lei de terras n.º 601, instituída por D. Pedro II, pôs-se fim à aquisição de terras por posse ou doação, passando-se a regulamentar a propriedade privada da terra no Brasil, que pôde ser adquirida somente mediante transação monetária, ou seja, aquisição por compra. (FAUSTO, 2006).

Nesse contexto, com os avanços da colonização e forte incentivo do governo federal por razões políticas e militares, ocorre o assentamento dos trilhos visando-se atingir o rio Paraná para garantir a expansão e o escoamento da produção de café, algodão e outras culturas praticadas nas novas áreas, além de permitir melhor integração e controle estratégico do estado. Até 1889 os trilhos da estrada de ferro sorocabana estavam parados na vila de Botucatu, e, com o avanço da frente pioneira, começaram a avançar, atingindo Manduri em 1906, Salto Grande em 1910, e, em 1917, chegaram a Presidente Prudente (LEITE, 1998).

Presidente Prudente foi fundado em 1917, como distrito de paz de Nossa Senhora da Conceição do Monte Alegre. Seu surgimento está atrelado ao avanço da cultura cafeeira, pois a cidade foi fundada em um espigão para facilitar a entrada da estrada de ferro, característica essa peculiar a todos os demais municípios que surgiram no período. Passou à condição de

município através da Lei Estadual n.º 1798 de 28 de novembro de 1921, possuindo uma área de 15.600 Km<sup>2</sup> (LEITE, 1998 p.36).

Possui como fundadores o Cel. Francisco de Paula Goulart e o Cel. José Soares Marcondes, inicialmente com dois núcleos urbanos que logo se expandiram. A implantação da Vila Marcondes ocorreu na direção leste do divisor de águas numa região menos favorável ao desenvolvimento da cidade: é o marco zero da cidade de Presidente Prudente. (ABREU, 1972)

Em razão de suas características físicas de relevo acidentado e vertentes íngremes, a expansão da cidade naquele divisor ficou limitada. O contrário ocorreu com a vila criada pelo Cel. Francisco de Paula Goulart, que, em razão da melhor característica física de sua gleba, proporcionou condições para que a expansão da cidade ocorresse na direção oeste.

Com a criação dessas duas vilas, já em 1920 Presidente Prudente possuía 1097 pessoas, com sua economia baseada na plantação do café, o que por sua vez atraía colonos para a região, em busca de oportunidades (ABREU, 1972).

Ao longo de sua trajetória, a cidade se expandiu e ganhou destaque no cenário regional, tornando-se sede da 10ª Região Administrativa do estado de São Paulo, com uma economia baseada no setor de serviços, setor agropecuário e sucroalcooleiro, além dos setores de saúde e educação (IBGE, 2021).

### **3- A EVOLUÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO EM PRESIDENTE PRUDENTE**

Presidente Prudente, por conta da sua posição geográfica, está localizado sobre os divisores de águas da bacia hidrográfica do rio do Peixe e bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, e atualmente possui 70% do abastecimento da cidade mantido através da transposição das águas do rio do Peixe, que possui sua captação localizada dentro do município de Mariápolis,

pertencente à unidade de gerenciamento UGRHI 21, inserida dentro do comitê de bacias hidrográficas Aguapeí-Peixe (CBH-AP).

O município, desde o seu surgimento, enfrentou diversos problemas de ordem sanitária, quer fosse pela falta de investimentos quer fosse pelo sítio onde se instalou a cidade, que não possuía boas características hidrogeológicas que pudessem garantir a disponibilidade hídrica necessária ao desenvolvimento das atividades humanas aqui estabelecidas.

### **3.1- PRIMEIRAS FONTES DE ABASTECIMENTO**

A tarefa de rastrear e localizar dados referentes ao período inicial da cidade de Presidente Prudente, no que tange à implantação do sistema de abastecimento, é extremamente difícil em razão da falta de material e da dificuldade de acesso àqueles existentes.

Quando da sua fundação, por não contarem com um sistema de abastecimento de água canalizada, os moradores eram obrigados a escavar poços caipiras para atender as suas necessidades básicas diárias de água. As condições sanitárias do município eram críticas, sendo comum a presença de doenças veiculadas pela falta de saneamento e baixa qualidade da água, como febre amarela, verminoses e tifo. Estas doenças acometiam a população, sobretudo as crianças, o que diminuía a qualidade de vida, refletindo-se sobre a capacidade da força de trabalho dessas pessoas.

O sério problema de abastecimento público fica evidente, conforme publicação de matéria jornalística divulgada no jornal local denominado *A voz do povo*, que publicou alguns trechos de um artigo do Dr. Marcelo Soares Guimarães, médico da Inspeção Sanitária que denunciava a calamidade que era a falta de abastecimento de água tratada para a saúde da população:

[...] Cinquenta por cento dos doentes desta cidade sofrem de afecções de aparelho digestivo”. Os casos de diarreias amebiana e bacilar são frequentes. O tifo é um fantasma de todos os dias. O médico que reside em Presidente Prudente, em pouco tempo torna-se um mestre em tifo tal prática que adquire; não é raro, nos verões, atender um quadro clínico de quatro ou cinco tifosos num só dia. Nos primeiros cinco meses de 1931, houve 40 casos de tifo, com oito óbitos. Relativamente às crianças, a mortalidade é assombrosa. A ignorância nestes assuntos aliada a impossibilidade de uma higiene relativa, são os fatores da mortalidade infantil. E porque tudo isso? A grande porosidade dos dejetos lançados nas fossas; absorvida vão ao lençol d’água superficial e cada poço que se abrir será uma filial da fossa. Não é pois, uma água potável a que bebemos em Presidente Prudente. Prudente é francamente uma cidade higienicamente inabitável [...]. (GUIMARÃES, 1931).

O aumento populacional e a precariedade do sistema levaram o município a adotar políticas para implementar um sistema de captação e distribuição de água, bem como a coleta dos esgotos.

### **3.2-IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E COLETA DE ESGOTOS DE PRESIDENTE PRUDENTE**

Na década de 1930, de acordo com o censo do IBGE de 1932, Presidente Prudente possuía 6.000 habitantes. Com o aumento populacional as utilizações de fossas não mais resolviam o problema, e o município não possuía condições técnicas e financeiras de implementar um sistema de abastecimento público na cidade.

A solução foi possível em 1934, quando o governador do estado, através do decreto n.º 6377 de 4 de abril de 1934,

complementado pelo decreto n.º 7175 de 31 de maio de 1935, concede financiamento às obras necessárias para a implantação de serviços de água e esgotos em todas as cidades paulistas. O prefeito de Presidente Prudente, Sr. Felício Tarabai, em 1934 solicitou a elaboração de um estudo de viabilidade para a implantação dos serviços de água e esgotos no município, a fim de utilizar os recursos que seriam liberados pelo governo do estado. O Dr. Alvinho Gomes Teixeira, diretor de obras públicas do município, encaminhou ao departamento da Administração Municipal os estudos realizados na cidade para pleitear recursos necessários para a implantação do sistema de abastecimento de água. As obras tiveram início em 27 de dezembro de 1934 e a inauguração do sistema de água se deu no dia 18 de fevereiro de 1938, com a abertura do registro do primeiro reservatório da cidade, localizado na Vila Marcondes, ao lado da igreja de Nossa Senhora Aparecida. A captação de água ocorria através de 4 poços artesianos com profundidade entre 180 e 200 metros, que se situavam a um quilômetro do centro da cidade, com uma vazão total de 950 m<sup>3</sup> a cada 24 horas. A produção era armazenada em 4 reservatórios que totalizavam uma capacidade de 1.200 m<sup>3</sup>. (ANANIAS, 2012).

Em 1944, de acordo com levantamentos estatísticos do município, a cidade possuía uma extensão de 1.650 metros de rede adutora e 23 mil metros de rede de distribuição de água, aproximadamente 800 imóveis estavam conectados à rede de água e 580 conectados à rede coletora de esgotos que contavam com 17 mil metros de coletores (ABREU, 1972).

Nas décadas seguintes, com a criação do Departamento de Águas e Esgotos do município (DAE), ocorrido através do decreto municipal n.º 834 de 27/12/1967, buscou-se sanar os problemas do município referentes à implementação das redes de água e esgotos, que foram avançando até a assunção dos serviços pela Sabesp, ocorrida em 1978 (ANANIAS, 2012 p.53).

No decorrer do tempo, o município realizava somente a coleta de esgotos, que ainda são lançados diretamente nos fundos de vale, pois não se realizava o tratamento desses efluentes, o que só veio a ocorrer em setembro de 2004 com a inauguração da Estação de Tratamento de Esgotos- ETE Limoeiro (SABESP, 2017).

**Tabela 1:** Evolução do número de ligações e extensão de redes de água e esgoto de Presidente Prudente

ANO	Rede Esgoto	Rede Agua	Ligações Agua	Ligações Esgoto	População
1944	17.000	23.000	800	580	12.637
1977	212.121	254.892	20.897	14.365	105.696
1996	539.847	643.725	55.352	50.764	221.500
2000	606.000	694.000	62.780	60.825	206.340
2010	709.717	809.728	70.328	69.697	207.625
2015	753.321	868.852	81.112	80.642	222.192
2021	850.119	1.083.067	84.441	84.233	230.371

**Fonte:** Organizado pelo autor. Sabesp 2021; Plano Sanitário municipal, 1972- IBGE 2020.

### 3.3 – RIO MANDAGUARI- PRIMEIRO MANANCIAL SUPERFICIAL

Com a expansão urbana e o aumento populacional de Presidente Prudente, o sistema de captação através de poço artesiano não atendia mais a demanda da cidade. Por este motivo, na década de 1940 foi implantado o primeiro manancial superficial para abastecimento público, utilizando-se o rio Mandaguari. A captação possuía uma vazão de 250 m<sup>3</sup>/h e a água era aduzida por 10 km até chegar ao ponto de tratamento, no local que se localiza a Associação Desportiva da Polícia Militar (ADPM), no Jardim Itapura II, zona leste da cidade, e encaminhada até ao reservatório da Vila Marcondes para distribuição à população; foi inaugurada no mandato do prefeito Pedro Furquim (1948-1951) (ABREU, 1972).

O rio Mandaguari foi o principal manancial da cidade até a década de 1960, quando, novamente com o aumento populacional, sua capacidade de abastecimento não supria as demandas, levando o município a procurar outros mananciais para abastecimento público. Nesse contexto, o rio Santo Anastácio possuía as condições necessárias para o atendimento das novas demandas requeridas, pois Presidente Prudente nesse período possuía 72.782 habitantes, de acordo com censo do IBGE 1960 (ANANIAS, 2012).

### **3.4 – CONSTRUÇÃO DA CAPTAÇÃO DO RIO SANTO ANASTÁCIO**

Frente à necessidade de expansão do sistema de abastecimento, e visando atender as novas demandas, fez-se necessária a realização de novos investimentos pelo município. Ainda nessa época, cerca de 4.600 pequenas residências continuavam a se servir de poços escavados (caipiras). De acordo com que as análises realizadas pelo Instituto Adolfo Lutz apontavam, quase a totalidade dos poços apresentava poluição por elevados índices de coliformes fecais, e somente as residências localizadas na região central da cidade tinham acesso à água canalizada, e mesmo assim com deficiência. Esperava-se que, com a construção da nova captação do rio Santo Anastácio, fosse solucionado esse problema (ANANIAS, 2012 p. 54).

O prefeito Watal Ishibashi, em 1968, deu início à construção do novo reservatório no rio Santo Anastácio aproveitando também seus afluentes, o córrego do Cedro e o córrego do Cedrinho. A nova obra proporcionaria uma vazão de 80 l/s e o projeto contemplava também a construção de uma nova Estação de Tratamento de Água (ETA) que, desde a sua construção, permanece sendo utilizada para o abastecimento urbano da cidade de Presidente Prudente (ANANIAS, 2012).

A distância do novo manancial até a cidade era de 11 quilômetros, e foi necessária a construção de uma adutora em ferro

fundido de 600 mm e de uma estação elevatória de água bruta (EEAB) composta por três conjuntos motobomba utilizados para recalcar a água até a ETA, vencendo um desnível geométrico de 100 metros (SABESP, 2017).



**Figura 2-** Captação do rio Santo Anastácio

A Figura 2 mostra a EEAB, onde se localizam os conjuntos motobomba responsáveis pelo recalque de água bruta até a estação de tratamento de água (ETA), e o reservatório após sua ampliação, ocorrida em 1988.

### **3.5-TRANSIÇÃO DA OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO MUNICIPAL**

A década de 1970 foi um marco na história do abastecimento público da cidade de Presidente Prudente. Em 1978, o município assina um contrato de concessão de 30 anos com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), que passa a operar o sistema. O quadro que se apresenta é crítico, pois a cidade



novamente enfrenta graves problemas de abastecimento público, a obra idealizada pelo prefeito Watal Ishibashi, que deveria manter a cidade por um século, não suportou duas décadas, e o problema do desabastecimento retorna novamente. A Sabesp, antes de assumir os serviços, inicia a construção de um reservatório pulmão na ETA com o objetivo de amenizar a grave falta de água na cidade. O reservatório teria capacidade de reserva de 4.000.000 de litros de água, o que, segundo os dirigentes do DAE, representava o primeiro passo para a solução do problema de falta de água na cidade (ANANIAS, 2012).

Concomitante a esta obra, a empresa elabora um novo projeto para a construção de um reservatório de distribuição na Vila Formosa. A obra servirá como reforço de abastecimento, já que a distribuição era feita pelos reservatórios elevados da praça dos Pioneiros, Jardim Aviação e vila Marcondes.

Presidente Prudente, naquele período, segundo dados do censo IBGE, em 1980, possuía 136.849 habitantes que não dispunham ainda de um abastecimento contínuo, algumas vilas mais afastadas não tinham acesso a água tratada, a vila Nova Prudente foi um desses lugares, conforme observamos na matéria jornalística:

[...]O prefeito solucionou o problema utilizando uma canalização do recinto de exposições, até a proximidade do local onde foi construído o aterro sanitário. Inicialmente será instalada uma bica com várias torneiras, o poço que usavam estava contaminado [...]. (O IMPARCIAL, 1978, p.01).

Essa reportagem evidencia a precariedade do sistema, cuja distância, em razão da configuração urbana do município, se torna um complicador, tendo em vista o elevado custo de implantação de redes de água e esgotos.

### **3.6- A CRISE DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DA DÉCADA DE 1980**

No ano de 1985, o município de Presidente Prudente e região passaram por uma estiagem que durou aproximadamente seis meses, ocasionando enormes problemas para o abastecimento público da cidade. Historicamente foi um ano extremamente seco com um total anual acumulado de 841,9 mm, o menor volume registrado na série histórica desde 1969 (AMORIM, 2000).

A situação foi tão grave que a operadora do sistema (Sabesp) iniciou, no começo do mês de novembro de 1985, um sistema de intermitência de água na cidade. Os cortes no fornecimento seriam de 12 horas consecutivas, atingindo todos os bairros alternadamente (dia sim/dia não). Essa medida foi tomada em caráter de emergência para evitar um colapso no sistema de abastecimento duramente castigado pela seca naquele ano (SABESP, 2017).

A medida mais importante e de maior destaque nesse cenário de crise foi o estado de calamidade pública decretado pelo prefeito Virgílio Tiezzi Júnior, dias após a Sabesp ter decretado estado de emergência. O decreto previa o confisco de poços existentes no município, confisco de todos os caminhões pipas particulares e lacres em registros de residência e posto de serviços que estivessem desperdiçando água com lavagem de carros, calçadas, ruas, quintais, bem como a proibição de banhistas no Balneário da Amizade (ANANIAS, 2012).

O reservatório do rio Santo Anastácio, principal manancial de Presidente Prudente, baixou seu nível em aproximadamente de 2,20 metros. Nesse cenário se realizaram as obras para instalação de uma nova captação de água bruta no Balneário Municipal da Amizade, localizado na divisa entre os municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado, na bacia hidrográfica do Alto Limoeiro, até então utilizado para recreação (SABESP, 2017).

O problema da escassez hídrica só foi solucionado com o início das chuvas na região em janeiro de 1986, mas deixou clara a necessidade de se buscar um novo manancial. Ficou evidente que o reservatório do rio Santo Anastácio seria incapaz de suprir a demanda da cidade, principalmente em períodos de eventos extremos de seca, como ficou comprovado.

Diante da situação conturbada, a Sabesp iniciou estudos para a ampliação do reservatório do rio Santo Anastácio, cujo projeto técnico foi elaborado em 1986, bem como estudos para a criação de uma nova captação de água. Em 1988 o reservatório foi ampliado, passando a um volume de 1.720.000 m<sup>3</sup>, aumentando a área de reservação do manancial. Também foi realizada a substituição dos conjuntos motobomba existentes, visando aumentar o envio do volume de água para a ETA (SABESP, 1986).

### **3.7- A IMPLANTAÇÃO DA CAPTAÇÃO DO RIO DO PEIXE**

As propostas para a construção da nova captação giravam em torno de se captar água no rio Paranapanema, Laranja Doce ou no rio do Peixe. Os estudos realizados na bacia hidrográfica do rio do Peixe demonstraram que o manancial deveria garantir o abastecimento da cidade até o ano de 2016, somado aos mananciais do rio Santo Anastácio e do Balneário da Amizade. Com esses estudos, o rio do Peixe foi o local escolhido para a construção da nova captação (SABESP, 1986).

A obra foi concluída em 1998 e inaugurada no dia 19 de setembro, foi composta por uma estação de captação superficial e duas estações elevatórias de água bruta (EEAB), sendo uma localizada próximo ao rio do Peixe e a outra no distrito de Eneida. A sua linha de adução possuía diâmetro de 800 mm em ferro fundido e extensão de 41.426 metros, e a captação passou a responder por 70% do abastecimento da cidade. Para tratar esse aumento no volume produzido, a ETA passou por uma

reestruturação em 1997 e dobrou sua capacidade de tratamento, de 350 l/s para 780 l/s. O total investido na obra da captação e ampliação da ETA foi de R\$ 36,5 milhões de reais (SABESP, 2017).

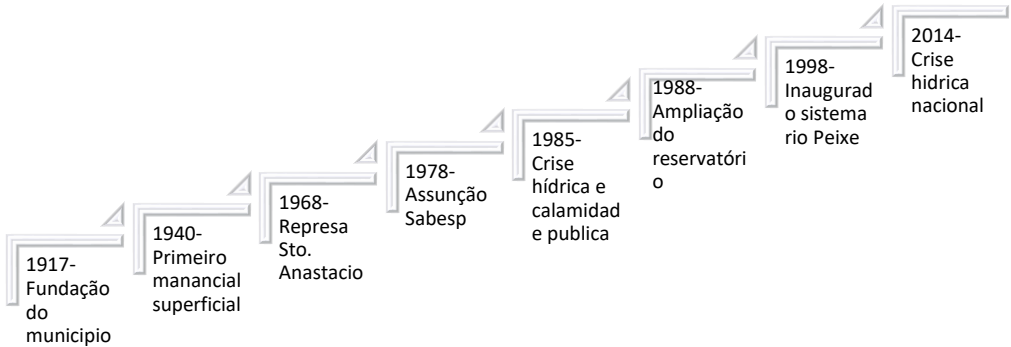
A captação do rio do Peixe, conforme observada na figura 2, foi a responsável por a cidade de Presidente Prudente não sentir a crise hídrica que assolou o país no ano de 2014 e 2019. De acordo com o relatório de conjuntura elaborado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), 48 milhões de pessoas foram afetadas por eventos de seca e estiagens no país entre 2013 e 2016 (ANA, 2017).

A vazão de  $Q_{95\%}$  do rio do Peixe no ponto de captação, de acordo com o atlas da água da ANA, é de 21.457,73 l/s, sendo a vazão retirada pela Sabesp de 555 l/s, demonstrando uma boa quantidade disponível no manancial (ANA, 2019).



**Figura 3** - Captação do rio do Peixe

A evolução ocorrida no que tange ao saneamento básico na cidade de Presidente Prudente é perceptível ao observamos a Figura 2, que demonstra como o município conviveu com e superou os problemas de desabastecimento.



**Figura 4-** Evolução do sistema de abastecimento público de Presidente Prudente

Presidente Prudente, ao longo das décadas e através dos investimentos realizados no setor de saneamento básico, foi detendo uma completa infraestrutura no sistema de produção e distribuição de água, bem como no sistema de coleta, afastamento e tratamento de esgotos, tanto na sede do município como nos seus distritos de Ameliópolis, Eneida, Floresta do Sul e Montalvão.

Todas as localidades possuem um sistema 300%, ou seja, possuem 100% de água tratada, 100% de coleta e afastamento de esgotos e 100% de tratamento de esgotos.

Na sede, a região da zona leste foi integrada ao sistema de tratamento de esgotos em 2010 com a construção de duas estações elevatórias de esgotos (EEE), responsáveis por fazer a reversão dos esgotos coletados na região até a estação de tratamentos de esgotos Limoeiro, que, além de receber 100% dos esgotos coletados em Presidente Prudente, também recebe os efluentes da cidade de Álvares Machado (SABESP, 2017).

Os distritos de Ameliópolis e Floresta do Sul, que até então eram os únicos que ainda não possuíam um sistema de coleta, afastamento e tratamento de esgotos, tiveram seus sistemas inaugurados em 2019.

A operadora do sistema (Sabesp), após renovação do contrato de operação no ano de 2012, permanece operando o sistema de saneamento básico no município.

Conforme demonstrado na Tabela 2, a sede do município ultrapassa o número de mil quilômetros de redes de água instalada, demonstrando a expansão do sistema implantado.

Nos distritos, o abastecimento da população ocorre através de sistemas de poço profundo. Face à pequena população residente, isso permite e viabiliza esse tipo de solução de abastecimento.

A única alteração ocorreu no distrito de Eneida, que apresenta um acréscimo na produção nominal do sistema, pois foi perfurado um novo poço profundo com maior vazão, visando garantir o abastecimento, uma vez que o antigo poço não estava mais suprindo a necessidade e demanda da população.

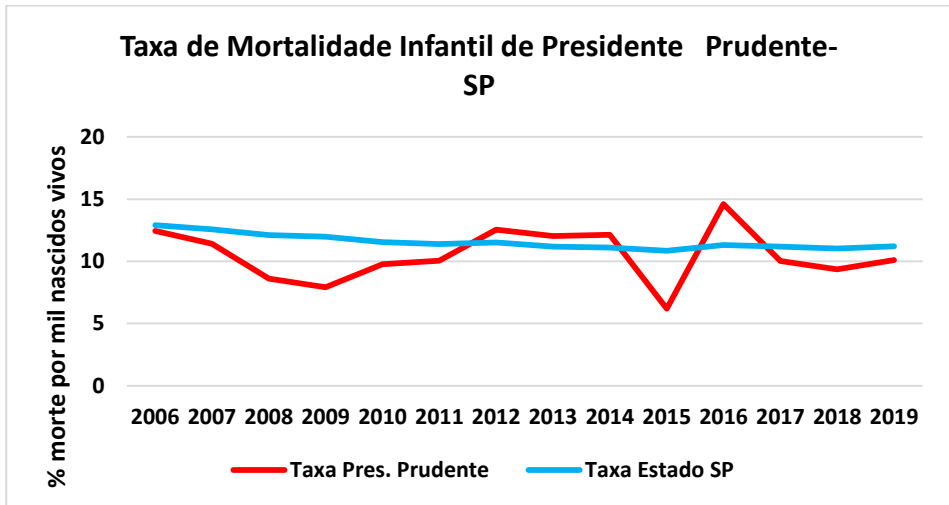
Dessa maneira, a cidade de Presidente Prudente, que travou grandes batalhas no cenário do saneamento básico ao longo de sua trajetória, exhibe com orgulho seus indicadores, que se refletem na qualidade de vida de seus habitantes. Um indicador expressivo é a taxa de mortalidade infantil, que pode ser associado diretamente ao nível de saneamento básico, adotado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como um dos principais indicadores de qualidade de vida. No estado de São Paulo, saímos de uma taxa de 188,9 mortes por mil nascidos vivos no ano de 1900, para uma taxa de 10,7 mortes por mil nascidos vivos, em 2018 (SEADE, 2018).

Presidente Prudente, nesse cenário, apresenta dados relevantes na média do estado, com média de 10,5 mortes por mil nascidos vivos, no período que compreende 2006 a 2019. (IBGE, 2019).

**Tabela 2:** Evolução do saneamento básico de Presidente Prudente

<b>SISTEMA DE SANEAMENTO BÁSICO DE PRESIDENTE PRUDENTE E DISTRITOS</b>						
	<b>Ano</b>	<b>P. Prudente</b>	<b>Montalvão</b>	<b>Floresta Sul</b>	<b>Eneida</b>	<b>Ameliópolis</b>
L- Água	<b>2010</b>	809.728	9.001	6.378	2.983	2.174
L- Esgoto		709.717	13.688	0	5.303	0
Ligações de Água		70.328	697	509	254	169
Ligações de Esgoto		69.697	670	0	246	0
Q Nominal l/s		950	5,09	5,79	1,85	3,47
L- Água	<b>2015</b>	868.852	9.269	6501	2.983	2.300
L- Esgoto		753.321	13.688	0	5.303	0
Ligações de Água		81.112	832	558	272	184
Ligações de Esgoto		80.642	798	0	260	0
Q Nominal l/s		950	5,09	5,79	1,85	3,47
L- Água	<b>2021</b>	1.083.067	9.269	6.513	2.983	2.385
L- Esgoto		850.119	13.688	<b>10.356</b>	5.303	<b>4.393</b>
Ligações de Água		84.441	866	567	269	185
Ligações de Esgoto		84.233	840	<b>520</b>	257	<b>163</b>
Q Nominal l/s		950	5,09	5,79	<b>4,72</b>	3,47
* L=> Extensão m		*Q=> Vazão				

**Fonte:** Organizado pelo autor.  
SABESP- Informações Gerenciais, 2021.



**Figura 05-** Taxa de mortalidade infantil no município de Presidente Prudente

Os dados referentes ao saneamento básico no Brasil são preocupantes quando falamos de coleta e tratamento de esgotos. Embora ainda não ocorra o pleno atendimento da população com acesso ao sistema de água tratada (83,6%), segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) somente 53,2% dos brasileiros têm acesso aos serviços de coleta de esgotos, e, desse total, somente 46,3% possuem tratamento de esgotos (ANA, 2021).

Espera-se que com o novo marco regulatório do saneamento, promulgado através da Lei n.º 14.026/2020, ocorram avanços de maneira mais eficiente para que possamos levar esse patamar alcançado pelo município de Presidente Prudente aos demais rincões desse Brasil.



#### **4- CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As constantes e cíclicas crises no abastecimento público observado, desde a fundação do município de Presidente Prudente, permitem-nos identificar a recorrência de problemas de desabastecimento público num espaço temporal cíclico de vinte anos, em função do aumento populacional e do esgotamento dos mananciais disponíveis. A última crise vivenciada pela população foi em 1985, com a seca do reservatório do rio Santo Anastácio.

Após sua ampliação, em 1988, e o início da operação do sistema de transposição do rio do Peixe, não houve mais problemas dessa natureza, embora o país tenha vivenciado severas crises hídricas, como as registradas em 2014, 2019 e esta que se apresenta em 2021.

Em função da baixa pluviosidade registrada no ano de 2020, acendeu-se o sinal de alerta, pois o reservatório do rio Santo Anastácio chegou a registrar nível negativo de -78 cm no dia 2 de junho de 2021. Esse nível de rebaixamento não ocorria desde que foi realizada a ampliação do reservatório (SABESP, 2021).

É notório e evidente que, com as alterações observadas desde 2014 no regime de chuvas, cada vez mais é preciso eficiência na gestão dos recursos hídricos, com forte trabalho de conscientização dos usuários, no controle de perdas na distribuição de água, o que por sua vez irá permitir também uma redução da pressão exercida sobre os mananciais utilizados para abastecimento público. Cada vez mais percebemos alterações no regime hidrológico, com mais registros de eventos extremos em todo o globo, ora chuva demais, ora seca demais.

Porém é preciso conviver com a situação, então devemos fazer uso dos dados disponíveis e olhar para o futuro sem perder de vista os acontecimentos pretéritos, para que nossas decisões possam fazer a diferença nos futuros cenários.

## 5- REFERÊNCIAS

ABREU, Dióres Santos. **Formação Histórica de uma cidade Pioneira Paulista**. Presidente Prudente, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, 1972.

ANA; Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Atlas de água e esgotos, 2014**. Aplicativo mobile para sistema Android, Governo do Brasil. Disponível Play Store.

ANA; Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Panorama do Saneamento no Brasil: ANA, 2021**: disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/a-ana-e-o-saneamento/panorama-do-saneamento-no-brasil-1>>. Acesso em: 03 ago. 2021.

ANA; Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Relatório de Conjuntura de Recursos Hídricos no Brasil**. 2017. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias/relatorio-da-ana-apresenta-situacao-das-aguas-do-brasil-no-contexto-de-crise-hidrica/>>. Acesso em 16 ago. 2021.

ANANIAS, N. T: **Educação Ambiental e Água: Concepções e práticas educativas em escolas municipais**. Dissertação de mestrado, UNESP- Presidente Prudente, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/92242>>. Acesso em: 18 set. 2020.

AMORIM, M.C.C.T- Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP: episódios de inverno- **Revista Geosul**, v. 20, n. 39, p. 64-82, 2005.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas- IBGE. **Sinopse Estatística do município de Presidente Prudente: Rio de Janeiro – 1945**. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca->

catalogo.html?acervo=todos&campo=todos&digital=false&texto=resultados>. Acesso em: 08 ago. 2021.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas- IBGE.

**Taxa de mortalidade infantil no município de Presidente**

**Prudente- SP.** Disponível em:

<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/presidenteprudente/pesquisa/39/30279?ano=2019&tipo=ranking>>. Acesso em: 08 ago. 2021.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas- IBGE:

**Estimativa de população Presidente Prudente.** Disponível em:

<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/presidenteprudente/panorama>>. Acesso em: 05 ago. 2021.

CARDOSO, R. S.; AMORIM, M.C.C.T. Características do clima urbano em Presidente Prudente/SP a partir de dados de temperatura e umidade relativa do ar e técnicas de sensoriamento remoto. **Revista Departamento de Geografia**, v. 28, p. 39-64, 2014.

CBH-PP- Comitê de Bacias Hidrográficas do Pontal do Paranapanema. **Relatório de Situação da bacia hidrográfica do Pontal do Paranapanema – UGRHI-22**, Presidente Prudente, ano base 2019. Disponível em:

<<http://www.sigrh.sp.gov.br/relatoriosituacaodosrecursoshidricos>>. Acesso em 11 fev. 2021.

FAUSTO, B. **História do Brasil**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo; 2006.

GUIMARÃES, M. S. Jornal a Voz do Povo; Presidente Prudente de 2 de agosto de 1931; Edição n° 255.

JORNAL O IMPARCIAL. **Falta d' água na Vila Nova Prudente.**

Presidente Prudente, 26 de março de 1978.

LEITE, J. F. **A ocupação do Pontal do Paranapanema**. São Paulo: Editora Hucitec- 1998.

MOMBEIG, P. **Pioneiros e Fazendeiros de São Paulo**. São Paulo: Editora Hucitec- 1984.

SABESP; Companhia Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Sistema de Abastecimento de água de Presidente Prudente. **Ampliações e melhorias do Sistema de Produção**, v. VII, COPLASA S.A, fevereiro de 1986.

SABESP; Companhia Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Notícias institucionais, 29/06/2017. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias>> Acesso em: 18 set. 2020.

SABESP; Companhia Saneamento Básico do Estado de São Paulo: Informações Gerenciais; Presidente Prudente. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site>>. Acesso em: 05 ago. 2021.

SABESP; Companhia Saneamento Básico do Estado de São Paulo: Setor de Produção de Água e Tratamento de Esgotos de Presidente Prudente. Controle de nível dos mananciais. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site>>. Acesso em: 31 jul. 2021.

SÃO PAULO (Estado) Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados, SEADE: Portal de estatísticas do estado de São Paulo. Disponível em: <<https://www.seade.gov.br/produtos/mortalidade-infantil/>>. Acesso em 08 ago. 2021

## CAPÍTULO 37

# PRESTAÇÃO REGIONALIZADA DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO E A UNIVERSALIZAÇÃO DO ACESSO À ÁGUA

Gianlucca Contiero Murari<sup>125</sup> & José Carlos de Oliveira<sup>126</sup>

### INTRODUÇÃO

A realidade do saneamento básico no Brasil escancara uma situação de desigualdade gritante em que estados e municípios com maior potencial de arrecadação apresentam percentuais de cobertura e atendimento muito superiores quando comparados com outros de menor arrecadação. Para exemplificar: conforme dados do 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos, realizado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional em 2019, os estados do Sudeste apresentam índice de abastecimento de água por rede no patamar de 95,9% (noventa e cinco vírgula nove por cento) dos municípios, contra apenas 70,4% (setenta vírgula quatro por cento) verificados nos estados do Norte (BRASIL, 2019).

Pode-se verificar uma verdadeira situação de déficit em saneamento básico em grande parte dos municípios. O referido conceito leva em consideração fatores de infraestrutura, aspectos sociais e econômicos, e a eficiência na prestação dos serviços.

---

<sup>125</sup> Advogado. Mestrando em Direito pelo Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. gianlucca.contiero@unesp.br

<sup>126</sup> Advogado. Pós-Doutorado na Universidade de Coimbra. Professor do Programa de Pós-Graduação em Direito (Doutorado, Mestrado e Especialização) e da Graduação em Direito Administrativo, vinculado ao Departamento de Direito Público UNESP. jose.c.oliveira@unesp.br

Existem no país municípios com atendimento adequado, ou em déficit, ocasião em que há atendimento precário ou não há atendimento.

A escassez no atendimento por serviços de saneamento básico, especialmente de abastecimento de água e esgotamento sanitário, é um problema muito grande, uma vez que a prestação adequada destes serviços é um direito social de todos os cidadãos brasileiros, com base na interpretação analógica do artigo 6º, caput da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, que protege a saúde e a moradia digna (BRASIL, 1988), as quais não são possíveis sem o atendimento pelos referidos serviços.

O direito à água é de essencial importância para o direito à vida, que é garantido pelo artigo 5º, caput da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Tamanha é sua importância, que o direito à água foi reconhecido internacionalmente como um direito fundamental pela Organização das Nações Unidas por meio da resolução n.º 64/292 de 2010.

Além disso, a Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecida pela Lei Federal n.º 9.433 de 1997, prevê que o consumo humano é um dos usos prioritários para os recursos hídricos, de acordo com seu artigo 1º, inciso III (BRASIL, 1997). Um dos objetivos da referida Política Nacional de Recursos Hídricos é a garantia de disponibilidade de água com qualidade para as futuras gerações, conforme o artigo 2º, inciso I, e uma das ferramentas para tanto é a articulação do Plano Nacional de Recursos Hídricos com as políticas públicas em matéria de saneamento básico, segundo o artigo 31, caput (BRASIL, 1997).

A Lei Federal n.º 14.026 de 2020 ficou conhecida como o novo marco regulatório do saneamento básico e apresentou a figura da prestação regionalizada, princípio fundamental, conforme o artigo 2º, inciso XIV da Lei n.º 11.445 de 2007, que sofreu alterações com o novo marco. A prestação regionalizada é uma forma de execução

dos serviços que abrange uma pluralidade de municípios, admitida para regiões metropolitanas, unidades regionais, blocos de referência e regiões integradas de desenvolvimento (BRASIL, 2007).

Conforme previsto no artigo 2º, inciso I da Lei n.º 11.445 de 2007, a prestação regionalizada objetiva a otimização do planejamento, gestão e prestação dos serviços de saneamento básico, e pretende possibilitar ganhos de escala e promover a sustentabilidade econômico-financeira no âmbito dos blocos. A prestação regionalizada é uma ferramenta de promoção da universalização dos serviços de saneamento com base na viabilidade e superação das desigualdades entre municípios (BRASIL, 2007).

O desenvolvimento de pesquisas e conhecimento científico acerca da prestação regionalizada é de extrema importância para a satisfação do fim almejado na Política Nacional de Saneamento Básico, qual seja, a universalização do acesso e a superação da desigualdade sanitária, que se relacionam diretamente com a satisfação de direitos fundamentais e sociais dos indivíduos, e principalmente com a dignidade da pessoa humana.

O principal objetivo deste trabalho é apresentar as novas normativas relativas às políticas públicas de prestação regionalizada de serviços públicos com a finalidade de analisar sua aplicação no Brasil. Para isso, serão explorados os instrumentos legislativos e administrativos envolvidos.

## **DESENVOLVIMENTO**

A Lei Estadual n.º 17.383 de 2021 do estado de São Paulo criou a figura das Unidades Regionais de Abastecimento de Água Potável e Esgotamento Sanitário (URAEs). Foram criadas 4 (quatro) URAEs no estado de São Paulo: a URAE Sudeste, com abrangência de 370

(trezentos e setenta) municípios, a URAE Centro, com 98 (noventa e oito) municípios de abrangência, a URAE Leste, com abrangência de 35 (trinta e cinco) municípios e a URAE Norte, que atende 142 (cento e quarenta e dois) municípios (SÃO PAULO, 2021).

A criação das URAEs surge como uma das ferramentas para se atingir a meta de atendimento de 99% (noventa e nove por cento) dos brasileiros com abastecimento de água potável até o ano de 2033 (BRASIL, 2007), conforme previsão do artigo 11-B da Lei n.º 11.445 de 2007.

Seguindo a tendência observada no país nos últimos anos, muitos municípios ficaram aquém das metas do Plano Nacional de Saneamento Básico (2019) e da Agenda 2030, uma vez que são necessários investimentos bilionários para tanto. Para exemplificar, a macrorregião Sudeste, que conta com os melhores índices de atendimento segundo o 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos, necessita de aproximadamente R\$ 63 bilhões, de acordo com previsões do PLANSAB (BRASIL, 2019, p. 166).

De acordo com a Cartilha Prestação regionalizada dos serviços de água e esgoto no estado de São Paulo (2021), da Agência Reguladora dos Serviços de Saneamento Básico das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí - ARES PCJ, a prestação regionalizada viabiliza ganhos em escala, atrai capital privado para municípios com menor capacidade contributiva, permite subsídios cruzados de municípios superavitários para os deficitários e possibilita o compartilhamento de infraestruturas, viabilizando a universalização (ARES PCJ, 2021). O planejamento conjunto deverá ser realizado por meio de Plano Regional, conforme o artigo 17, §2º da Lei n.º 11.445 de 2007. A prestação regionalizada passa a ser um pressuposto para o repasse de verbas federais, conforme o artigo 50, inciso VI da Lei n.º 11.445 de 2007 (BRASIL, 2007). Neste sentido, é indiscutível a importância que a regionalização dos serviços de saneamento básico assume nas normas federais de saneamento básico.



## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ainda é muito cedo para afirmar categoricamente que a prestação regionalizada será um divisor de águas no que diz respeito à universalização dos serviços de saneamento básico. Mas já é possível afirmar que há um movimento organizado de adequação por parte dos entes federativos e prestadores de serviço, pelo menos no estado de São Paulo.

Faltam dados técnicos, científicos e a maturação da experiência dos estados com a prestação regionalizada e com o novo marco regulatório como um todo para avaliar com maior precisão se as metas do PLANSAB e da Agenda 2030, em especial o objetivo de desenvolvimento sustentável n.º 6, serão alcançadas dentro dos prazos estabelecidos.

O que não se pode negar é que há no mínimo uma nobre intenção do legislador por trás dos incentivos à prestação regionalizada, que consiste em não relegar os municípios com menor capacidade contributiva à certeza de insucesso e de índices deficitários de atendimento. Se a prestação regionalizada vai ser a solução, ou pelo menos uma das soluções, pelo menos os municípios carentes estarão incluídos nos planejamentos regionais e respaldados pelo repasse de verbas federais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA REGULADORA PCJ (São Paulo). **Cartilha Prestação regionalizada dos serviços de água e esgoto no Estado de São Paulo**. [Americana, SP]: Agência Reguladora dos Serviços de Saneamento das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí. 2021. Disponível em:

<<http://www.arespcj.com.br/files/files/Cartilha%20-%20Cria%C3%A7%C3%A3o%20das%20URAEs.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2021.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil. 1988.**

Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 12 ago. 2021.

BRASIL. **Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF. 1997. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm)>. Acesso em: 18 abr. 2021.

BRASIL. **Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Brasília, DF. 2007. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)>. Acesso em: 18 abr. 2021.

BRASIL. **Lei nº. 14.026, de 15 de julho de 2020.** Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de

2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da MetrÓpole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Diário Oficial da União, Brasília, 16 jul. 2020b. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm)>. Acesso em: 28 ago. 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. Brasília: SNS/MDR, 183 p., 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Secretaria Nacional de Saneamento. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB**. Julho de 2019. Disponível em: <[https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSDRU/Arquivo\\_sPDF/Versao\\_Conselhos\\_Resolu%C3%A7%C3%A3o\\_Alta\\_-\\_Capa\\_Atualizada.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSDRU/Arquivo_sPDF/Versao_Conselhos_Resolu%C3%A7%C3%A3o_Alta_-_Capa_Atualizada.pdf)>. Acesso em 10 ago. 2021.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Resolução A/RES/64/292**, de 28 de julho de 2010, da Assembleia Geral da ONU. The human right to water and sanitation. 2010 Disponível em: <<https://undocs.org/A/RES/64/292>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

SÃO PAULO. **Lei Nº 17383 DE 05/07/2021**. Dispõe sobre a criação de unidades regionais de saneamento básico, com fundamento nos artigos 2º, inciso XIV, e 3º, inciso VI, alínea "b", da Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, e dá providências correlatas. São Paulo: Assembléia Legislativa do Estado de São Paulo, 2021.

## CAPÍTULO 38

# A TDCI COMO FERRAMENTA PARA EDUCAÇÃO AMBIENTAL SUSTENTÁVEL E CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

**Magda Schmidt Brasil<sup>127</sup>, Maria Clotildes Felix Gabry<sup>128</sup> & José Ferreira de Oliveira<sup>129</sup>**

### INTRODUÇÃO

O intenso fluxo midiático aponta para os reflexos das transformações do meio ambiente na atualidade, sinalizando as sequelas da degradação da natureza e a falta de recursos hídricos para o abastecimento das grandes cidades. Em plena estação de inverno no sudeste do Brasil, especificamente na cidade de São Paulo/SP, a população enfrenta a falta de chuva, o que afeta o volume de água nas represas, que são as fontes de abastecimento de água potável, em especial nas regiões afastadas (como áreas periféricas da cidade), com a falta de água todos os dias devido ao racionamento determinado pelas operadoras desses serviços.

O presente trabalho tem o propósito de sensibilizar para uma abordagem crítico-reflexiva, propondo um estudo direcionado sobre as questões da Educação Ambiental, como o volume de chuva e conseqüente o impacto do baixo volume de água nos principais reservatórios da cidade. “Existe um problema estrutural

---

<sup>127</sup>Mestranda em Educação pela Universidade Internacional Iberoamericana-FUNIBER, Porto Rico. magda.brasil@gmail.com

<sup>128</sup> Mestranda em Educação pela Universidade Internacional Iberoamericana-FUNIBER, Espanha. gabryclotildes@gmail.com

<sup>129</sup>Mestrando em Educação pela Universidade Internacional Iberoamericana/FUNIBER, Porto Rico. ferreiramagem@gmail.com

na distribuição da água que chega aos reservatórios e falta à manutenção das tubulações, o que leva a vazamentos e gera desperdício” (ZERBINI, 2018). Uma das principais questões reflexivas é o fato de que as fontes de água não são inesgotáveis e a natureza precisa do respeito e atenção do ser humano, afinal o mesmo faz parte do meio ambiente.

Percebemos que a instituição educacional precisa assumir uma postura dinâmica para enriquecer o currículo, aliando-se às tecnologias digitais para despertar no estudante a capacidade de desenvolver a habilidade para “aprender a aprender” (DELORS, 1998). Para a criação de estratégias e projetos que amenizem o impacto das transformações ambientais, torna-se indispensável uma concepção crítico-reflexiva baseada nas Metodologias Ativas e TDCI a fim de colocar o aluno no centro do processo numa perspectiva de respeito, aprendizagem e diversidade. A interdisciplinaridade deve ser fator preponderante, perpassando a aprendizagem em direção à educação ambiental (FUNIBER, 2020).

Portanto, entendemos que a grade curricular não deve ser consumida, mas construída a partir dos problemas reais enfrentados pela sociedade. Desse pressuposto pautaremos as ações pedagógicas num movimento dialógico. A metodologia para o desenvolvimento do objeto de estudo desta pesquisa originou-se a partir de uma revisão bibliográfica que tem como marco teórico a “Educação Ambiental na Educação formal”, disciplina proposta no programa de mestrado da Fundação Universitária Iberoamericana.

## **USO DA TDCI PARA PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

A Educação Ambiental (EA) passou a ganhar visibilidade com a articulação entre a UNESCO<sup>130</sup> e o PNUMA<sup>131</sup> (1977), que

---

<sup>130</sup> Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura.

<sup>131</sup> Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.

construíram objetivos e princípios para definir o que ela é e seus valores para proteger o meio ambiente a partir da consciência preservacionista e desenvolvimento sustentável.

A globalização e a forte crise cultural, econômica, social e ambiental, predominante no início do século XXI, intensificaram os já graves problemas socioambientais em todo planeta, como o efeito estufa, a crise hídrica, aumento de pragas e doenças na lavoura e pecuária, a redução da biodiversidade, fome e desordens sociais, deixando claro que é necessário a construção de um novo modelo de desenvolvimento econômico. (LOURENÇO, 2019, p.254)

De acordo com a “AGENDA 2030” (2015), a gestão inadequada dos recursos naturais pode provocar muito prejuízo para as gerações futuras, e a água está no centro do desenvolvimento sustentável. A água é um elemento abiótico, ou seja, desprovido de vida, que ao mesmo tempo representa importância vital para o meio ambiente. Paraphrasing Funiber (2020), a terra poderia ser chamada de “Água” visto que 70% do planeta é formado pela mesma. Contudo, não podemos descartar a possibilidade de que falte água para a sobrevivência humana. A sustentabilidade da água deve ser uma preocupação global. Segundo Caramello (2019, p.23), esse panorama do diálogo sobre os recursos hídricos reflete e busca alternativas mitigadoras para que o problema da água seja uma responsabilidade integrada em todo o mundo.

A Educação Ambiental tem a função de educar numa perspectiva que provoca mudanças de hábitos e atitudes, que, por vez, desenvolvem o senso de valorização e respeito à natureza. EA é um tema transversal e interdisciplinar que pode ser abordado no contexto formal, informal e não formal. Tratando-se do contexto formal implica objetivos pré-estabelecidos e previstos no currículo, por isso é importante lembrar a necessidade de desenvolver a competência para intervir na realidade e fazer a

diferença e, sobretudo, os cuidados com a água. A competência para intervir na realidade é uma teoria freiriana que foi difundida numa perspectiva de diálogo para a transformação da realidade (FREIRE, 1994).

Com responsabilidade, ética e reflexão crítica construtiva buscamos, a partir deste conteúdo, fortalecer os saberes de que a Educação Ambiental é inevitavelmente indispensável nas escolas e reafirmamos que a mesma merece atenção e respeito da humanidade, especialmente da união e força tarefa daqueles que estão na linha de frente e com olhar especial aos que fazem parte dos pilares de base e sustentação educacional. Neste contexto cabem ressaltar, como extensão de compromisso com a EA, a comunidade e as famílias.

A Educação Ambiental desafia-nos a mergulhar numa taxonomia que para muitos ainda se trata de novidade, mas que aos poucos vai se tornando familiar no cotidiano das pessoas. São palavras significativas no cenário, que revelam o quanto precisamos nos aproximar desta realidade, afinal a EA por si já se explica, o difícil é fazer com que a humanidade reconheça e compreenda sua importância para o planeta. De acordo com Tristão (2005, p.253), “A Educação Ambiental está ligada a dois desafios vitais: a questão da perturbação dos equilíbrios ecológicos, dos desgastes da natureza, e a questão da educação”.

Os desafios vitais mencionados acima exigem um enfrentamento com as seguintes palavras desta taxonomia: colaboração, solidariedade, natureza, autonomia, interdisciplinaridade, transdisciplinaridade, transversalidade e sustentabilidade. Estas palavras não surgiram por acaso, cada uma delas tem sua representação na EA, e é imperativo que os seres humanos tenham o capricho de buscar a razão do ser e existir dos campos de conhecimentos que fomentam a Educação Ambiental, principalmente os educadores conscientes do perigo que a humanidade enfrentará se não preservar os seus mananciais.

Seja o diferencial para aproximar cada vez mais desta realidade, usando o conhecimento e a responsabilidade como ferramentas importantes na mudança de atitude das pessoas, conscientizando as mesmas de que somos parte da natureza e precisamos conservá-la, sendo assim a corrida para prevenir uma catástrofe ambiental. Neste contexto, Funiber (2020, p.3) afirma que: “O desenvolvimento da Educação Ambiental deve necessariamente ser visto sob o prisma dos grandes problemas que afetam a sociedade humana, particularmente nos tempos após a terceira revolução industrial e a nova onda de globalização que se intensificou desde os anos 80, até atingir a atual sociedade pós-industrial”. Em sua tese de pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Lorenzette (2008, p.189) afirma: “A participação objetiva ajuda as pessoas e os grupos sociais a desenvolverem o sentido de responsabilidade, e a tomarem consciência da urgente necessidade de prestarem atenção aos problemas do meio ambiente, para assegurar que se tomem medidas adequadas à garantia do mesmo”.

Os objetivos de aprendizagem relacionados ao meio ambiente no contexto escolar contemplam a educação formal, não formal e informal. A educação formal já se encontra prevista no currículo, a educação não formal se caracteriza por práticas educativas na defesa do meio ambiente que não se desenvolvem necessariamente na escola, enquanto a educação informal se dirige a todos os públicos. Todas devem se complementar, associadas para fortalecer o ir *in loco* para a sensibilização aos problemas ambientais.

A educação não consegue se organizar em torno das questões educacionais científicas compostas pela educação formal, desenvolvida nas escolas, com conteúdos previamente demarcados, pois contrasta com a educação informal, na qual os indivíduos aprendem durante seu processo de socialização na família, bairro, clube, amigos, etc., carregada de valores e cultura própria, de



pertencimento e sentimentos herdados (CASCAIS; FACHÍN-TERÁN, 2011).

A intencionalidade em nossa proposta é fazer uma conexão entre os três contextos de aprendizagens, formal, não formal e informal, destacando que os mesmos podem ser beneficiados pelo uso das TDCI, evidenciando que as ferramentas digitais associadas a boas metodologias de ensino podem fazer a diferença nesse processo educacional relevante na contemporaneidade. Destacaremos estratégias eficazes para a Educação Ambiental justamente porque interfere na realidade e promove soluções na vida real. Podemos mencionar algumas metodologias importantes, porém o que está em voga nesse contexto é o uso das TDCI para potencializar a EA, considerando-se o interesse dos estudantes para as tecnologias digitais na atualidade.

A primeira metodologia é a Aprendizagem Baseada em Problema (PBL), que é uma metodologia que sai do contexto de sala de aula e foca na pesquisa a fim de refletir sobre a teoria para resolver um problema prático; a segunda é a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), que busca solução para um problema real baseada na aprendizagem por descoberta, promovendo a interdisciplinaridade, uma característica própria da Educação Ambiental; a terceira possibilidade é o Estudo de Caso (CASE), método que fomenta a pesquisa e coloca o aluno frente a casos reais ou fictícios para o desenvolvimento do raciocínio coerente para a tomada de decisão e criação de estratégias na preservação dos recursos hídricos. Todas essas metodologias estão voltadas para a resolução de problemas que afetam a sociedade e precisam de soluções urgentes. Sendo assim podem potencializar a EA a partir das TDCI.

A cibercultura, um novo estilo de vida que potencializa o uso dos diferentes ciberespaços como fóruns, chats, blogs, entre outros recursos que organizam a sociedade em rede e possibilitam a aprendizagem de forma interativa e colaborativa, metodologias

com gamificação e jogos com realidade aumentada, *WebQuest* e *storytelling*, pode contribuir muito para uma aprendizagem significativa, desde que os estudantes passem a usar esses artefatos com criatividade e construção do conhecimento, e não apenas como usuários. Além de possibilitar a interatividade e colaboração para a conscientização dos recursos hídricos, os exemplos mencionados acima podem intervir na realidade social, desenvolvendo no aluno competências para a resolução de problemas reais. Segundo Teixeira e Campos (2005, p.6), “A sociedade deve assumir que as pessoas, ao serem incluídas digitalmente, precisam reconhecer o real sentido do uso das tecnologias na condição de cidadãos do mundo. Logo, utilizar a internet não é suficiente para se tornarem protagonistas no ciberespaço”.

A Educação Ambiental não é um assunto exclusivamente escolar, sendo necessário pensar em uma pedagogia voltada para as questões ambientais, uma pedagogia que destaca valores e ética como conceitos importantes na relação homem/natureza.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Compreende-se então que a água não pode ser considerada uma fonte inesgotável, sendo necessário o desenvolvimento de atitudes e competências sustentáveis prevendo a valorização da água e da vida acima de tudo. Entendemos que o uso das TDCI pode contribuir como ferramentas e estratégias metodológicas para o trabalho da Educação Ambiental no contexto interdisciplinar, prevendo o cuidado com o planeta, consigo, com os outros, principalmente na preservação dos mananciais. Deve-se partir do pressuposto de que a melhor maneira para a sensibilização nas três formas de educação é a da construção do conhecimento através de formação continuada, usufruindo-se de ferramentas digitais e metodologias mais adequadas, além de sair dos muros escolares e

ir *in loco* para observar as causas que levam às secas dos mananciais. Nossa pretensão é deixar a pesquisa em aberto para que todas as causas dos problemas ambientais com os recursos hídricos sejam buscadas através de soluções simples como a economia no uso dos recursos hídricos, e também o desmatamento, a urbanização desordenada e os fatores histórico-socioculturais.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**BRASIL. Referencial Curricular do Estado de Rondônia.**

[Adaptado], 2019/2020.

**CARAMELLO, N.; STACHIW, R.; QUADRO, K.; FERRANATO, M.**

**Amazônia Contribuições científicas para gestão hídrica.**

Ituiutaba: Barlavento, 2019.

**DELORS, J. Educação: Um tesouro a descobrir.** São Paulo:

Editora Cortez.1998

**FREIRE, P. Pedagogia do Oprimido.** São Paulo: Paz e Terra. 1994

**FUNIBER. In. A Educação Ambiental na Educação Formal.**

Barcelona Espanha - 2020.

**LANG, M. Alfredo Moser: o gênio da lâmpada engarrafada.**

Disponível em: <<https://believe.earth/pt-br/alfredo-moser-o-genio-da-lampada-engarrafada/>>. Acesso em: 21 jul. 2021.

**LORENÇO, J, C. Educação Ambiental na prática: Conceito e**

**aplicações.** Campina Grande- PB. 2019.

**LORENZETTI, L. Estilos de pensamento em educação ambiental:**

**Uma análise a partir das dissertações e teses.** Universidade

Federal de Santa Catarina-UFSC, Centro de Ciências Físicas e

Matemáticas. Centro de Ciências da Educação. Centro de Ciências

Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. Florianópolis - SC. 2008

PLATAFORMA AGENDA 2030. Disponível em:

<<http://www.agenda2030.com.br/ods/16/#:~:text=Plataforma%20Agenda%202030%20Objetivo%2016.%20Paz%2C%20Justi%C3%A7a%20e,eficazes%2C%20respons%C3%A1veis%20e%20inclusivas%20em%20todos%20os%20n%C3%ADveis>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

TEIXEIRA, A. C.; CAMPOS, A. A indissociabilidade entre inclusão digital e software livre na sociedade contemporânea: a experiência do mutirão pela inclusão digital. **Renote - Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 3, n. 2, p. 6, 2005.

TERÁN, A.F; CASCAIS, M.G. A. **Educação Formal, Informal e não-formal em ciências: Contribuições dos diversos espaços educativos**. 2011.

TEXTOS sobre Meio Ambiente. Disponíveis em:

<<https://www.educacaoetransformacao.com.br/textos-sobre-meio-ambiente>>. Acesso em: 21 jul. 2021.

TRISTÃO, M. Tecendo os fios da educação ambiental: o subjetivo e o coletivo, o pensado e o vivido. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 251-264, 2005. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29831208>>. Acesso em: 18 jul. 2021.

UNESCO/PNUMA. **Conferência Intergubernamental sobre Educación Ambiental**. Paris: ED/MED. Disponível em:

<<https://siteantigo.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/biologia/conferencia-de-tbilisi-1977/27425>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

ZERBINI, D. **Como economizar água**. Disponível em: <Como economizar água - Believe Earth>. Acesso em: 21 jul. 2021

## CAPÍTULO 39

# PROCESSO DE DIÁLISE E SUAS IMPLICAÇÕES PARA OS RECURSOS HÍDRICOS: UMA ABORDAGEM SOBRE SUSTENTABILIDADE EM SAÚDE

**Juliana dos Santos<sup>132</sup>, Alex Pires Carneiro<sup>133</sup>, Fabiane Ferreira  
Rabelo<sup>134</sup> &  
Viviane Francis Silva Correia<sup>135</sup>**

### INTRODUÇÃO

O ramo da saúde gera importantes resíduos e modificações na natureza que necessitam cada vez mais ser abordados. O campo da nefrologia, especialmente a diálise, de acordo com Moura et al. (2019), é a área da saúde que mais causa danos aos recursos hídricos.

O procedimento de hemodiálise realizado em pacientes com problemas renais implica na retirada de substâncias tóxicas do organismo, realizada através de máquinas que filtram o sangue por meio de inúmeras fibras ou capilares, exercendo a função similar à do rim. Foi contabilizado, através do Censo Brasileiro de Diálise de 2018, que pelo menos 133.464 novas pessoas sofriram de diálise crônica no Brasil naquele respectivo ano.

---

<sup>132</sup> Bióloga. Mestranda do Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua - UFBA. js@ufba.br

<sup>133</sup> Engenheiro Civil. Mestre em Engenharia Ambiental Urbana pela UFBA. Doutor em Sostenibilidad, Tecnología y Humanism - Universitat Politècnica de Catalunya - Barcelona. alexpires@ufba.br

<sup>134</sup> Engenheira Ambiental. Mestranda do ProfÁgua - UFBA. fabianeferreira@ufba.br

<sup>135</sup> Bacharel em Direito. Mestranda do ProfÁgua - UFBA. viviane.correia@ufba.br

A técnica também é conhecida por osmose reversa. Neste procedimento, a água pura passa por uma membrana fina e semipermeável, havendo a passagem da solução mais concentrada para a menos concentrada, o que torna o tratamento recebido pelos pacientes renais bem mais seguro. Segundo Jesus e Almeida (2016), a substância usada neste processo de filtração é composta por 49 ml de solução básica, 27 ml da solução ácida e 924 ml de água, sendo o paciente submetido a este processo pelo menos três vezes na semana, com duração média de três horas e um consumo aproximado de 120 litros de água por sessão, chegando a 360 litros de água, semanalmente, por paciente. Estima-se que no processo de purificação da água utilizada na hemodiálise, com o intuito de garantir que esteja isenta de impurezas, ao menos 40% desse recurso seja descartado (CALHEIROS; SILVA, 2010).

Os objetivos desta pesquisa são: conhecer de que maneira as instituições citadas estão lidando com o desafio da possibilidade de suas atividades assistenciais em saúde implicarem na geração de impactos ambientais, sobretudo impactos nos recursos hídricos; observar o interesse das instituições de saúde em incorporar princípios de gestão e produção mais limpa, além de apontar alternativas de uso sustentável dos recursos hídricos no processo de hemodiálise; elaborar, a partir da literatura pertinente, material digital sobre ações e boas práticas no uso de recursos hídricos que possam ser adotadas e/ou conhecidas pelos agentes responsáveis pela gestão dos estabelecimentos de saúde.

## **DESENVOLVIMENTO**

A importância quantitativa da água para a hemodiálise (HD) é notória, mas a qualidade da água envolvida nesta atividade é vital. Prova disso foi demonstrada a partir do caso trágico ocorrido no estado de Pernambuco no ano de 1996, na cidade de Caruaru, a 100km da capital Recife. Pacientes renais crônicos, atendidos em

uma determinada clínica de referência em hemodiálise, apresentaram sintomas clínicos contundentes, como cefaleia, distúrbio visual, tonturas e astenia.

A suspeita era de alterações na qualidade da água utilizada no tratamento em hemodiálise. O caso que ficaria conhecido como “A tragédia da hemodiálise” ou “Tragédia de Caruaru”, levou a óbito pelo menos 60 pacientes, das 142 pessoas com doença renal crônica tratadas na clínica.

Mais tarde foi confirmado, por meio de diversas análises, que a água captada da estação de tratamento, e distribuída por caminhões pipa para a clínica em questão, estaria contaminada por uma toxina chamada microcistina, liberada pelas cianobactérias, algas verde-azuladas (CÂMARA, 2011).

O rigor que deve existir em relação à água utilizada na HD é totalmente compreensível, principalmente diante de um episódio trágico como o da cidade de Caruaru, por isso deve-se eliminar qualquer tipo de impureza e contaminantes. Para tanto, o Ministério da Saúde, por meio da portaria de N.º 83 de 3 de janeiro de 2000, fez obrigatório o tratamento próprio da água nesses estabelecimentos.

Como exposto até aqui, a hemodiálise consome grande quantidade de água para seu funcionamento, e do mesmo modo gera muitos efluentes, por isso é necessário estudar soluções e demonstrar a importância do reúso desta água, ainda que não seja para o consumo humano mas para usos menos ortodoxos, como lavagens de equipamentos, espaços, roupas, dentre tantas outras inúmeras finalidades que a água assume em uma instituição hospitalar.

A oferta de água doce configura-se como o recurso de maior importância nesta década. Não é à toa essa preocupação, uma vez que a escassez da água pode promover disputas políticas entre países e continentes e tornar os recursos hídricos um *commodity* de altíssimo valor e complexidade (MENDONÇA; LEITÃO, 2008).

Organizações internacionais como a Associação Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS), o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e o próprio Ministério da Saúde têm tratado a água como tema de maior atenção, visto que antes o tema figurava com matéria de interesse quase tão somente da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). A PNRH, por sua vez, visa garantir o uso equitativo das águas aos diferentes setores da sociedade, utilizando-se da outorga e da cobrança pelo uso dos recursos hídricos como instrumentos de gestão da água.

Ainda sobre a legislação brasileira sobre a água, tem-se uma gama ampla de leis e códigos, a própria Constituição Federal de 1988 colocando-a como direito fundamental, de acordo com o artigo 225 (SILVA; FACHIN, 2014).

Anos mais tarde, ocorreram eventos dedicados à temática da água, como a Conferência Mundial sobre a água doce ocorrida em Dublin em 1992 e a Cúpula da Terra no Rio de Janeiro naquele mesmo ano. O primeiro evento visou estabelecer princípios e diretrizes sobre o consumo dos recursos hídricos no mundo, tais como considerar que a gestão dos recursos hídricos necessita incluir a participação social neste processo – envolvendo diferentes usuários –, atribuir à água valor econômico, finito e vulnerável, e às mulheres o papel fundamental para assegurar a gestão, provisão e proteção da água (INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER AND THE ENVIRONMENT: DEVELOPMENT ISSUES FOR THE 21ST CENTURY, 1992).

Existem no país legislações específicas que tratam dos resíduos sólidos hospitalares, tais como a NBR 10.004/1987 e a NBR 12.808/1993, que dispõe sobre a classificação de resíduos dos serviços de saúde. No entanto, ainda é incipiente a produção de matéria destinada aos esgotos hospitalares (VECCHIA et al., 2009).

As propostas metodológicas para a concepção deste trabalho consistirão na compilação das boas práticas presentes na literatura



pertinente sobre o uso adequado dos recursos hídricos no tratamento de hemodiálise. Partindo da Clínica de Hemodiálise de Valença, localizada no Baixo Sul da Bahia, a 124Km de Salvador e dos leitos disponíveis para diálise da Santa Casa de Misericórdia de Valença, de igual localização. Ademais, serão feitas entrevistas, via mensagens eletrônicas, com os gestores de clínicas de hemodiálise no Brasil, desde que possuam no mínimo oito leitos para hemodiálise.

A análise bibliográfica sobre o tema, assim como da legislação vigente, além da revisão da literatura quanto à Doença Renal Crônica (DCR), serão de fundamental importância para a produção do *e-book*, principalmente por conta da relativa novidade sobre a temática. Não se espera, portanto, encontrar número significativo de produção sobre os resíduos da hemodiálise e práticas sustentáveis para o recurso hídrico.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A geração de resíduos oriundos das diferentes atividades humanas tem sido sem dúvida um grande desafio, sobretudo os gerados no ambiente hospitalar. O aumento da longevidade e o crescimento populacional em razão dos avanços tecnológicos e da medicina favoreceram a produção de resíduos em ritmo acelerado, muitas vezes além da capacidade de suporte da natureza.

Se, por um lado, a sociedade está permeada de problemas de ordem ambiental que provocam perturbações aos ecossistemas e aos seres vivos, por outro, existem grupos da população que sofrem de patologias permanentes e necessitam, muitas vezes, dos recursos naturais, no caso específico, da água, para sobreviver. Para além da dessedentação ou outros usos conhecidos, mas da água como filtro da própria vida (SILVA, 2016).

Pensando no gerenciamento sustentável dos resíduos hospitalares, a legislação tem cada vez mais caminhado nesse

sentido, visto que o ramo da saúde inevitavelmente produz rejeitos em suas atividades, que, quando não tratados adequadamente, podem ser fontes importantes de contaminação, tanto para a saúde humana quanto para o solo e recursos hídricos.

Medicamentos excretados pelas vias urinárias e fecais, e outros resíduos líquidos hospitalares, quando não recebem os devidos cuidados, estão propensos a contaminar águas superficiais e subterrâneas e possíveis fontes de águas potáveis, sem contar com a incidência por seleção natural de bactérias multirresistentes. No ramo da hemodiálise os cuidados com a qualidade da água, como mostrado até aqui, devem ocorrer tanto no início do tratamento destinado aos pacientes quanto no controle e monitoramento deste recurso após sua utilização na saúde.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE nº 2717/2015, pelo apoio técnico-científico aportado até o momento.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CALHEIROS, H. C.; SILVA, G. G. Estudo da Potencialidade de Reuso da Água Descartada em Sistema de Purificação de Água usada em Tratamentos por Hemodiálise. Revista bras. de Eng. Biom. Itajubá –MG., v.26, n.3, p.209-217, dez. 2010. Disponível em:< <https://rbejournal.org/doi/10.4322/rbeb.2012.088>>. Acesso em: 22 abr. 2021.

**CÂMARA, H. F. A “tragédia da hemodiálise” 12 anos depois: poderia ela ser evitada?** Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz,

Recife-PE. 171f. 2011. Disponível em: <  
<https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/10659/1/503.pdf>>.  
 Acesso em: 21 abr. 2021.

JESUS, G. P.; ALMEIDA, A. A. Principais problemas gerados durante a terapia de hemodiálise associados à qualidade da água. **Rev. Eletrôn. Atualiza Saúde**, v. 3, n. 3, p. 41-52, 2016. Disponível em: <<http://atualizarevista.com.br/wp-content/uploads/2016/01/Principais-problemas-gerados-durante-a-terapia-de-hemodi%C3%A1lise-associados-%C3%A0-qualidade-da-%C3%A1gua-v-3-n-3.pdf>> Acesso em: Acesso: em 22 abr. 2021.

MENDONÇA, F. A.; LEITÃO, S.A. M. Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos. **Revista GeoTextos**, v. 4, n. 1 e 2, p. 145-163, 2008. Disponível em: <  
<https://periodicos.ufba.br/index.php/geotextos/article/view/3300/0>>. Acesso em: 22 abr. 2021.

MOURA-NETO, J. A.; BARRACLOUGH, K.; AGAR, J. W. M. Um apelo pela sustentabilidade na diálise no Brasil. **J. Bras. Nefrol.**, São Paulo, v. 41, n. 4, p. 560-563, 2019. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-28002019000400560&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-28002019000400560&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 22 Abr. 2021.

SILVA, D. M; FACHIN, Z. A. Cobrança pelo uso dos recursos hídricos: instrumento de gestão face à vulnerabilidade da água potável. **Revista Unifafibe**, v. 2, n. 2, p 156-181, 2014. Disponível em:< <https://www.unifafibe.com.br/revista/index.php/direitos-sociais-politicas-pub/article/view/40/pdf>> Acesso em: 22 abr. 2021

SILVA, J. C. **Análise e reuso dos efluentes de hemodiálise.** Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Centro de tecnologias e recursos naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB. 80f., 2016. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/16929/1/JOSIANE%20COSTA%20E%20SILVA%20>

%20DISSERTA%c3%87%c3%83O%20PPGRN%202016.pdf> Acesso em: 22 abr. 2021.

VECCHIA, A. D.; THEWES, M. R.; HARB NAIME, R.; SPILKI, F. R. Diagnóstico sobre a situação do tratamento do esgoto hospitalar no Brasil. **Revista Saúde e Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 65-70, 2009. Disponível em:<  
[https://scholar.google.com.br/scholar?cites=10001290601672787951&as\\_sdt=2005&scioldt=0,5&hl=pt-BR](https://scholar.google.com.br/scholar?cites=10001290601672787951&as_sdt=2005&scioldt=0,5&hl=pt-BR)> Acesso em: 22 abr. 2021.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION -GENEVA, CH, WMO. **International conference on water and the environment: development issues for the 21st centur., In: CONFERENCE REPORT.** Anais eletrônico. Geneva: 1992. p. 1-70. Disponível em:<  
<https://www.ircwash.org/resources/international-conference-water-and-environment-development-issues-21st-century-26-31-0>> Acesso em: 22 abr. 2021.

## CAPÍTULO 40

### PERSPECTIVAS PARA O REÚSO DOS EFLUENTES TRATADOS NO MUNICÍPIO DE PETROLINA – PE

**Marcelo Casiuch<sup>136</sup>, Elisa Barbosa Marra<sup>137</sup>, Abmael de  
Sousa Lima Junior<sup>138</sup>, Roberta Guedes Alcoforado<sup>139</sup> & Júlio  
César da Silva<sup>140</sup>**

#### 1. INTRODUÇÃO

O município de Petrolina é o mais importante do Sertão do São Francisco, situado no extremo oeste de Pernambuco, com uma área de 4.558 km<sup>2</sup> e uma população urbana estimada, em 2020, de 273.776 habitantes, sendo 267.729 habitantes na sede municipal e o restante nos distritos de Rajada, Cristália e Curral Queimado (PMP, 2019). Segundo o Plano Plurianual 2014/2017 (PMP, 2014), o município apresenta um grande dinamismo econômico nas últimas décadas, como também tem registrado um forte crescimento demográfico e se situa entre os municípios pernambucanos com melhores indicadores sociais, embora ainda relativamente baixos, convivendo com pobreza, desigualdade social e territorial, incompatíveis com a base moderna da

---

<sup>136</sup> Mestrando do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua – UERJ. marcelo.casiuch@profagua.uerj.br

<sup>137</sup> Mestranda do ProfÁgua – UERJ. elisa.marra@profagua.uerj.br

<sup>138</sup> Mestrando de Pós-Graduação *strictu sensu* em Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco – UPE. aslj@poli.br

<sup>139</sup> Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Professora do Programa de Pós-Graduação *strictu sensu* em Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco – UPE. roberta.alcoforado@poli.br

<sup>140</sup> Doutor em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Professor do ProfÁgua – UERJ. julio.silva@profagua.uerj.br

economia e o ritmo de expansão do produto e do Produto Interno Bruto per capita (PIB).

Petrolina é um dos municípios brasileiros que passaram por intensa transformação socioeconômica nas últimas décadas como resultado da implantação e ampliação da agricultura irrigada e da consolidação do município como centro regional de serviços modernos, combinado com um forte movimento migratório. A economia municipal cresceu em ritmos superiores à média do estado de Pernambuco, mas a população também se expandiu de forma acelerada no período recente. O desempenho dos últimos anos da economia e as condições estruturais atuais de Petrolina definem suas perspectivas futuras, suas potencialidades e, também, os grandes estrangulamentos que podem inibir o desenvolvimento municipal (PMP, 2014).

Elaborado em 1970 pela National Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos, o Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi, desde 1975, adaptado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) de São Paulo, e adotado por outros estados brasileiros como principal indicador da condição de seus corpos d'água (ANA, 2020). Em Pernambuco, os valores de IQA variam, conforme apresentado na Quadro 1.

**Quadro 1** - Classificação dos valores do Índice de Qualidade das Águas (IQA) adotado em Pernambuco

<b>QUALIDADE</b>	<b>ESCALA</b>
Ótima	$80 < IQA \leq 100$
Boa	$52 < IQA \leq 79$
Aceitável	$37 < IQA \leq 51$
Ruim	$20 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

**Fonte:** ANA, 2020.

Hoje, todo o efluente tratado nas diversas estações de tratamento de esgotos (ETE) de Petrolina é conduzido para o rio São Francisco, o qual, de acordo com Peres (2012), sofre com a degradação de sua qualidade, passando de boa a ótima (IQA médio 67) a montante de Petrolina e Juazeiro, e boa a péssima (IQA médio 50) a jusante desses municípios, localizados em margens opostas do rio e distantes cerca de 50 km da descarga do reservatório de Sobradinho.

A função principal de implementar alternativas ao lançamento de efluentes em corpos hídricos, como o reúso desses efluentes em atividades diversas, seria então a de reduzir os montantes de cargas orgânicas nos cursos d'água e adequar seus enquadramentos em classes, segundo os usos preponderantes da água.

Portanto, o objetivo deste trabalho é apresentar perspectivas para o reúso dos efluentes tratados nas ETE de Petrolina, visando seu aproveitamento por indústrias, irrigação, mineração, limpeza urbana, manutenção de parques e jardins e outras atividades, possibilitando a melhoria da qualidade da água do corpo receptor em níveis desejados.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 O Sistema de Esgotamento Sanitário de Petrolina**

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Petrolina (PMSB, 2019), a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) é a responsável pela prestação dos serviços de esgotamento sanitário no distrito sede. O sistema de esgotamento sanitário é composto atualmente por 16 sub-bacias de esgotamento sanitário. Na sede, existe implantado o sistema do tipo separador absoluto, ou seja, tubulações implantadas para transportar apenas o esgoto sanitário.

Segundo o PMSB (2019), esse sistema possui cerca de 40 elevatórias de esgoto e 9 estações de tratamento de esgotos (ETE) em funcionamento, sendo que algumas unidades foram desativadas pela baixa capacidade de tratamento e localização próxima a residências. As estações desativadas são: ETE Manoel do Arroz, ETE Massangano, ETE Corrente e ETE Porto Fluvial. Essas são passivos ambientais e devem ser monitoradas pela prefeitura até sua completa recuperação ambiental. Existem cerca de 535 km de redes de esgoto implantadas em modelo separador absoluto, responsáveis por coletar 58.837 ligações de esgoto ativas, o que resulta em aproximadamente 9 m/ligação.

Algumas moradias próximas aos córregos e sem rede coletora possuem fossa séptica, fossa negra ou lançam o esgoto a céu aberto, e os demais distritos e localidades possuem, na maioria dos casos, sistemas individuais de tratamento pelas fossas ou lançam diretamente nos córregos e rios. O uso dessas alternativas concentra-se nas moradias próximas aos córregos, localizadas nos lados leste e oeste da Sede Municipal (ANA, 2017; PMSB, 2019).

Em 2018, a COMPESA realizou diversos investimentos para a ampliação do SES nos bairros Vale Grande Rio, Pedro Raimundo e Jardim Amazonas (3,5 km), Cidade Universitária (4 km) e Alto do Cocar II (4 km). Em 2019, a capacidade total de tratamento era de 340,00 L/s. Estudos realizados pela COMPESA, para 2019, apontaram que a oferta necessária para atender 90% da população seria de 468,67 L/s, enquanto para atender 95% seria de 494,71 L/s (BNDES, 2018; PMSB, 2019).

Entretanto, nem todo esgoto coletado segue para as estações de tratamento. Em 2018, a COMPESA recebeu diversas multas, da Agência Municipal do Meio Ambiente de Petrolina (AMMA), devido ao não encaminhamento do esgoto coletado para as estações de tratamento (BNDES, 2018; PMSB, 2019).



## 2.2 Perspectivas para o Reúso dos Efluentes Tratados

Muitos esforços vêm sendo realizados para analisar o potencial do uso de efluentes tratados para abastecimento dos setores industrial, agrícola, da construção civil, entre outros, em várias regiões do país, inclusive para o estado de Pernambuco, sempre considerando que as águas servidas ou residuais podem ser transformadas em matéria-prima para a diversificação da matriz de oferta de água (CNI, 2019).

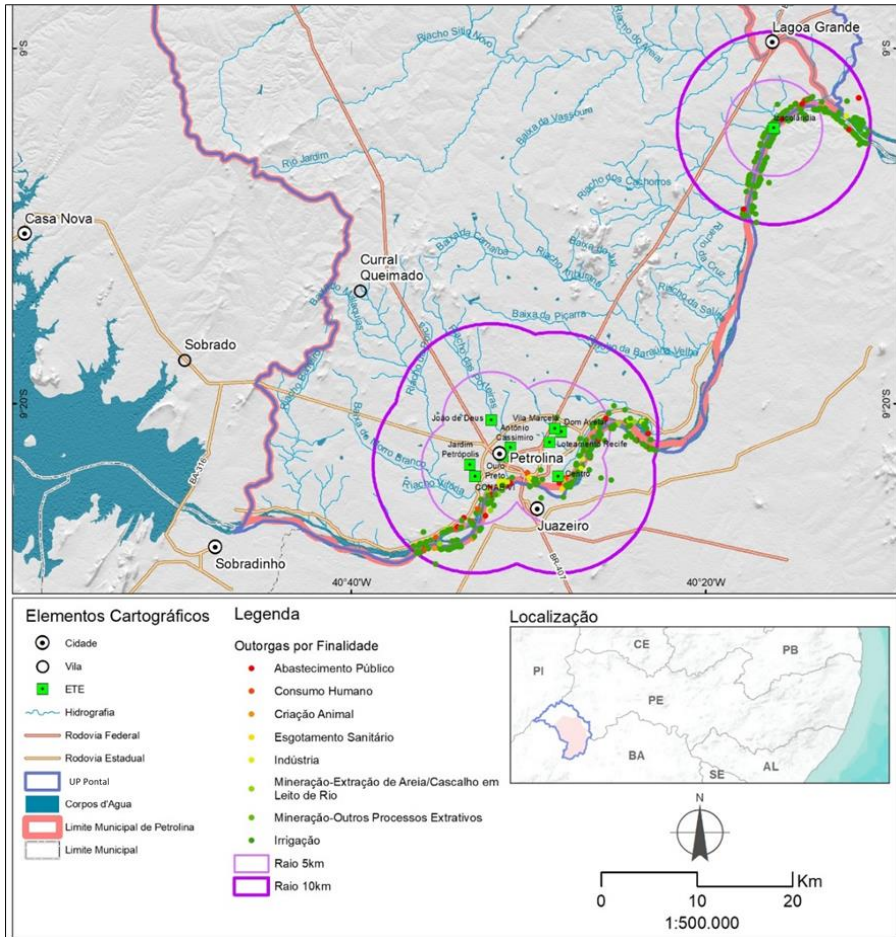
Os estudos sempre devem partir da identificação do potencial de ofertas de efluentes tratados por meio das Estações de Tratamento e o levantamento da demanda de água para os demais usos possíveis. Estudos anteriores indicam a viabilidade para áreas distantes até 10 km em torno das estações.

A identificação das oportunidades para o reúso de efluentes de ETE pode ser realizada por meio de ferramentas de geoprocessamento e análise de bancos de dados de outorgas de captação do uso da água, buscando-se as intersecções entre demandas industriais e de irrigação, e ofertas potenciais de água para o reúso, possibilitando a produção de subsídios à tomada de decisão referente ao seu planejamento.

A Figura 2 apresenta o resultado da sobreposição entre o posicionamento das ETE e a base de outorgas da ANA, onde foram, a partir das ETE, estabelecidos raios de 5 e 10 km para se observarem as interferências com as outorgas, que têm finalidades como abastecimento público, consumo humano, industrial e irrigação.

Ainda na Figura 2 pode ser observado que, para as ETE localizadas na área urbana de Petrolina, para os raios de 10km, encontra-se compreendida a quase totalidade dos pontos de demanda outorgados, e, para os raios de 5 km, uma grande parcela dessas demandas. Ressalte-se que a ETE da localidade de Rajada, na parte norte do município, encontra-se relativamente distante do

rio São Francisco e não consta nenhum registro de outorga de lançamento de efluentes, pelo que não foi considerada na presente avaliação.



**Figura 2** - Resultado da sobreposição das ETE com as outorgas de abastecimento d'água para identificação das oportunidades para o reúso de efluentes de ETE.

### 3. CONSIDERAÇÃO FINAIS

Após essa primeira análise de identificação visual, propõe-se que seja realizado um trabalho aprofundado para identificação do potencial para o reúso, cuja metodologia proposta deverá compreender as seguintes etapas:

- **Identificação das ofertas:** caracterização quali-quantitativa dos sistemas de tratamento de esgotos já existentes e georreferenciamento das plantas, organizar os dados sobre o processo de tratamento e detalhes sobre os efluentes e suas vazões;
- **Identificação das demandas:** caracterização dos potenciais consumidores de água de reúso, consolidação do georreferenciamento e quantificação das vazões demandadas;
- **Identificação das oportunidades:** avaliação conjunta dos dados das duas etapas anteriores e identificação das áreas que apresentam maior viabilidade de aplicação da prática de reúso;
- **Estudo de viabilidade técnica e ambiental:** identificação dos custos, bem como as relações com os ganhos ambientais.

ETE que apresentarem boa vazão de referência e vazões industriais outorgadas nas proximidades estarão automaticamente identificadas para o aprofundamento dos estudos de viabilidade.

ETE com altas vazões e baixas ou nenhuma demanda industrial no entorno: é uma característica em que se pode basear o desenvolvimento de novos polos industriais que venham a ser abastecidos por água de reúso a partir dos efluentes tratados.

### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas. **Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas**. 2017.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH)**. Hidroweb, 2020.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Estruturação de projetos de participação privada, visando a universalização dos serviços de fornecimento de água e esgotamento sanitário, relativamente ao Estado de Pernambuco e a Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA**; Produto 2.1 – Diagnóstico da Infraestrutura Existente; Volume 1 – Tomo 2.14 – GNR São Francisco (DRI), Recife-PE, 2018.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. Ministério das Cidades – MCIDADES., 2019. **Diagnóstico dos serviços de água e esgoto**, 24ª edição. Disponível em:<<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-dos-servicos-de-agua-e-esgotos-2018>> Acesso em: 25 de ago. 2020.

CNI - Confederação Nacional da Indústria. **Reúso de Efluentes para Abastecimento Industrial Avaliação da Oferta e da Demanda no Estado de Pernambuco**. 2019.

PERES, J. M. **Avaliação da Qualidade da Água do Rio São Francisco nos Municípios de Petrolina-PE e Juazeiro-BA**. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Pernambuco, 2012.

PMP - Prefeitura Municipal de Petrolina. **Plano Plurianual 2014/2017 do Município de Petrolina**. Petrolina-PE, 2014.

PMP - Prefeitura Municipal de Petrolina. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Petrolina (PE), referente às prestações dos serviços de abastecimento de Água potável e de esgotamento sanitário**, Versão Final. Petrolina-PE, 2019.

## CAPÍTULO 41

### PROPOSIÇÃO DE CURVA-NÚMERO PARA O MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ – RO

**Rita Maria Medeiros de Almeida<sup>141</sup>, Mateus Antônio Gums  
Gomes<sup>142</sup>, Rodrigo Martins Moreira<sup>143</sup> & Nara Luisa Reis de  
Andrade<sup>144</sup>**

#### INTRODUÇÃO

A expansão da malha urbana sem planejamento, a alta densidade populacional, a perda de vegetação natural em áreas urbanas e a impermeabilização do solo apresentam grandes consequências que são refletidas por meio do sistema de drenagem das bacias hidrográficas urbanas (TUCCI, 2003; BRILLY et al., 2006). Essas áreas altamente impermeabilizadas ocasionam enchentes devido a uma vazão alta durante ou imediatamente após a chuva.

Um dos modelos mais empregados para análise do potencial de escoamento superficial é o CN (Curva-Número), desenvolvido pelo Soil Conservation Service (SCS), amplamente aplicado devido a simplificação de alguns parâmetros. Este método determina o escoamento potencial por meio do conhecimento das características físicas da bacia, como: tipo, densidade e o uso das

---

<sup>141</sup> Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária – UNIR.  
ritaalmeida.m1@gmail.com

<sup>142</sup> Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária – UNIR.  
mateusgums47@gmail.com

<sup>143</sup> Doutor em Recursos Naturais - UFMS. Professor do Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária – UNIR. rodrigo.moreita@gmail.com

<sup>144</sup> Doutora em Física Ambiental. Professora do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Rondônia. Coordenadora local do Mestrado Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua)- UNIR.  
naraluisar@gmail.com

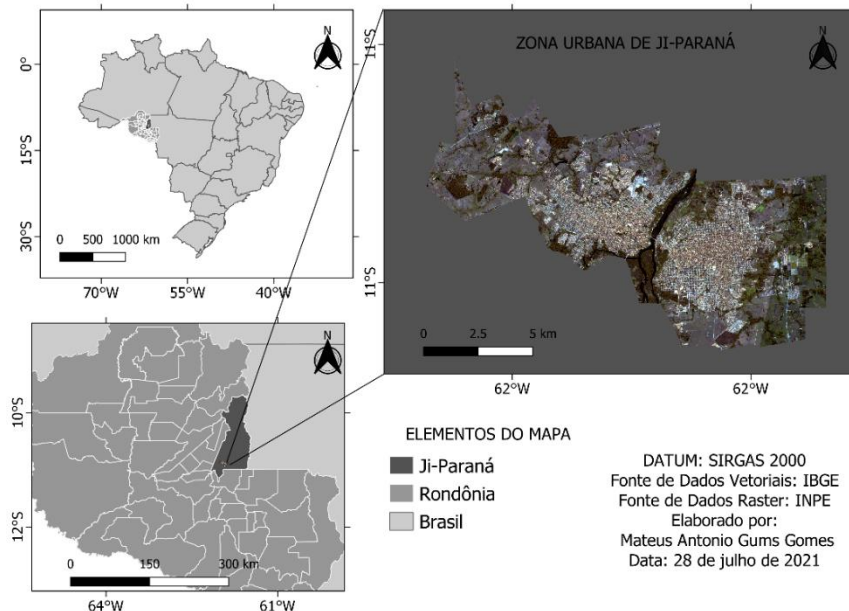
coberturas do solo, e seu grupo hidrológico (DÍAZ & MERCADO, 2017).

Segundo Tucci (2009), caso o CN médio for inadequado, pode ter como consequência o entupimento de bueiros, assoreamento de canais de galeria, interferência na qualidade da água, elevados custos de utilidade pública e inundações, revelando assim a importância do presente trabalho para o dimensionamento de obras de drenagem.

O objetivo deste trabalho foi calcular a Curva-Número para o município de Ji-Paraná, utilizando-se o método proposto pelo Soil Conservation Service – SCS a partir de imagens de sistema de informações geográficas, para uso na gestão da drenagem urbana.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo é a área urbana do município de Ji-Paraná, com as coordenadas quadrantes  $10^{\circ}55'48''$  e  $10^{\circ}48'36''$  de latitude Sul e  $62^{\circ}1'48''$  e  $61^{\circ}52'30''$  de longitude Oeste (Figura 1).



**Figura 1** – Mapa de localização da área urbana do município de Ji-Paraná – RO.

O mapeamento da área de estudo foi elaborado junto com a classificação pelo *plugin* Dzetsaka: *classification tool* presente no *software* QGIS versão 3.10.10 (QGIS, 2021), que é feita através de uma classificação supervisionada por *pixel*, onde as áreas foram categorizadas em vegetação nativa, pastagem, área construída, água e solo exposto.

Foram utilizadas imagens do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), na data do dia 12 de julho de 2020 do satélite CBER 4A, sensor WPM com resolução de 2 m, bandas 3 (*Red*), 2 (*Green*), 1 (*Blue*) e a Pan (Pancromática) para composição colorida e posterior classificação do seu uso e ocupação. A composição do solo da área urbana de Ji-Paraná, extraída do Mapa de solos do Brasil (EMBRAPA, 2006), é formada em sua totalidade por solos argissolos vermelhos eutróficos, determinando as características para a realização dos cálculos (Tabela 1), sendo selecionado o grupo hidrológico C.

O valor da curva-número retrata o estado da cobertura do solo, sendo que quanto maior o seu valor, é também maior o escoamento e menor o potencial de retenção. A partir do grupo hidrológico e o uso e ocupação do terreno, foi possível mensurar o CN médio, que, pelo modelo SCS, pode ser obtido conforme a Equação 1.

$$CN \text{ médio} = \frac{\sum (A_i \cdot CN_i)}{\sum A_i} \quad (1)$$

Onde: CN<sub>i</sub> é o CN de cada classe e A<sub>i</sub> são as áreas de cada classe.

**Tabela 1** - Valores de CN das classes de uso e ocupação do solo

Categoria	Superfície	Grupo Hidrológico			
		A	B	C	D
<b>Pastagens*</b>	< 50%	68	79	86	89
	50-75 %	39	69	79	84
	> 75 %	49	61	74	80
<b>Solo exposto</b>	Solo lavrado	76	86	91	94
	Estradas de chão	72	82	87	89
	estrada cascalhadas	76	85	89	91
<b>Floresta</b>	muito esparsas	56	75	86	91
	esparsas	46	68	78	84
	densas	26	52	62	69
	alta transpiração				
	normais	36	60	70	76
<b>Áreas urbanas</b>	Comerciais	89	92	94	95
	industriais	81	88	91	93
	residenciais* (38 %)	61	75	83	87

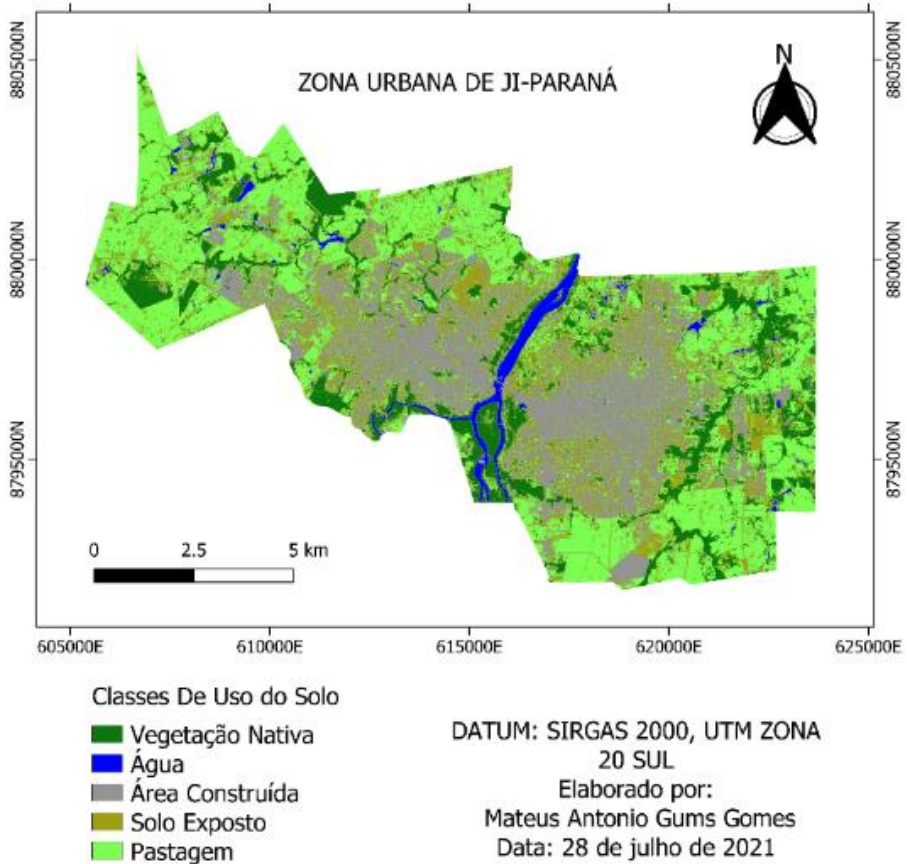
NOTAS: \* % de cobertura da área.

**Fonte:** (SCS 1956, 1964, 1971, 1985, 1993, 2004), adaptados de Huffman et al. (2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto ao uso e ocupação da área urbana de Ji-Paraná, por se tratar de uma cidade relativamente nova, em seu entorno ainda são observadas áreas de vegetação nativa e áreas destinadas à pastagem, no entanto, apresenta também um potencial de crescimento, podendo gerar maior impermeabilização do solo, como ilustrado na Figura 2.





**Figura 2** – Mapa de uso e ocupação do solo na área urbana de Ji-Paraná-RO.

Conforme a Tabela 2, em relação ao uso e ocupação, há predominância de área construída e pastagem, com presença de fragmento de floresta nativa, podendo ser explicado pela presença das APPs (Áreas de Preservação Permanente) e vegetações ripárias, visto que estas são protegidas por lei.

**Tabela 2** – Valores de coberturas de uso do solo e CN equivalentes para cada classe

Classe	Área(m <sup>2</sup> )	% de área	
		coberta	CN utilizado
Água	2.440.848	2,1	0
Floresta nativa	15.968.960	13,9	78
Solo Exposto	22.092.772	19,3	91
Área			
construída	29.170.092	25,5	83
Pastagem	44.811.276	39,1	86
Total	114.483.948	100	-

O CN médio equivalente a toda a área urbana foi de 83, representando assim um potencial de escoamento superficial alto, sendo o escoamento, de um modo geral, gerado a partir de valores de CN iguais ou superiores a 50, a depender da intensidade do evento de precipitação.

Na área urbana, o escoamento superficial possui maior eventualidade, pois está associado tanto ao tipo de solo quanto ao uso e ocupação, dado que com as compactações feitas para construções, o solo torna-se cada vez mais impermeável, o que influencia diretamente no processo de geração de escoamento. Desta forma, para o planejamento urbano adequado, os gestores públicos devem ter por base dados de CN sempre atualizados para a tomada de decisão sobre a drenagem.

## CONCLUSÃO

O valor do CN médio encontrado para a área urbana do município de Ji-Paraná foi 83, podendo ser utilizado para a aplicação em planejamentos, de maneira a diminuir as imprecisões nos

dimensionamentos de obras de drenagem urbana. O método se apresenta como um bom instrumento para auxiliar nas tomadas de decisões quanto à gestão urbana.

As geotecnologias, devido a sua facilidade e acesso, são instrumentos que aprimoram a eficácia dos estudos com relação à drenagem urbana, portanto são de grande valia para auxiliar no controle de enchentes.

## REFERÊNCIAS

BRILLY, M.; RUSIAN, S.; VIDMAR, A. **Monitoring the impact of urbanisation on the Glinscica stream. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C.** v.31, p.1089, 2006.

DIAZ, Carvajal, Á., & MERCADO, Fernández, T. Determinação do número da curva na sub-bacia de Betancí (Córdoba, Colômbia) por sensoriamento remoto e SIG. **Engenharia e Desenvolvimento**, v. 35, p. 452, 2017.

EMBRAPA. 2006. **Mapa de solo Brasil**. Disponível em: <[http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrasil\\_solos\\_5m\\_20201104](http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Abrasil_solos_5m_20201104)>. Acesso em: 15 de setembro de 2021.

HUFFMAN, R. L.; et al. Soil and water conservation engineering. 6th Edition. **ASABE**, p.523, 2011.

QGIS org,. **QGIS Geographic Information System**. QGIS Association, 2021. Disponível em: <<http://www.qgis.org>>. Acesso em: 15 de setembro de 2021.

TUCCI, C.E.M. Inundações e drenagem urbana. In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (Orgs.). Inundações urbanas na América do Sul. Porto Alegre: **Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH**, p. 45, 2003.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**; 4 ed. Porto Alegre: ed. UFRGS/ ABRH, p.943, 2009.

## CAPÍTULO 42

# O BIOFILTRO DE BALDE PLÁSTICO E ÁGUA POTÁVEL: A INTERDISCIPLINARIDADE COMO FERRAMENTA DE TRANSFORMAÇÃO SOCIAL E SUSTENTÁVEL

**Vera Lúcia de Almeida<sup>145</sup>, Taiana dos Santos Carvalho<sup>146</sup>,  
Anne Vitória Nogueira de Almeida<sup>147</sup>, Eduardo de Almeida  
Nunes Senra<sup>148</sup> & Pedro Henrique Carvalho Brazil<sup>149</sup>**

### INTRODUÇÃO

Segundo a UNESCO (Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura, 2016), foram necessários bilhões de anos para que se formasse a biosfera de que nós desfrutamos, com sua incrivelmente rica diversidade de plantas e animais. É nosso dever e responsabilidade agir agora para preservá-la para as gerações atuais e futuras. Foi seguindo esse propósito que em 2/2017, no início da graduação, um grupo de cinco alunos decidiu desenvolver projetos com impacto social, utilizando o aprendizado adquirido como ferramenta de transformação social.

Entre esses projetos estava o Projeto Biofiltro sustentável, que reutilizava baldes de margarina e gordura vegetal para fabricação dos biofiltros. O projeto contempla o ODS 6 (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável), que, de acordo com a ONU (2021),

---

<sup>145</sup> Engenharia de Produção pelo Centro Universitário São Lucas. engvera3@gmail.com

<sup>146</sup> Odontologia pelo Centro Universitário Aparício Carvalho. carvalho.taiana2015@gmail.com

<sup>147</sup> Medicina pelo Centro Universitário São Lucas. vickalmd@hotmail.com

<sup>148</sup> Medicina pela Universidade Estadual de Pernambuco. engvera3@gmail.com

<sup>149</sup> Medicina pelo Centro Universitário São Lucas. pedrohschool@gmail.com

esse objetivo visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água para todos.

### **O propósito do Projeto**

O projeto consiste na distribuição de biofiltros para famílias carentes que não têm acesso à água potável de nenhuma forma, levando-se em consideração a quantidade de pessoas na residência, as famílias com maior número de idosos e crianças, e famílias com deficientes físicos.

Segundo Bussolo e Jaguraba (2019), o chefe da Food and Agriculture Organization (FAO – ONU), José Graziano da Silva, afirmou que o acesso à água potável e ao saneamento é indispensável para a eliminação da pobreza. O biofiltro proporciona a solução de dois problemas: a não destinação para os lixões a céu aberto dos baldes plásticos, e, depois, segurança de não contaminação por parte da água contaminada para famílias carentes, principalmente as crianças.

O projeto buscou incentivar e estimular a prática acadêmica, incentivando os alunos a utilizar o aprendizado adquirido em sala de aula como ferramenta de transformação social. Segundo Freire (2002), estudar é mais do que só fazer a passagem de conhecimento, é também você participar do processo, pois quem ensina aprende ao ensinar, e quem aprende ensina ao aprender.

### **METODOLOGIA**

Trata-se de um estudo de caso de método misto, com objetivo de aprimorar o aprendizado e desenvolver produtos e técnicas sustentáveis com finalidade social. Para a realização deste estudo, inicialmente foi realizada revisão de artigos, livros, sites e revistas eletrônicas, e o produto foi desenvolvido baseado em um caso exitoso no tratamento de água utilizando velas de filtragem.

Segundo Manarini (2019), a vela ainda é o sistema de filtragem mais eficaz e barato que existe.

Em seguida, foi construído um banco de dados com os fornecedores e apoiadores do projeto. Ao “adotar” um biofiltro e doar, o nome da pessoa ia no biofiltro (Figura 1), com isso, estimulou-se muito as doações: salas inteiras de cursos variados e instituições variadas passaram a “adotar” biofiltros e doar.

A construção do biofiltro iniciou-se com dois baldes, duas velas filtrantes e uma torneirinha plástica apenas, sendo que o primeiro continha a água a ser filtrada e o outro a água já filtrada – a quantidade de água filtrada era de dezenove litros –, e todo o processo levava quatro horas aproximadamente.



**Figura 1:** Biofiltro Adotado  
**Fonte:** Arquivo pessoal dos autores

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O biofiltro contribuiu com a melhoria do consumo de água potável das famílias contempladas com o projeto, tanto que após seis meses do início do trabalho, as famílias foram visitadas, e a satisfação e felicidade eram evidentes, por terem água filtrada em suas casas. Também se constatou que era necessário adaptar um terceiro balde, pois as famílias tomavam água filtrada e muitas

vezes o recipiente utilizado não estava acondicionado de forma correta. Desse modo, um terceiro balde entrou com a função de aramário (Figura 2).



**Figura 2:** Biofiltro atualmente  
**Fonte:** Arquivo pessoal dos autores

O projeto piloto contou com trezentas famílias atendidas em uma mesma região. Após procura intensa por partes de outras famílias, foi resolvido que o projeto continuaria, e, até o presente momento, mais de mil e duzentas famílias já foram beneficiadas com essa tecnologia sustentável. Para dar apoio ao avanço do projeto, foi estruturada uma *startup* para a captação de apoio e logística, visando o desenvolvimento desta e outras tecnologias de inclusão socioambiental.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudar para transformar: essa foi a principal motivação do grupo. Einstein já dizia que uma mente que se abre a novas ideias jamais retorna a sua forma anterior. É necessário que os alunos saiam das academias e se tornem elo entre o problema e a solução.

Do que adianta aprender, se o aprendizado adquirido não é capaz de ajudar outra pessoa?

O biofiltro levou às famílias carentes mais que água potável, levou também dignidade e valor. A água é uma necessidade básica que todos têm direito de ter, é por isso que projetos como esse são necessários.

Pelo projeto do biofiltro já passaram mais de duzentos alunos que demonstram satisfação diante da sensação de poder ajudar e levar dignidade para outra pessoa e que se sentem melhores do que entraram, e, com isso, entenderam a importância de estudar para transformar.

## REFERÊNCIAS

BUSSOLO, A. D.; JAGURABA, M. Vatican News, 2019. **Diretor da FAO escreve ao Papa: “A água é vida para os homens e o planeta”**. Vatican News, 2019. Disponível em: <<https://www.vaticannews.va/pt/papa/news/2019-04/graziano-da-silva-carta-papa-francisco-agua-onu.html>>. Acesso em: 16 jul. 2021.

FREITAS, Eduardo de. “Estocolmo-72”; **Brasil Escola**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/estocolmo-72.htm>>. Acesso em 13 de mar. de 2021.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Água potável e saneamento**. 2021. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/ods/ods6.html>>. Acesso em: 21 maio 2021.

MANARINI, Thaís. **Qual é o melhor filtro de água?** Veja saúde, 2019. Disponível em: <<https://saude.abril.com.br/alimentacao/raio-x-da-purificacao-qual-e-o-melhor-filtro-de-agua/>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. 5.



ed. . São Paulo: Atlas. 2008.

ONU – Organização das Nações Unidas. Comissão Mundial Sobre o Meio Ambiente. **Relatório Brundtlan**. Noruega, 1987.

----- **Os objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil**. 2020. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/>>. Acesso em: 21 maio 2021.

UNESCO. **Education and Population Dynamics: Mobilizing Minds for a Sustainable Future**, EPD-99, 2016.

## **Eixo 6**

# **Caracterização qualitativa e quantitativa das águas superficiais e subterrâneas**



**Foto:** Amapá, registro fotográfico de Neidiane Viera da Silva

## CAPÍTULO 43

### ÁGUAS DA BACIA DO RIO MACHADO SOB A ÓTICA DA RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005

**Paulo César de Godoy Junior<sup>150</sup>, Laline Garcia Gomes<sup>151</sup>, Vanessa Mattos Vieira<sup>152</sup>, Jeferson Thiago Rockenbach<sup>153</sup> & Ana Lúcia Denardin da Rosa<sup>154</sup>**

#### 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países com a maior contribuição de recursos hídricos do mundo, no entanto sua distribuição não é uniforme em seu território, o que pode ocasionar comprometimento no abastecimento de água em regiões que possuem maior vulnerabilidade hídrica (OROSCO, 2018).

Ressalta-se que nas últimas décadas a qualidade das águas tem sido afetada de forma significativa, devido ao crescimento desordenado e resultante das atividades humanas, o que pode acarretar a contaminação dos recursos hídricos, e até mesmo sua escassez.

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2017), a qualidade da água superficial está relacionada a fatores naturais, sendo eles: regime de chuvas, geologia, escoamento superficial, cobertura florestal, não sendo descartadas

---

<sup>150</sup> Mestrando em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) - UNIR. paulocesardegodoy@gmail.com

<sup>151</sup> Mestranda ProfÁgua - UNIR. laline\_garcia1@hotmail.com

<sup>152</sup> Mestranda ProfÁgua - UNIR. vanessa.mattosvieira@gmail.com

<sup>153</sup> Mestrando ProfÁgua - UNIR. thiagorockenbach19@gmail.com

<sup>154</sup> Professora do Profágua - UNIR. analucia@unir.br

também as ações antrópicas, como lançamento de efluentes, manejo do solo, entre outros fatores.

Diante disso, a Resolução CONAMA n° 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água assim como diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelecendo as condições e padrões de lançamento de efluentes e dando outras providências.

É importante destacar que a implantação de uma rede nacional de monitoramento da qualidade da água é um grande desafio no Brasil, por se tratar de um país com grandes dimensões, pois, além da questão da heterogeneidade das redes existentes nas unidades da federação (UF), essas redes não possuem padronização dos parâmetros analisados, assim como da frequência das coletas (GIRARDI et al., 2019).

Segundo o INPE (2006), o estado de Rondônia vem sofrendo mudanças no uso de suas terras, onde as construções de rodovias, os planos de colonização e a agricultura, entre outros, causaram, nos anos de 1978 a 2000, o desmatamento de 25% de suas florestas.

Assim, é possível dar ênfase à bacia hidrográfica do rio Machado, a qual possui uma área aproximada de 80.630,56 km<sup>2</sup>, e que sofreu diversos impactos da colonização pela falta de planejamento nos assentamentos rurais e urbanos, ocasionando dessa forma o desmatamento e a falta de conscientização sobre o uso adequado de seus corpos hídricos (RONDÔNIA, 2017).

Destaca-se que a bacia em estudo tem suas nascentes compostas pelos rios Comemoração e Pimenta Bueno, cuja confluência resulta no rio Ji-Paraná, o qual recebe outros cinco afluentes principais, sendo estes: Rolim de Moura, Urupá, Jaru, Machadinho e Preto (KRUSCHE et al., 2005).

Deste modo, é imprescindível mencionar que a bacia do Rio Machado vem sofrendo processos de antropização, com um elevado índice de desmatamento devido à intensificação das atividades agropecuárias da região, trazendo como consequência a transformação das áreas florestais em pastagens (GONÇALVES,

2020). Tais ações antrópicas podem ocasionar impactos significativos na bacia, influenciando de forma direta e indireta a qualidade dos recursos hídricos.

Von Sperling (2005) descreve que a qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, os quais evidenciam as principais características físicas, químicas e biológicas da bacia. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, utiliza o Índice de Qualidade das Águas – IQA desde 1975, com o intuito de servir como informação básica de qualidade de água para o público em geral, bem como para o gerenciamento ambiental. Logo outros estados passaram a utilizar o mesmo índice. A Resolução CONAMA n° 357/2005 expressa o conjunto de parâmetros e valores limitantes para as determinadas classes nas quais os cursos de água devem estar enquadrados.

O Portal da Qualidade das Águas – PNQA, que está inserido na Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2004), afirma que o OD, quando em níveis baixos, está diretamente relacionado à contaminação por esgotos, pois a decomposição deste tipo de contaminação faz com que esse índice diminua, resultando em desequilíbrios da vida aquática, que depende desse oxigênio dissolvido.

Outro parâmetro que afeta a qualidade da vida aquática é o potencial hidrogeniônico (pH), que, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005, deve estar entre 6 e 9 para um bom metabolismo das espécies aquáticas e influência na toxicidade dos metais pesados.

Já a turbidez visa verificar a erosão do solo e materiais sólidos presentes na água. A turbidez do rio Machado é ocasionada pelas partículas sólidas dissolvidas e em suspensão, e aumenta no período chuvoso, o que também altera o índice de OD, pois este também tem uma parcela que resulta da fotossíntese (LOPES, 2020).

É imperioso mencionar que, conforme o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia, o estado ainda não possui proposta de enquadramento dos corpos d'água. Ressalta-se que o Art. 42 da Resolução CONAMA n.º 357/2005 aponta que “enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2”.

Machado et al. (2019) destacam que o diagnóstico da qualidade da água é uma etapa de suma importância, sendo uma das etapas iniciais do enquadramento, a qual colabora na identificação de pontos críticos de qualidade e, assim, na identificação de conformidades e desconformidades para o enquadramento proposto. Ainda segundo os autores, uma vez conhecidos os corpos d'água que irão ser enquadrados e quais são seus usos atuais e futuros, pode-se realizar o enquadramento preliminar de acordo com o que rege a Resolução CONAMA n.º 357/05 em função dos usos preponderantes (MACHADO et.al., 2019).

Deste modo, conforme exposto acima, a classificação dos corpos de água vem possibilitar um maior controle dos impactos ambientais, garantindo, dessa forma, que a qualidade do corpo hídrico esteja em conformidade com os seus usos.

Assim, considerando a importância da avaliação da qualidade dos corpos hídricos, o objetivo desse artigo é analisar os parâmetros de qualidade da água da bacia do Machado, comparando-os com a Resolução CONAMA n.º 357/2005 para a verificação da qualidade dos recursos hídricos.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área de Estudo**

O estado de Rondônia está localizado na região Norte do Brasil, possuindo 52 (cinquenta e dois) municípios e uma área de

aproximadamente 237.765,347 km<sup>2</sup>. O estado possui população estimada em 1.796.460 habitantes e uma densidade demográfica de 6,58 hab.km<sup>2</sup> (IBGE, 2020).

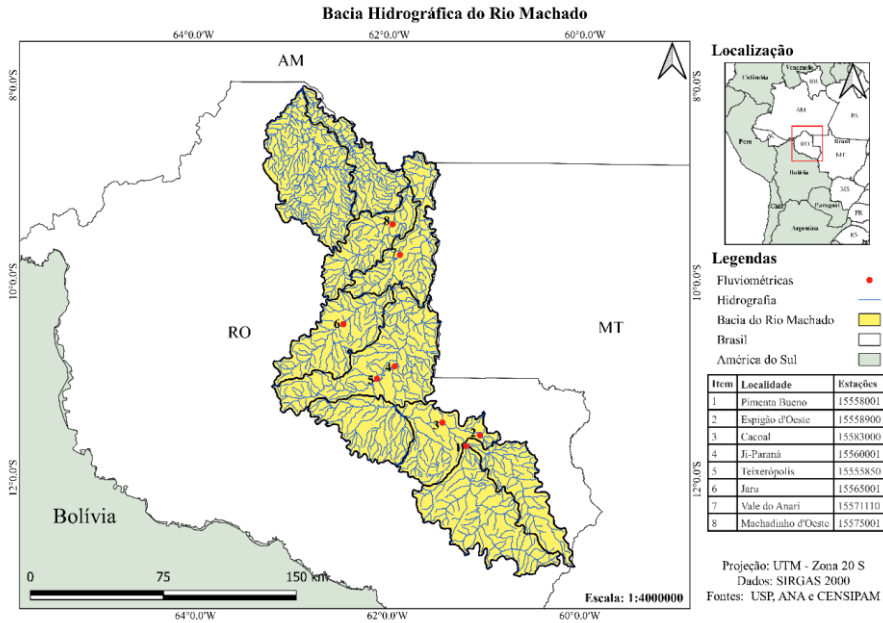
O Decreto Estadual n.º 10.114/2002 estabelece a Divisão Hidrográfica do Estado de Rondônia em sete bacias hidrográficas, sendo: Bacia Hidrográfica do Rio Guaporé; Bacia Hidrográfica do Rio Mamoré; Bacia Hidrográfica do Rio Abunã; Bacia Hidrográfica do Rio Madeira; Bacia Hidrográfica do Rio Jamari; Bacia Hidrográfica do Rio Machado; e Bacia Hidrográfica do Rio Roosevelt.

O presente artigo foi realizado com base nos dados observados da bacia do rio Machado (Figura 1), a qual compreende os municípios de Machadinho d'Oeste, Vale do Anari, Jaru, Teixerópolis, Ji-Paraná, Cacoal, Espigão D'Oeste e Pimenta Bueno.

De acordo com Silva (2020), o rio Machado possui uma extensão de aproximadamente 1.243 km desde a nascente, localizada no rio Pimenta Bueno, até seu exutório no rio Madeira, ao norte do estado. O estado de Rondônia apresenta duas estações durante o ano, porém, de forma bem intensificadas, sendo essas a seca e a chuvosa, com temperatura média anual de aproximadamente 26,2 °C, sendo que a média das temperaturas máximas são de 31,5 °C, e a média das temperaturas mínimas é de 20,9 °C (MANGABEIRA, et al., 2011).

Conforme o Rio Terra (2014), o índice pluviométrico médio anual dos últimos 17 anos foi de 1950 mm, apontando-se índices mensais médios de até 320 mm nos meses chuvosos e quase nulos nos meses secos, e registrando-se uma média de 152 dias anuais com chuvas.

A Figura 1 representa a localização da bacia em estudo, suas estações fluviométricas e sua hidrografia.



**Figura 1** - Mapa de caracterização da área de estudo.

Dias (2015) aponta que a bacia hidrográfica do rio Machado é classificada como equatorial, quente e úmido, em que a maior parte da bacia possui um clima úmido, com período de três meses secos por ano, e uma pequena área mais ao norte da bacia tem período de um a dois meses secos.

Segundo a CPRM (2010), devido a estas características climáticas, desenvolvem-se, em geral, solos muito espessos e lixiviados, com baixa fertilidade natural, em ambiente de intenso intemperismo químico.

A geografia do estado de Rondônia é caracterizada por um domínio de terrenos planos, em grande parte combinados por rochas metamórficas, ígneas e sedimentares de múltiplas idades, resultantes de longos períodos de nivelamento generalizado do relevo da região. Essas superfícies estão posicionadas em cotas entre 100 (cem) metros e 300 (trezentos) metros acima do nível do mar, de forma não escalonada (CPRM, 2010). Já quanto às características dos tipos de solo da bacia, os autores afirmam que



esta é variada, pois é composta por diferentes tipos e características, tais como: latossolos, argissolos, neossolos, gleissolos e cambissolos (CPRM, 2007; RIO TERRA, 2014).

## **2.2. COLETA E ANÁLISE DE DADOS**

Primeiramente foi realizado um levantamento bibliográfico das características da bacia do rio Machado, assim como dos parâmetros de qualidade obtidos através das estações de monitoramento, nos oito trechos da bacia em estudo. Os valores dos parâmetros de qualidade foram obtidos através do Qualiágua, inserido no Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos. Os dados analisados compreendem o período dos anos de 2016 a 2018. Os mesmos foram separados por trechos (rios e municípios) e tabelados, a fim de uma melhor interpretação para cada trecho da bacia.

Logo após, foi realizado um levantamento dos valores estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 357/2005, sendo considerados os padrões definidos para água doce de classe 2, haja vista o fato de que o estado de Rondônia não possui enquadramento dos seus corpos hídricos.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados foram obtidos através do Sistema Estadual de Recursos Hídricos, situado na Secretaria do Estado de Desenvolvimento Ambiental - SEDAM. É importante frisar que há falhas nos dados dispostos referentes a alguns parâmetros, conforme pode ser observado na Tabela 1.

**Tabela 1 – Parâmetros de qualidade da bacia do rio Machado.**

Estação Cidade	Coleta	OD	pH	Turbidez	Estação Cidade	Coleta	OD	pH	Turbidez
<b>15558001 (Pimenta Bueno)</b>	07/11/2016	6,75	6,36	33	<b>1555850 (Teixeiró -polis)</b>	21/10/2016	8,15	8,22	16
	06/02/2017	6,81	8,99	70		20/01/2017	6,24	8,43	49
	10/05/2017	6,8	6,58	69,56		21/04/2017	6,31	5,46	3,8
	08/08/2017	8,1	8,65	7,08		20/07/2017	6,93	2,39	1,89
	07/11/2017	6,44	6,82	78,46		26/10/2017	7,66	7,87	9,45
	08/02/2018	6,63	6,84	47,61		18/02/2018	6,42	6,77	24,74
	06/04/2018	6,72	6,71	84,08		10/05/2018	6,93	6,98	23,81
	11/07/2018	8,18	6,91	10,9		18/07/2018	8,4	7,79	12,39
	19/09/2018	6,79	6,77	17		18/09/2018	7,22	7,46	5,72
	12/12/2018	6,41	6,23	56,26		11/12/2018	5,15	6,19	18,7
	20/03/2019	6,68	7,23	28,28		19/03/2019	6,33	7,09	17,69
<b>15558900 (Espigão D'Oeste)</b>	25/10/2016	5,76	6,85	146	<b>15565001 (Jarú)</b>	20/10/2016	7,97	7,39	18
	24/01/2017	6,41	8,29	58		19/01/2017	6,51	8,38	34
	25/04/2017	6,54	6,7	38,92		20/04/2017	5,66	8,99	24,77
	24/07/2017	8,44	6,09	10,13		19/07/2017	7,39	3,8	14,7
	29/10/2017	7,52	7,53	18,11		25/10/2017	7,55	7,51	11,98
	07/02/2018	5,22	6,54	46,32		04/02/2018	6,74	7,04	38,76
	05/04/2018	5,95	6,8	22,63		02/04/2018	5,94	6,64	36,25
	11/07/2018	8,37	7,28	12,07		26/06/2018	8	7,3	10,07
	19/19/2018	6,54	6,98	69,81		18/09/2018	5,32	6,85	21,5
	12/12/2018	5,7	6,31	37,8		13/12/2018	6,23	6,36	55,04
	20/03/2019	6,05	7,09	13,85		19/03/2019	6,51	7,37	21,76
<b>15583000 (Cacoal)</b>	24/10/2016	6,78	7,46	53	<b>15571110 (Vale do Anari)</b>	19/10/2016	7,45	7,32	15
	23/01/2017	6,73	8,39	181,7 4		18/01/2017	6,7	8,3	51
	24/04/2017	5,66	6,45	53,08		19/04/2017	5,63	7,11	511,0 6
	22/07/2017	7,58	8,24	6,75		18/07/2017	5,98	1	1,4
	28/10/2017	7	7,38	43,8		24/10/2017	7,18	6,99	17,33

	06/02/2018	5,83	6,82	46,92		04/02/2018	6,78	6,91	41,2
	04/04/2018	6,63	6,99	43,65		17/04/2018	5,95	6,59	40,37
	11/07/2018	8,26	7,39	20,59		27/07/2018	8,34	7,41	6,32
	19/09/2018	7,34	7,22	26,47		04/09/2018	8,96	7,54	8,19
	12/12/2018	6,62	6,71	42,31		29/11/2018	6,21	7,07	64,35
	20/03/2019	6,44	7,18	25,76		27/02/2019	3,25	6,02	26,03
<b>15560001 (Ji-Paraná)</b>	22/10/2016	6,61	7,04	24	<b>15575001 (Machadinho D'Oeste)</b>	18/10/2016	6,83	6,38	20
	21/01/2017	6,76	8,27	66		17/01/2017	6,72	7,68	33
	22/04/2017	7,23	4,79	24,48		17/04/2017	5,85	6,55	15,26
	19/07/2017	7,39	3,8	14,7		17/07/2017	7,78	5,79	4,27
	27/10/2017	7,19	7,16	29,39		23/10/2017	7,71	6,91	24,12
	05/02/2018	6,68	6,81	45,46		02/02/2018	5,97	5,83	28,06
	03/04/2018	6,49	6,68	70,16		16/04/2018	6,04	6,19	21,4
	26/06/2018	8,52	7,44	10,43		26/07/2018	8,29	6,5	14,86
	18/09/2018	5,32	6,85	21,5		04/09/2018	8,14	6,59	19,45
	13/12/2018	6,23	6,36	55,04		29/11/2018	6,51	5,6	51,25
	19/03/2019	6,51	7,37	21,76		27/02/2019	6,05	5,81	20,94
Valor de Referência Resolução CONAMA n.º 357/2005, classe 2: Oxigênio Dissolvido (OD): não inferior a 5 mg/L O <sub>2</sub> ; pH: 6,0 A 9,0; Turbidez: Até 100 UNT.									
<b>Fonte:</b> Elaborado pelos autores.									

Assim, considerando os parâmetros expostos acima na Tabela 1, é possível realizar uma análise da qualidade da água da bacia do rio Machado em vários trechos que a mesma compreende. Para o rio Pimenta, localizado no município de Pimenta Bueno, observa-se que os valores apresentados estão de acordo com o que a Resolução CONAMA n.º 357/2005 preconiza.

Krusche et al. (2005) mencionam que as nascentes da bacia do rio Machado são formadas pelos rios Comemoração e Pimenta Bueno, e que esse trecho inicial apresenta baixo nível de alteração

do uso de cobertura do solo, o que pode justificar os valores encontrados respectivos ao rio no trecho da bacia em estudo.

No trecho da bacia que compreende o rio Ribeirão Grande, localizado no município de Espigão D'Oeste, foi observada apenas a turbidez no período de coleta do dia 25 de outubro de 2016, com valor de 146 UNT, estando acima dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 357/2005. Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, houve chuvas isoladas no período de outubro de 2016, porém, esta leve discrepância apontada nos valores de turbidez, quando comparados aos padrões da Resolução CONAMA n.º 357/2005, pode estar associada a estes eventos.

Já o trecho que compreende o rio São Pedro apresentou apenas a turbidez do período de 23 de janeiro de 2017, com valor de 181,74 UNT, o que ultrapassa o nível aceitável estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 357/2005. É importante ressaltar que, no mês correspondente à coleta observado no Sistema de Monitoramento Meteorológico que está inserido no sítio da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM (2017), houve eventos de altas taxas de precipitações, o que pode influenciar no aumento da turbidez.

De acordo com a Fundação Nacional de Saúde – FUNASA (2014), a turbidez nos corpos hídricos é mais elevada em regiões de solos com maiores potenciais erosivos, onde a chuva pode ocasionar o carreamento de partículas do solo. Outro fator a se destacar é que grande parte das águas dos rios brasileiros são turvas naturalmente, devido às características geológicas das bacias de drenagem, à ocorrência de altos índices pluviométricos e ao uso de práticas agrícolas, muitas vezes de forma inadequada (BRASIL, 2014).

A Tabela 1 mostra também os parâmetros de qualidade do trecho que percorre o município de Ji-Paraná, sendo possível verificar que apenas o pH apresentou valores abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 357/2005, sendo estes

4,79 e 3,8 para os períodos de 22 de abril de 2017 e 19 de julho de 2017, respectivamente. É imprescindível apontar que entre outubro e março é considerado um período chuvoso no sul da Amazônia (BERNINI, 2012), e de maio a outubro, um período de estiagem, dando ênfase aos meses de junho, julho e agosto como sendo os mais críticos (ANDRADE, 2011). É possível confirmar isso através da citação do Rio Terra (2014), que assinala que o estado de Rondônia possui duas estações definidas, sendo elas: verão, entre os meses de maio e outubro, marcado pela estabilidade do ar e com baixa pluviosidade, sendo a média total neste período de 750 a 800mm, e inverno, entre novembro e abril, elevando sua taxa de precipitação, registrando médias de até 90mm em apenas um dia.

Silva (2020) aponta que, no período da vazante, o rio Machado apresenta uma maior variação do pH, o que pode justificar os valores encontrados, haja vista que o período mencionado é relativo à época da vazante, o que implica na qualidade hídrica do rio e numa diminuição da capacidade de renovação de suas águas.

Krusche (2005) ressalta que o nível de ocupação do rio Machado é considerado alto, o que contribui para a alteração dos índices de qualidade da bacia. Cabe mencionar que o rio Machado passa pela área urbana do município de Ji-Paraná, dividindo-o em dois distritos, os quais possuem ocupação de residências, comércios e indústrias, recebendo concentrações de efluentes domésticos.

Silva (2020) afirma que a influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais se relaciona com os efeitos sobre a fisiologia das espécies, com os critérios de proteção da vida aquática de pH entre 6 e 9, onde a presença de ácidos húmicos e fúlvicos, os quais são originados através de substâncias orgânicas não mineralizadas no solo da floresta e da degeneração de compostos orgânicos presentes em folhas, cooperam para a acidez das águas dos rios amazônicos, sendo consideradas como naturais.

Outro fator que justifica a baixa do pH é o aumento nos teores de gás carbônico, um dos subprodutos do processo respiratório microbiano, sendo que esse aumento das concentrações de CO<sup>2</sup>, convertido em ácido carbônico na água, pode apresentar uma queda no pH da água, tornando-a mais ácida (VON SPERLING, 2005).

Observa-se que, mesmo com uma ocupação elevada da bacia nesse trecho, a maioria dos parâmetros estão dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 357/2005. Santos (2012) descreve o rio Ji-Paraná como possuidor de potencial de restabelecimento, indicando uma maior capacidade de autodepuração do curso d'água, o que pode justificar os resultados apresentados para o trecho compreendido da bacia em estudo.

O trecho que passa pelo município de Teixeiraópolis se comportou bem similarmente ao trecho que percorre o município de Ji-Paraná, apresentando a maioria dos parâmetros com valores dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 357/2005. Foi detectado apenas o pH abaixo do padrão estabelecido, sendo ele com valores de 5,46 e 2,39, para os períodos de 21 de abril de 2017 e 20 de julho de 2017, respectivamente, sendo ambos considerados ácidos.

A Tabela 1 também apresenta os parâmetros do trecho da bacia do Machado que compreende o rio Jaru, onde foi verificado que apenas o pH estava com valor de 3,8 para o período de 19 de julho de 2017, sendo considerado baixo (ácido), conforme estabelecido na Resolução CONAMA n.º 357/2005. Cabe mencionar que a localização da estação fluviométrica da sub-bacia do rio Jaru encontra-se em perímetro urbano.

O rio Jaru recebe descargas de efluentes domésticos, provenientes do igarapé Mororó, e industriais, no entanto, se encontra à jusante da estação fluviométrica, o que pode justificar os resultados dentro do esperado na resolução. O pH das águas dos rios amazônicos tem até um certo grau de relacionamento com o

ambiente geológico (Starllard e Edmond, 1987). Os minerais silicatados influenciam, juntamente com o  $\text{CO}_2$ , as reações do meio aquoso e conferem forte poder de tamponamento às águas. Assim sendo, a matéria orgânica tende a aumentar a acidez da água, a geologia e os sedimentos em suspensão contribuem para manter o pH próximo à neutralidade, mas a dissolução dos silicatos eleva o pH das águas (QUEIROZ, 2009).

O trecho da bacia que compreende o rio Machado inserido no município de Vale do Anari também é demonstrado através da Tabela 1, onde é possível observar que apenas no dia 27 de fevereiro de 2019 o oxigênio dissolvido (OD) estava abaixo de 5, o que é considerado um valor baixo, considerando a Resolução CONAMA n.º 357/2005. Ressalta -se que valores abaixo de 5, para o OD, são indicativos da presença de matéria orgânica. Ainda foi possível verificar que o parâmetro pH, em 18 de julho de 2017, estava muito inferior ao padrão da resolução, sendo considerado um pH ácido.

Silva (2020) aponta que o rio Anari deságua praticamente no núcleo do curso do rio Machado, no município do Vale do Anari, prevalecendo nestas áreas as atividades agropecuárias, substituindo as florestas nativas por pastagens. A autora ainda ressalta que nas bacias, tanto do rio Jarú quanto do rio Anari, as condições ambientais referentes ao uso e conservação do solo e preservação das águas são consideradas precárias.

Outro parâmetro observado na Tabela 1, para o rio Machado, foi a turbidez, a qual apresentou um valor consideravelmente elevado em 19 de abril de 2017 (511,06 UNT), se comparado com o estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 357/2005, que estabelece um padrão de até 100 UNT para águas doces de classe 2. Tal valor pode estar relacionado à incidência de chuva nas últimas 24 horas – conforme dados obtidos pela planilha do Qualiágua, inserida no Sistema Estadual de Recursos Hídricos –, o que contribuiu para a elevação da turbidez do referido rio.

Geralmente a principal causa da elevação da turbidez é a ocorrência através das erosões dos solos nos períodos intensos de chuvas, quando é transportada uma quantidade elevada de material sólido para os corpos hídricos através do escoamento superficial.

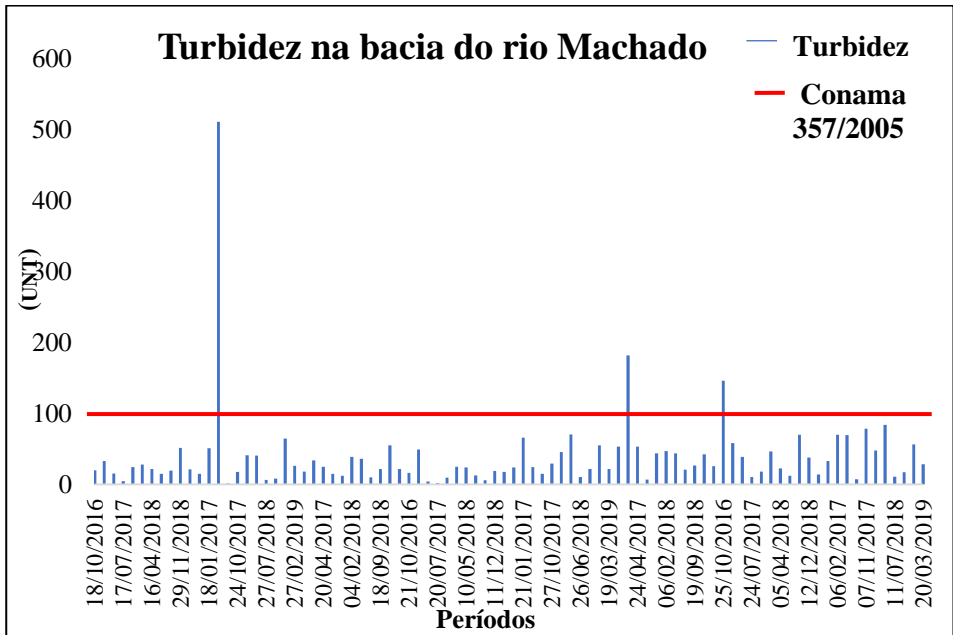
A Tabela 1 aponta valores dos parâmetros de qualidade referentes ao rio Machadinho, inserido no município de Machadinho D'Oeste, sendo possível observar que os parâmetros de oxigênio dissolvido e turbidez estavam com valores aceitáveis pela Resolução CONAMA n.º 357/2005, em todos os períodos coletados. No entanto, durante os períodos de 17 de julho de 2017, 2 de fevereiro de 2018 e 29 de novembro de 2018, o parâmetro pH estava fora dos padrões, com valores abaixo de 6,0. O pH é considerado uma variável muito importante, que pode ser influenciada por diversos fatores, como descargas de efluentes industriais e domésticos, e por processos bioquímicos que ocorrem de forma natural nos corpos hídricos (VON SPERLING, 2005).

De acordo com o Portal da Qualidade das Águas – PNQA da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2004), o pH afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas, e essas alterações nos valores de pH podem aumentar o efeito de substâncias químicas tóxicas para os organismos aquáticos, tais como os metais pesados.

Conforme análise realizada, foi possível verificar que, de todos os trechos estudados, apenas o rio Pimenta, que envolve o município de Pimenta Bueno (Tabela 1) apresentou todos os resultados dentro dos parâmetros. Desta forma, conforme a CONAMA 357/2005, o trecho apresenta-se bem preservado.

Na Figura 2, é possível verificar o comportamento da turbidez na bacia do rio Machado durante o ano de 2016 a 2018.



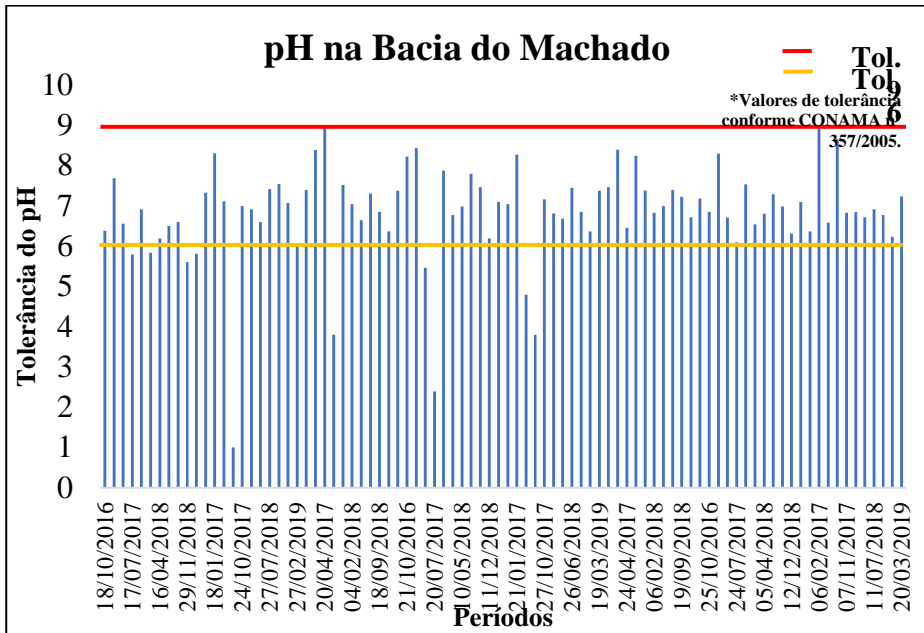


**Figura 2** - Comportamento de turbidez na bacia do rio Machado.

O Gráfico acima apresenta o comportamento da bacia, onde a linha vermelha representa o valor padrão permitido pela Resolução CONAMA n.º 357/2005, a qual determina até 100 UNT para rios de Classe 2. Dessa forma, observa-se que, durante o período estudado, o parâmetro turbidez se mantém dentro dos limites estabelecidos, em sua maior parte do tempo, tendo apenas alguns picos de elevação.

Outro fator que deve ser apontado na bacia do rio Machado é que apenas os períodos de setembro, novembro e dezembro do ano de 2018 contêm informações de coletas e dados completos. Sendo assim, foram realizados gráficos desses períodos a fim de verificar o comportamento desses parâmetros nos meses acima mencionados.

Também é possível observar o comportamento do pH na bacia do rio Machado para os períodos estudados, conforme a Figura 3.



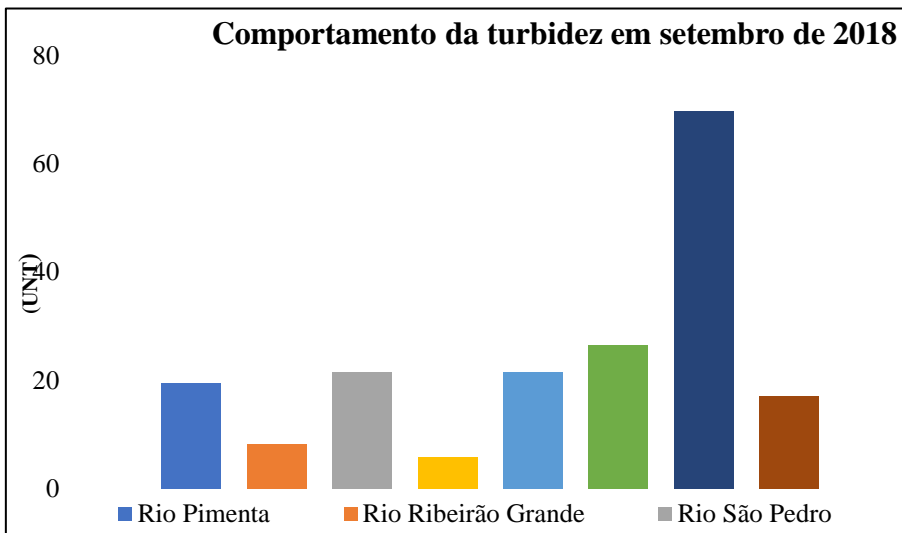
**Figura 3** – Comportamento do pH na bacia do rio Machado.

Conforme a CETESB (2021), o pH 7 é neutro. Acima deste valor é considerado alcalino, e abaixo é considerado ácido. Vê-se, na Figura 3, o comportamento do pH na bacia, que na maior parte do tempo permanece neutro, porém, em alguns momentos ocorrem picos de acidez. Valores de pH entre 7 e 8 são considerados adequados para os peixes de água doce (CETESB, 2021).

Deste modo, Mendes e Ferreira (2014) dizem que a sazonalidade climática influenciou o pH, a turbidez e a cor aparente, demonstrando sensibilidade desses parâmetros com a precipitação. Pode-se deduzir que no período de chuva esses resultados tendem a ser mais inferiores, devido ao fato de que a chuva contém teor de ácidos orgânicos, diminuindo desta forma os valores de pH, tornando-os ácidos.

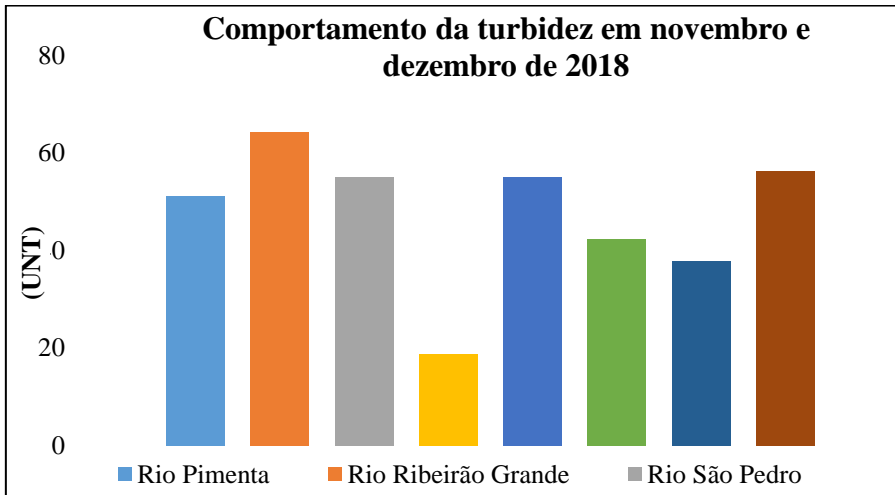
O pH tende a sofrer interferência das estações anuais, das atividades microbianas, das quantidades de matérias orgânicas depositadas no corpo hídrico, da cobertura vegetal assim como das características do solo do local, dispostos no curso d'água da região (ALENCAR et al., 2019).

Conforme os dados meteorológicos observados na Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM (2019), o mês de setembro pode ser considerado um mês de mudança do período seco para o período chuvoso, já os meses de novembro e dezembro são considerados como intensos, no que se refere ao período chuvoso, quando os índices de precipitações são considerados bem elevados em diversos municípios do estado de Rondônia.



**Figura 4** – Comportamento de turbidez no mês de setembro de 2018 para a bacia do rio Machado.

Assim, é possível comparar o comportamento dos parâmetros nos períodos de setembro, novembro e dezembro do ano de 2018, como pode ser observado nas Figuras 4 e 5, conforme dados coletados do Qualiágua, podendo-se analisar o comportamento desses parâmetros conforme a Resolução CONAMA n.º 357/2005.



**Figura 5** - Comportamento de turbidez nos meses de novembro e dezembro de 2018 para a bacia do Machado.

Pode-se verificar que os valores de turbidez se elevam nos períodos de novembro e dezembro; supõe-se que tais valores elevados podem ser consequências de altos índices de precipitações.

O período chuvoso da região amazônica é caracterizado pela alta incidência de precipitações, as bacias hidrográficas recebem volumes abundantes de água, o que se traduz em vazões altas, muito superiores àquelas verificadas no período de estiagem, provocando aumento da velocidade do fluxo hídrico e uma maior turbulência das águas (CPRM, 2013).

Arcova e Cicco (1999) afirmam que, com o aumento das chuvas e consequente aumento dos sólidos em suspensão, há o aumento nos valores de turbidez nos meses chuvosos, dificultando a penetração da luz no corpo d'água. Com isso pode ocorrer a redução da fotossíntese nas algas, fitoplâncton, e diversos outros microrganismos presentes no corpo hídrico, podendo ocasionar um desequilíbrio na fauna e flora aquáticas.

O Portal da Qualidade das Águas – PNQA da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2004) nos diz que o

lançamento de efluentes é considerado fonte significativa de elevação do nível de turbidez dos corpos hídricos. Este fator acarreta o aumento de produtos químicos utilizados nos tratamentos de água, elevando desta forma os custos operacionais das estações de tratamento.

Outro ponto que pode contribuir para a elevação da turbidez é a retirada da vegetação no entorno das bacias, a ponto de aumentar o assoreamento dos rios, favorecendo as erosões e, conseqüentemente, ocasionando a elevação da turbidez das águas.

Vale mencionar que no início do processo de consolidação do território do rio Machado a bacia do rio que o batizou encontrava-se em processo avançado de degradação, principalmente pela falta das matas ciliares em muitos trechos do rio. Assim, com o planejamento e execução de ações coletivas, as Áreas de Preservação Permanente (APP) estão sendo recuperadas, reconstituindo-se, assim, corredores ecológicos da bacia do rio Machado (RIO TERRA, 2014).

Foi observado que, de forma geral, a bacia se encontra dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 357/2005. Destacam-se também suas características, que tendem a influenciar para uma melhor preservação. Silva (2020) diz que a Reserva Biológica do Jaru desempenha um papel importante na preservação da bacia do rio Machado devido aos seus afluentes servirem como diluidores da carga poluidora transportada para o rio Machado ao longo de seu curso, tributando para o seu processo de autodepuração.

#### **4. CONCLUSÃO**

Durante a comparação dos dados coletados com a Resolução CONAMA n.º 357/2005, foi possível observar que a maioria dos parâmetros, nos diversos trechos e períodos entre os anos de 2016 e 2018, estavam dentro do padrão estabelecido, chamando atenção

apenas para o pH e a turbidez, que estavam aparentemente elevados.

O pH é imprescindível para a análise da qualidade dos corpos hídricos, podendo ser influenciado por diversos fatores, como o lançamento de efluentes domésticos e industriais, assim como por processos naturais que ocorrem nos corpos d'água. Outro ponto relevante é que a alteração do pH nos corpos hídricos pode afetar o metabolismo de várias espécies aquáticas, aumentando o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos.

Durante a análise da bacia, foi verificada uma oscilação nos resultados de turbidez dos meses de setembro, novembro e dezembro, o que foi relacionado ao aumento da precipitação. É de suma importância mencionar que, mesmo ocorrendo oscilações, permaneciam dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 357/2005, observando-se apenas alguns picos de elevação.

Vale salientar que os parâmetros de qualidade analisados se comportam de maneira bem semelhante em todos os trechos da bacia do rio Machado, atendendo, na maioria das vezes, aos padrões estabelecidos para a Classe 2 da Resolução CONAMA n.º 357/2005.

Outro ponto a se destacar é a capacidade de autodepuração do corpo hídrico em estudo, uma vez que a Reserva Biológica do Jarú contribui para a preservação da bacia do rio Machado diluindo as cargas poluentes recebidas nos diversos trechos da bacia.

As Áreas de Preservação Permanente (APP) são de suma importância para o equilíbrio do meio ambiente, e a indevida ocupação dessas áreas influencia direta e indiretamente na qualidade dos corpos hídricos, resultando muitas vezes, na elevação da matéria orgânica, alteração do pH, diminuição do oxigênio dissolvido, elevação da turbidez, entre outras consequências.

Salienta-se que a ocorrência de processos naturais também influencia na qualidade do corpo hídrico, como a ocorrência de precipitações, a decomposição vegetal e o escoamento superficial, entre outros fatores.

Desta forma, o presente trabalho poderá servir de subsídio para estudos mais aprofundados da bacia do rio Machado, quanto à qualidade dos corpos d'água e quanto ao processo de reconstituição dos corredores ecológicos, que são fundamentais para se manter o equilíbrio dos recursos hídricos.

## 5. AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Prof'Água, Projeto CAPES/ANA AUXPE n.º 2717/2015. Ao Campus Ji-Paraná da Fundação Universidade Federal de Rondônia.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR, V. E. S. A., DA ROCHA, E. P., JÚNIOR, J. A. S., CARNEIRO, B. S.; Análise de parâmetros de qualidade da água em decorrência de efeitos da precipitação na baía de Guajará – Belém– PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n.02, 661-680. 661, 2019.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Portal da Qualidade das Águas – PNQA**, 2004. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

\_\_\_\_\_. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno**. Brasília: ANA, 2017. p. 169.

ANDRADE, L. R. **Análise temporal do uso e ocupação da terra como subsídio à gestão da Bacia do Rio Boa Vista, Ouro Preto do Oeste, Rondônia**. 2011. Monografia (Graduação) – Departamento

de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná- Rondônia, 2011.

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, São Paulo. **Scientia Forestalis**, n.56, p.125-134, 1999.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014. 112 p. 1. Controle da qualidade da água. 2. Aspectos Técnicos. I. Título. CDU 628.1, 2014.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005**. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional.

BERNINI, H. **Diagnóstico da perda de solo por erosão hídrica para planejamento de conservação e manutenção de mananciais de abastecimento público: o caso de Espigão d'Oeste – RO. 2012**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2012.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Índice de Qualidade das Águas**. São Paulo, 2014. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Ap%C3%AAndice-D-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

\_\_\_\_\_. **Mortandade de Peixes, pH**. São Paulo, 2021. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/ph/>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil - **Mapa de geodiversidade. Rondônia**. 2007. Disponível em: <<https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/16731>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

\_\_\_\_\_. **Geodiversidade do estado de Rondônia, Organização Amilcar Adamy**. Porto Velho, 337 p., 2010. Disponível em:



<<https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/16731>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

----- . **Avaliação do Processo Erosivo Fluvial em Vila Calama, Rio Madeira.** Porto Velho, Rondônia, 2013. Disponível em: <[https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15395/2/Relat%20%b3rio%20T%20c3%a9cnico%20Calama\\_03\\_04\\_13\\_Vers%20c3%a3o%20definitiva.pdf](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15395/2/Relat%20%b3rio%20T%20c3%a9cnico%20Calama_03_04_13_Vers%20c3%a3o%20definitiva.pdf)>. Acesso em: 19 jun. 2021.

DIAS, R. H. S. **Análise do Uso e Ocupação do Solo e do Comportamento da Bacia Hidrográfica do Rio Machado em Eventos Hidrológicos Extremos.** 2015. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2015.

FERREIRA, L. C.; **Comparação de Leituras de Turbidez de Amostras de Água Bruta e Tratada em Diferentes Equipamentos: Contribuições à Portaria MS Nº 2914/2011.** 2018. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de Magister Scientiae. Viçosa, Minas Gerais, 2018.

GIRARDI, R.; PINHEIRO, A.; VENZON, P. T., Parâmetros de qualidade de água de rios e efluentes presentes em monitoramentos não sistemáticos. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 16, e2, 2019. 10.21168/reg. v16e2. Disponível em: <[https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/210/7c4e06d8eab5c782573976459ed54e26\\_adb30b192105c057d553903761828021.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/210/7c4e06d8eab5c782573976459ed54e26_adb30b192105c057d553903761828021.pdf)>. Acesso em: 19 jun. 2021.

GONÇALVES, Ana Paula Alves. **Contribuições para implantação do comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Jarú – Baixo Machado, RO.** 71 f., 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Fundação Universidade Federal de Rondônia, Campus de Ji-Paraná, 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados. 2020.** Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível:

<<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ro.html>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Meteorológicos**. Dados Históricos Anuais – 2016. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeto Prodes – Monitoramento da floresta Amazônica brasileira por satélite, estimativas anuais desde 1988**. 2006. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>. Acesso em: 16 de jun. de 2021.

KRUSCHE, A.V.; BALLESTER, M.V.R.; VICTORIA, R.L.; BERNARDES, M.C.; LEITE, N.K.; HANADA, L.; VICTORIA, D.C.; TOLEDO, A.M.; OMETTO, J.P.; MOREIRA, M.Z.; GOMES, B.M.; BOLSON, M. A.; GOUVEIA NETO, S.; BONELLI, N.; DEEGAN, L.; NEILL, C.; THOMAS, S.; AUFDENKAMPE, A.K.; RICHEY, J.E. Efeitos das mudanças do uso da terra na biogeoquímica dos corpos d'água da bacia do Rio Ji-Paraná, Rondônia. **Acta Amazônica**, v. 35(2): 197-205, 2005. Disponível em: <<https://acta.inpa.gov.br/fasciculos/35-2/PDF/v35n2a09.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

LOPES, V. M. **Identificação dos usos e diagnóstico da qualidade da água em trecho do rio Machado – Rondônia – Brasil**. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos), 166 f., 2020. Fundação Universidade Federal de Rondônia, Campus de Ji-Paraná, 2020.

MANGABEIRA, J. A. C.; GREGO, C. R.; SÉRGIO, G. T.; ROMEIRO, A. R. Geoestatística aplicada à socioeconomia: estudos de caso em Machadinho d'Oeste, RO. **Embrapa Territorial-Documentos (INFOTECA-E)**, Campinas, SP, 2011.

MENDES, L. DA S., FERREIRA, I. M.; Influência da sazonalidade na qualidade da água bruta no município de Ituiutaba – MG. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v.10, 97-105, 2014.

OROSCO, R. T. **Conflitos na Gestão de Recursos Hídricos no Brasil: O caso da interligação Jaguari – Atibainha na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul**. III Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Agosto de 2018. Juiz de Fora. Minas Gerais.

QUEIROZ, M. M. A.; HORBE, A. M. C.; SEYLER, P; MOURA, C. A. V.; Hidroquímica do rio Solimões na região entre Manacapuru e Alvarães – Amazonas, Brasil. **Acta amazonica**, v. 39, p. 943-952, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000400022>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

RIO TERRA. Território Rio Machado. **Plano territorial de desenvolvimento rural sustentável**. Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA Secretaria de Desenvolvimento Territorial – SDT. Centro de Estudos da Cultura e do Meio Ambiente da Amazônia – RIOTERRA. Porto Velho, Rondônia, 2014. Disponível em: <[http://rioterra.org.br/pt/wp-content/uploads/2016/03/PTDRS-TRM-2014\\_VF\\_ISBN.pdf](http://rioterra.org.br/pt/wp-content/uploads/2016/03/PTDRS-TRM-2014_VF_ISBN.pdf)>. Acesso em: 16 jun. 2021.

RONDÔNIA. Governo do Estado de Rondônia. Coordenadoria de Recursos Hídricos – COREH, Sistema Estadual de Informações de Recursos Hídricos, Divulgação de dados: **Monitoramento Qualiágua**, 2019. Disponível em: <http://coreh.sedam.ro.gov.br/sistema-de-informacoes-de-recursos-hidricos/>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

\_\_\_\_\_. **Decreto n. 10.144, de 20 de setembro de 2002. Regulamenta a Lei Complementar nº 255, de 25 de janeiro de 2002**, que “Institui a Política, cria o Sistema de Gerenciamento e o Fundo de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia, e dá outras providências. Diário Oficial Executivo de Rondônia, Porto Velho, RO, 24 set. 2002. Disponível em: <<http://ditel.casacivil.ro.gov.br/COTEL/Livros/Files/D10114.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

\_\_\_\_\_. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia**. Disponível em: <<http://www.sedam.ro.gov.br/index.php/downloads.html?showall=&start=5>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

\_\_\_\_\_. Portal do Governo do Estado de Rondônia. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM. **Bacias dos Rios Machado e Jamari são as mais impactadas do total de sete existentes em Rondônia.** Rondônia, 2017. Disponível em: <<http://www.rondonia.ro.gov.br/bacias-dos-rios-machado-e-jamari-sao-as-mais-impactadas-do-total-de-sete-existentis-em-rondonia>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

SANTOS, A.; **Avaliação da Capacidade de Autodepuração do Rio Ji-Paraná (Rondônia), Através da Curva de Depleção do Oxigênio Dissolvido.** Trabalho de Conclusão de Curso, Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Campus de Ji-Paraná, 2012.

SILVA, Etienne Oliveira. **Hidrogeoquímica do Rio Machado e seus principais afluentes – Reserva Biológica do Jaru – Rondônia.** 168 f., 2020. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Fundação Universidade Federal de Rondônia, Campus de Ji-Paraná, 2020.

SNIRH - Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos –. **Portal Qualiágua.** Disponível em: <[http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#\\_ftn8](http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn8)>. Acesso em: 19 jun. 2021.

STALLARD, R.F.; EDMOND, J.M.; **Geochemistry of the Amazon. 3. Weathering Chemistry and limits of dissolved inputs.** Advancing Earth and Space Science – AGU, 15 de Julho de 1987. Disponível em: <<https://doi.org/10.1029/JC092iC08p08293>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** 3. ed. v.1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

## CAPÍTULO 44

# ANÁLISE DAS LEITURAS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS EM PONTOS DOS RIOS ABUNÃ E MAMORÉ: UM COMPARATIVO COM A RESOLUÇÃO CONAMA 357

**Ana Caroline Caetano de Souza<sup>155</sup>, Luciane da Silva Carvalho  
Oliveira<sup>156</sup>, Flavio Fagundes de Paula<sup>157</sup>, Márcia Cristina Luna<sup>158</sup>  
& Beatriz Machado Gomes<sup>159</sup>**

### 1. INTRODUÇÃO

Com o objeto de fornecer dados sobre a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), gerencia a Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), um conjunto de estações pluviométricas e fluviométricas espalhadas em toda a extensão do território nacional, que em 2019 possuía 23 mil unidades de coleta de dados, sendo 5 mil sob gerência direta da ANA, das quais 1.999 eram fluviométricas e 1.451 fornecem informações de qualidade da água (ANA, 2020).

No ano de 2013 a ANA criou a Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade de Água (RNQA), com o objetivo de apoiar e ampliar as redes de monitoramento em todas as Unidades Federativas (UFs), buscando padronizar e melhorar a qualidade

---

<sup>155</sup>Mestranda do Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) – UNIR. anacaroline.c.souza@gmail.com

<sup>156</sup> Mestranda ProfÁgua – UNIR. lucia\_necarvalho@hotmail.com

<sup>157</sup> Mestrando ProfÁgua – UNIR. engenharia.flaviofagundes@gmail.com

<sup>158</sup> Mestranda ProfÁgua – UNIR. marcialuna1@gmail.com

<sup>159</sup> Professora do ProfÁgua – UNIR. beatriz@unir.br

dos dados e das informações geradas. Foi lançado o Programa Qualiágua (Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água), com o intuito de que as UFs recebessem recursos financeiros de incentivo à produção de dados sobre qualidade da água (ANA, 2020).

O monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas são fatores primordiais para a adequada gestão dos recursos hídricos, permitindo a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas, essenciais para várias atividades de gestão, tais como: planejamento, outorga, cobrança e enquadramento dos cursos de água (ANA, 2017).

A Lei Federal n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997, conhecida como a Lei das Águas, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), apresenta inovações logo no seu artigo 1º, nos fundamentos da PNRH, ao definir a água como um bem de domínio público, um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. Define ainda a bacia hidrográfica como unidade territorial de implementação da política nacional de recursos hídricos e a descentralização da gestão com a participação do poder público, comunidade e usuários (BRASIL, 1997).

O monitoramento é essencial para a identificação de ações de recuperação de áreas degradadas, a adequação da destinação final de resíduos, o controle de enchentes, medidas de proteção e outras necessárias para a preservação dos ecossistemas. Sendo assim, este artigo tem por objetivo comparar os parâmetros químicos e físicos nas bacias hidrográficas dos rios Abunã e Mamoré coletados entre setembro de 2016 e março de 2019 com o CONAMA 357 de 2005, e analisar o grau de compatibilização desses dados com os estipulados para a classe II na Resolução.

A implementação da Lei das Águas e da Política Nacional de Recursos Hídricos e seus desdobramentos em planos estaduais com instrumentos de proteção ao meio ambiente é um

compromisso com as futuras gerações e deve ser defendida como um compromisso global, do qual nosso país é signatário. O pacto global concebido durante a Conferência das Nações Unidas sobre desenvolvimento sustentável no Rio de Janeiro, em 2012 (Rio+20), definiu 69 metas que integram 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) com prazo de alcance até 2030. Entre eles estão o ODS 6-Água Potável e Saneamento, e o ODS 10- Redução das Desigualdades, intrinsecamente relacionados com a proteção de nossos rios (ONU, 2015).

No estado de Rondônia, a Política Estadual de Recursos Hídricos foi instituída através da Lei Complementar Estadual n.º 255, de 25 de janeiro de 2000, e regulamentada pelo Decreto Estadual n.º 10.114 de 20 de setembro de 2002. O Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH/RO, que é um dos instrumentos da lei, elaborado em conformidade com a Resolução n.º 145 do CNRH de 12 de dezembro de 2012, apresenta diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos incluindo aspectos obrigatórios, como caracterização da bacia hidrográfica, aspectos físicos, bióticos, socioeconômicos, políticos e culturais, sendo algumas dessas análises importantes ao nosso estudo de caso (RONDÔNIA, 2018).

Segundo o art. 9º da Lei 9.433/1997, o enquadramento dos corpos d'água busca “assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas” e “diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes”, isto é, define a qualidade de água compatível com o uso preponderante, e se essa qualidade não for alcançada, é necessário estabelecer metas para sua efetivação (BRASIL, 1997).

A Resolução CONAMA n.º 357/05, por sua vez, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. No Art. 42, estabelece que, enquanto não aprovados os respectivos

enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe II, as salinas e salobras classe I, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente (BRASIL, 2005).

De acordo com o PERH, o estado de Rondônia não possui proposta de enquadramento dos corpos d'água. Em obediência ao que preconiza a Resolução CONAMA n.º 357/2005, os padrões de qualidade da água utilizados como base para o presente estudo serão considerados aqueles para classe II (RONDÔNIA, 2018).

## **2. DESENVOLVIMENTO**

O estado de Rondônia está situado ao sul da linha do Equador, na Região Norte do Brasil e possui 52 municípios e uma população de 1.787.279 habitantes (IBGE, 2016), com extensão total de aproximadamente 238.000 km<sup>2</sup> (PERH, 2018). A rede hidrográfica de Rondônia é representada pelo rio Madeira e seus afluentes, que formam as bacias hidrográficas do Guaporé, Mamoré, Abunã, Madeira, Jamari, Machado e Roosevelt.

### **2.1 Área de estudo**

A bacia hidrográfica do rio Mamoré abrange os Municípios de Guajará-Mirim, Campo Novo de Rondônia e Nova Mamoré, com 22.790,66 km<sup>2</sup>. Dados indicam uma população de 47.316 habitantes e uma taxa de urbanização de 87%, sendo a área total da bacia de 23.027 km<sup>2</sup>. (PERH/RO, 2018).

Já a bacia hidrográfica do rio Abunã está localizada no município de Porto Velho, com uma população urbana de 43.205 habitantes e uma taxa de urbanização de 84%, e área de aproximadamente 4.700 km<sup>2</sup>, numa região onde o grande número de cachoeiras e corredeiras dificulta a navegação (PERH/RO, 2018).

O rio Mamoré possui como os principais afluentes no solo brasileiro os rios Guaporé e Pacaás Novos. A Unidade Hidrológica



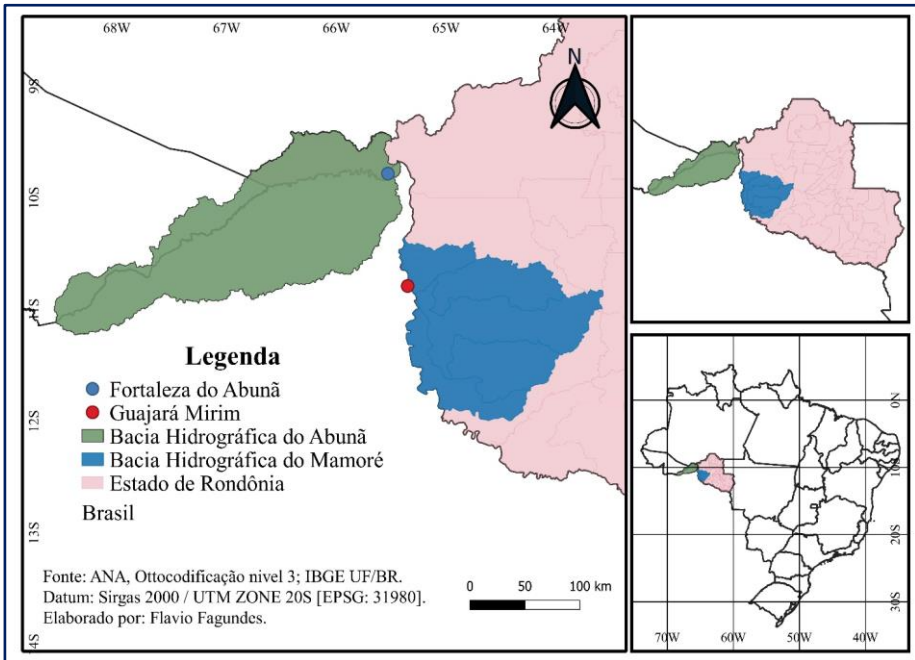
de Gestão (UHG) do rio Mamoré é definida nos mesmos limites da bacia hidrográfica, contendo quatro estações fluviométricas, sendo somente uma localizada no rio Mamoré e as demais localizadas na sub-bacia hidrográfica do rio Pacaás Novos. Assim como o Guaporé, o rio Mamoré é a divisa física entre o estado de Rondônia e a Bolívia. Já o rio Abunã possui apenas uma estação fluviométrica e ambos são formadores do rio Madeira.

A área em estudo é composta pelas bacias do rio Abunã, com exutório na estação fluviométrica n.º 15326001 e do rio Mamoré, com a estação fluviométrica de Guajará-Mirim n.º 12250005 sob controle e manutenção da SEDAM-RO, de acordo com os Quadro 1 e Figura 1.

**Quadro 1** - Estações Utilizadas Para Estudo.

<b>Nome</b>	<b>Rio</b>	<b>Código</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Dados</b>
Fortaleza do Abunã	Abunã	15326001	-9.78 -65.52	31.100	Qualidade
Guajará-Mirim	Mamoré	15250005	-10.79 -65.35	609.000	Qualidade

**Fonte:** Autores, (2021); Adaptado de ANA (2021).



**Figura 1** – Área de estudo.

**Fonte:** Autores, 2021.

## 2.2. Dados utilizados

Os dados de qualidade foram obtidos do Programa Qualiáguas, no site da SEDAM (Rondônia, 2021), extraídos para planilha do Excel. No ponto da estação Abunã, eles foram coletados entre setembro de 2016 e março de 2019, sendo que em 2016 e 2019 foram realizadas apenas duas por ano, em 2017 três e, em 2018, cinco coletas. No ponto da estação Mamoré as coletas foram realizadas entre setembro de 2016 e março de 2019, sendo que em 2016 foram feitas duas coletas, em 2017, três coletas, quatro coletas em 2018, e em 2019, duas coletas.

Com os dados fornecidos para a estação do rio Abunã (Quadro 2) e para a estação Guajará-Mirim bacia do Rio Mamoré (Quadro 3), foram separados os parâmetros Oxigênio Dissolvido – OD, Potencial de Hidrogênio – pH e Turbidez. Destes, foram elaborados gráficos para a observação de suas variações durante o ano hidrológico, destacando-se os períodos de seca e cheia.

**Quadro 2** – Estação Fortaleza do Abunã (15326001), Qualiágua SEDAM/RO.

Bacia	Cidade	Estação - Código ANA	Data da Coleta (dd/mm/aaaa)	Hora (hh:mm)	Número da medição	Posição horizontal da coleta	Posição vertical da coleta	Choveu em 24 h	Profundidade (m)	Vazão (m3/s)	Cond. Elétrica Esp. ( $\mu\text{S}$ a 25°C)	OD (mg/ L de O2)	pH	T da água (°C)	T do ar(°C)	Turbidez	Transparência (m)	Nitrato (ppm)	Cloreto (ppm)	Nitrogênio Amoniacal (ppm)
Rio Abunã	Porto Velho - Fortaleza do Abunã	15326001	28/09/2016	7:06	1	Centro	Superficial	N	0,55	N/A	168,3	7,97	7,85	29,77	0,2	25	N/A	N/A	N/A	N/A
			28/12/2016	9:36	2			N	0,55	N/A	104,3	7,21	7,28	29,32	7,2	524	N/A	N/A	N/A	N/A
			28/03/2017	1:06	3			N	0,6	N/A	20,67	2,45	6,13	27,66	6,3	1,36	N/A	N/A	N/A	N/A
			30/06/2017	4:06	4			N	0,54	N/A	43,43	6,57	7,32	29,11	6,82	15,22	N/A	N/A	N/A	N/A
			30/09/2017	2:30	5			N	0,54	N/A	17,19	6,9	6,53	30,37	2,9	10,18	N/A	N/A	N/A	N/A
			24/01/2018	2:54	6			N	0,361	N/A	12,55	2,51	5,23	25,98	5,98	39,14	N/A	N/A	N/A	N/A

			21/03/2018	5:30	7			N	0,316	N/A	72,06	3,74	6,69	27,5	4,87	505,9	N/A	N/A	N/A	N/A
			21/06/2018	1:48	8			N	0,331	N/A	9,2	8,11	6,09	23,59	9,22	25,61	N/A	N/A	N/A	N/A
			17/10/2018	7:03	9			N	0,28	N/A	13,9	6,64	5,94	31,25	3,7	43,46	0,4	1,38	1,639	0,02
			21/11/2018	4:38	9			N	0,23	257 ,727	13,7	5,69	5,44	27,92	2,23	86,72	0,2	1,38	1,639	0,09
			12/02/2019	6:29	1 0			N	0,37	358 ,627	11,1	3	4,98	26,24	9,3	20,19	0,4	0,515	1,706	0,01
			13/03/2019	5:00	1 1			N	0,225	174 6,23 9	10,2	2,39	4,88	26,51	2,21	17,17	0,6	0,061	0,571	0

S= Sim e N= Não; N/A= Não Analisado.

**Fonte:** Adaptado de Rondônia (SEDAM), 2021.

**Quadro 3** – Estação Guajará-Mirim (15250005), Qualiágua SEDAM/RO.

Bacia	Cidade	Estação - Código ANA	Data da Coleta (dd/mm/aaaa)	Hora (hh:mm)	Número da medição	Posição horizontal da coleta	Posição vertical da coleta	Choveu em 24 h	Profundidade (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Cond. Elétrica Esp. (µS a 25°C)	OD (mg/ L de O <sub>2</sub> )	pH	T da água (°C)	T do ar (°C)	Turbidez	Transparência (m)	Nitrato (ppm)	Cloreto (ppm)	Nitrogênio Amoniacal (ppm)
Mamoré	Guajará-Mirim	Rio Mamoré	15250005	29/09/2016	11:17	1	Centro	N	0,6	N/A	17,74	6,98	6,42	30	26,6	8	N/A	N/A	N/A	N/A
				30/12/2016	15:22	2		N	0,5	N/A	16,92	6,11	5,98	26,97	29,3	47	N/A	N/A	N/A	N/A
							Superficial													

			29/03/2017	08:49	3	N	0,47	N/A	85,3	4,98	12,2	27,99	31,5	533,37	N/A	N/A	N/A	N/A
			02/07/2017	08:31	4	N	0,53	N/A	79,75	7,26	3,56	26,1	26,6	183,28	N/A	N/A	N/A	N/A
			02/10/2017	14:42	5	N	0,33	N/A	178,04	7,64	7,93	30,22	29,63	11,75	N/A	N/A	N/A	N/A
			26/01/2018	12:18	6	N	0,383	N/A	76,33	1,26	6,56	28,86	28,28	228,74	N/A	N/A	N/A	N/A
			23/03/2018	15:53	7	N	0,245	N/A	77,22	1,31	6,54	28,55	26,45	88,26	N/A	N/A	N/A	N/A
			22/06/2018	06:35	8	N	0,289	N/A	57,55	3,48	6,56	22,96	22,12	56,91	N/A	N/A	N/A	N/A
			17/10/2018	08:20	9	N	0,345	N/A	185,1	7,61	7,52	31,28	31,8	10,46	0,6	0,95	5,52	0,01
			12/02/2019	08:11	10	S	0,33	N/A	47,5	1,95	6,08	27,53	27,46	80,91	0,2	0,504	1,816	0,01
			13/03/2019	07:30	11	N	0,224	N/A	63,1	1,77	6,54	28,04	24,92	81,21	0,2	0,052	0,746	0

S= Sim e N= Não; N/A= Não Analisado.

**Fonte:** Adaptado de Rondônia (SEDAM), 2021.

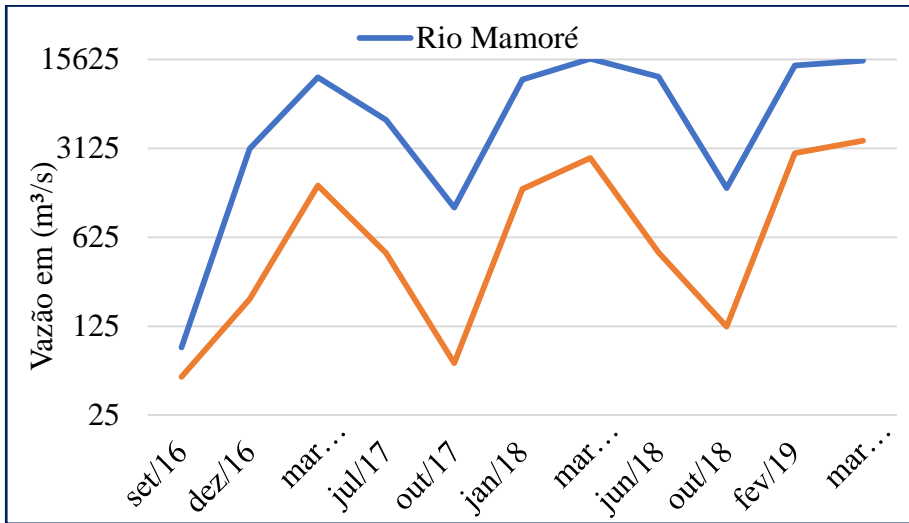
Os dados de vazão dos rios foram retirados do site Hidroweb (ANA, 2021) das estações fluviométricas Morada Nova-15326000 (rio Abunã) e Guajará-Mirim-15250000 (rio Mamoré), situadas no mesmo ponto que as estações Fortaleza do Abunã-15326001 e Guajará-Mirim-15250005, isso porque as estações fornecem diferentes dados a respeito da bacia em um mesmo ponto. Por isso os dados de qualidade foram obtidos por meio do programa Qualiáguas do site da SEDAM e os dados de vazões, das demais estações fluviométricas.

Com as médias mensais dos últimos dez anos disponibilizados, período de 2010 a 2019, como demonstrado no Quadro 4, foram elaborados gráficos para a análise dos volumes de vazão e suas variações dos períodos de seca e cheia (Figura 2).

**Quadro 4** - Estações Utilizadas Para Estudo de Vazões.

<b>Nome</b>	<b>Rio</b>	<b>Código</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Dados</b>
Morada Nova	Abunã	15326000	-9.78 -65.52	31.100	2010 - 2019	Vazão
Guajará-Mirim	Mamoré	15250000	-10.79 -65.35	609.000	2010 - 2019	Vazão

**Fonte:** Adaptado de ANA, 2021.



**Figura 2** – Dados das vazões das estações Morada Nova (15326000) e Guajará-Mirim (15250000).

**Fonte:** Autores, 2021.

### 2.3 Caracterização das águas

Como metodologia para o desenvolvimento do trabalho, foi realizado o comparativo entre os dados disponibilizados pela SEDAM-RO e os padrões presentes na Resolução n.º 357 de 2005 do CONAMA para as águas doces classe II, para análise e caracterização do estado e qualidade das águas dos pontos analisados. O Quadro 5 apresenta os padrões estabelecidos pela referida resolução para as águas doces, classe II.

O parâmetro químico potencial hidrogeniônico (pH) representa a concentração de  $H^+$  na água, correspondendo à intensidade da condição ácida ou básica do ambiente aquático, podendo variar em uma escala de 0 a 14. A variação geralmente é associada à quantidade de ácido carbônico dissolvido na água e às ações antrópicas (BARBOSA, 2012). Os valores limites definidos para o pH pela Resolução CONAMA n.º 357/2005 são de 6 a 9.



**Quadro 5** – Padrões apresentados pela Resolução CONAMA n.º 357.

<b>Águas Doces, Classe II.</b>	
<b>Condição</b>	<b>Padrão/Limite</b>
Turbidez	Até 100 UNT
OD	Não inferior 5 mg/L O <sub>2</sub>
pH	6,0 a 9,0
Nitrato	10,0 mg/L N
Cloreto	250 mg/L Cl
Nitrogênio Amoniacal	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5

**Fonte:** Adaptado de BRASIL, 2005.

A redução ou eliminação do oxigênio dissolvido na água estão ligadas ao aumento de lixiviação de sedimentos nos períodos de enchente e cheia, e ao despejo de resíduos orgânicos biodegradáveis, como os esgotos domésticos, na água. O elevado número de microrganismos decompositores de matéria orgânica aumenta o consumo de oxigênio (respiração), causando a diminuição de OD, o que pode ocasionar a morte de peixes (SOUZA; GASTALDINI, 2014). A Resolução CONAMA n.º 357/2005 estabelece que as concentrações de OD devem ser superiores a 5 mg/L em qualquer amostra. Portanto, valores baixos de OD são indicativos da presença excessiva de matéria orgânica.

Quanto à turbidez, ela é ocasionada pelos sólidos em suspensão, provenientes tanto de fontes naturais quanto antropogênicas. Entre as principais fontes de turbidez estão a erosão do solo, intensificada no período chuvoso quando as águas pluviais lançam carga de materiais sólidos para os corpos hídricos, atividades de mineração e o lançamento de efluentes sanitários

domésticos e/ou industriais no corpo hídrico. Partículas em suspensão e coloidais aumentam a resistência da água à passagem de luz, prejudicando a fotossíntese e conseqüentemente a produção de oxigênio dissolvido (BARBOSA, 2012).

Apesar de os corpos hídricos sofrerem variação de temperatura ao longo do dia e das estações do ano, os lançamentos de efluentes em altas temperaturas podem diminuir a solubilidade dos gases – causando a redução do oxigênio dissolvido perto do lançamento –, influenciar o processo de remoção de poluentes, além dos impactos aos organismos aquáticos afetados por temperaturas fora do seu limite de tolerância, interferindo no crescimento e reprodução dos mesmos (PAULA, 2011).

É importante destacar que a região amazônica apresenta características diferentes dos ambientes que serviram de base para a elaboração da legislação vigente, e que há dissensões entre as classes de águas estabelecidas na legislação e alguns ambientes naturais da Amazônia, principalmente os de águas pretas (Quadro 6), que apresentam pH menor que 6,0 (CONAMA n.º 357/2005), dificultando o enquadramento e a tomada de decisões diante das ações antrópicas (SILVA et al., 2017).

**Quadro 6-** Comparativo entre os padrões estabelecidos pelo CONAMA 357/05 e a água da Amazônia.

Rios Classe II (água doce)		Tipos de águas dos rios da Amazônia		
CONAMA 357/05		Preta	Branca	Clara
OD (mg/L O <sub>2</sub> )	≥ 5,0	2,4 - 7,4	1,62 - 5,9	≤5
Turbidez (UNT)	≤ 100,0	90,0-150,0	8,0-160,0	3,0 - 5,0
pH	6,0 a 9,0	4,5-5,5	6,2-7,5	6,7-7,0

**Fonte:** Adaptado de SILVA et al., 2017.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados disponibilizados em todas as coletas foram Condutividade Elétrica (CE), Oxigênio Dissolvido (OD), pH, temperatura da água, temperatura do ar e Turbidez. No ano de 2018, nos meses de outubro e novembro, estação Fortaleza do Abunã, e em outubro, estação Guajará Mirim: são apresentados dados de transparência, nitrato, cloreto e nitrogênio amoniacal. No ano de 2019, meses de fevereiro e março, esses dados são também disponibilizados para ambas as estações, de acordo com os quadros 2 e 3.

#### 3.1 Análise Estatística

As variantes condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH e turbidez das estações Morada Nova-15326000 (bacia do rio Abunã) e estação Guajará-Mirim-15250000 (bacia do rio Mamoré) foram submetidas ao teste de Dixon com precisão de 95% de confiabilidade para identificação e eliminação de valores outliers, provenientes de alguma falha ou erro analítico, de acordo com as equações a seguir:

$$QM = [Z(2N) - Z(N-1)] / [Z(N) - Z(1)] \quad (1)$$

$$Qm = [Z(2) - Z(1)] / [Z(N-1) - Z(1)] \quad (2)$$

Onde:

$Qm$  = Valor menor suspeito de ser outliers e  $QM$  = valor maior suspeito.

$Z(1)$  = Menor valor da série;

$Z(2)$  = Segundo menor valor da série;

$Z(N - 1)$  = Valor do penúltimo dado da série;

$Z(N)$  = Último valor da série.

Entretanto, após análise dos resultados não foi identificada a presença de outliers sendo, portanto, todos os dados representativos.

Em seguida os dados foram testados para normalidade, utilizando-se o software BioStat.2008, com base no teste de Shapiro Wilk., que define que para p-valor maior do que o nível de significância (0,05) a amostra apresenta distribuição normal. Para a bacia do Abunã foi possível observar que somente o parâmetro pH apresenta distribuição normal (Quadro 7), enquanto no rio Mamoré os parâmetros CE, OD, pH e turbidez não apresentam distribuição normal (Quadro 8).

**Quadro 7-** Teste de normalidade Shapiro Wilk rio Abunã.

<b>Parâmetros</b>	<b>p-Valor</b>	<b>Nível de significância 0,05</b>
Condutividade elétrica (CE)	0,0009	Rejeita a normalidade
Potencial hidrogeniônico (pH)	0,7013	Aceita a normalidade
Oxigênio dissolvido (OD)	0,0455	Rejeita a normalidade
Turbidez	0,0001	Rejeita a normalidade

**Fonte:** Autores, 2021.

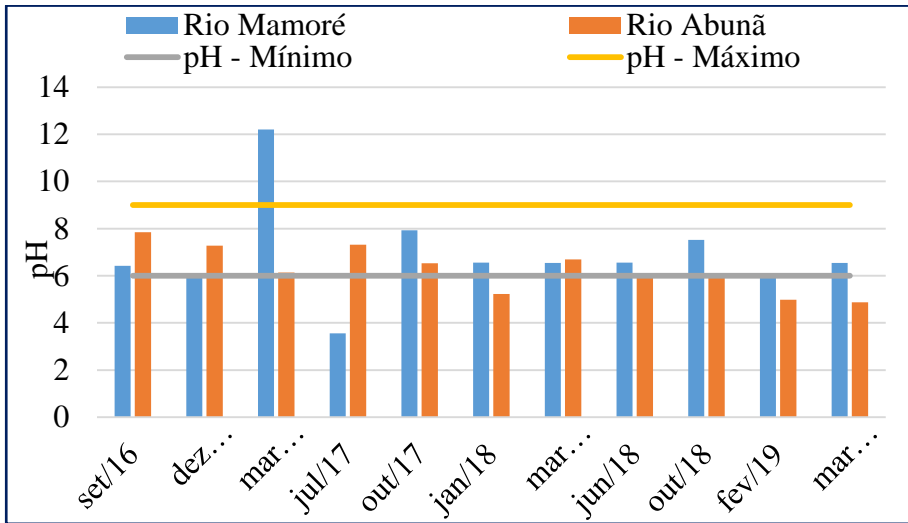
**Quadro 8-** Teste de normalidade Shapiro Wilk rio Mamoré.

<b>Parâmetros</b>	<b>p-Valor</b>	<b>Nível de significância 0,05</b>
Condutividade elétrica (CE)	0,0338	Rejeita a normalidade
Potencial hidrogeniônico (pH)	0,0074	Rejeita a normalidade
Oxigênio dissolvido (OD)	0,0422	Rejeita a normalidade
Turbidez	0,0009	Rejeita a normalidade

**Fonte:** Autores, 2021.

A partir dos dados analisados para as estações de monitoramento, pode-se observar que, quanto ao pH, a estação Fortaleza do Abunã demonstrou que nos meses de setembro e dezembro de 2016, março, junho e setembro de 2017 e março e junho de 2018 os valores de pH permaneceram dentro dos padrões segundo o CONAMA n.º 357 (Quadro 5), variando entre 6,09 e 7,85. Já nos meses de janeiro, outubro e novembro de 2018, e fevereiro e março de 2019 os valores tabulados estão abaixo dos valores previstos na resolução para águas doces de classe II, variando entre 4,88 e 5,94 (Figura 3 e Quadro 2).

A estação Guajará Mirim apresentou, em março de 2017, valor de pH de 12,20, indicando valor possivelmente incorreto tendo em vista as características do rio da região e a resolução CONAMA n.º 357 (Quadro 5), e em dezembro de 2016 e julho de 2017 as leituras estavam abaixo do esperado, estando as demais leituras variando dentro dos valores aceitos para rios de classe II (Figura 3).



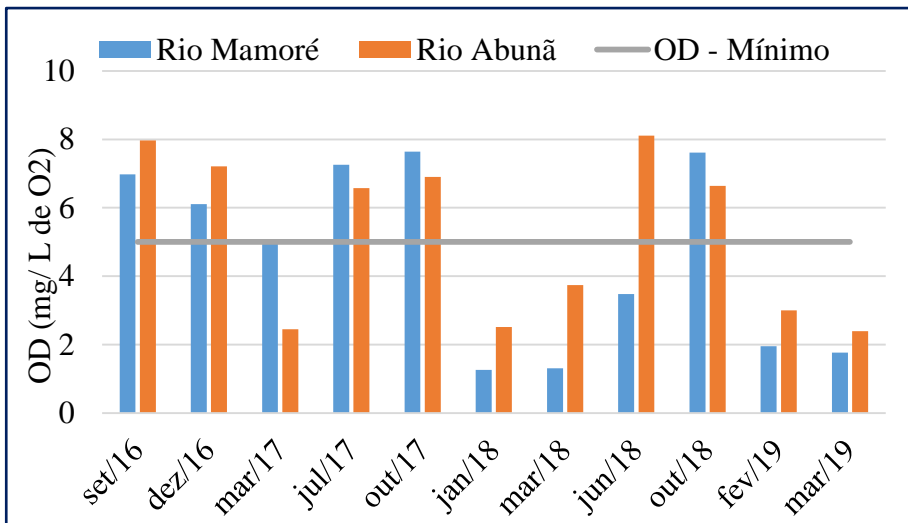
**Figura 3** – Dados de pH da estação Fortaleza do Abunã (15326001) e estação Guajará-Mirim (15250005).

**Fonte:** Autores, 2021.

Adotando-se os padrões da resolução CONAMA n.º 357 (BRASIL, 2005), os valores de OD devem estar acima de 5 mg/L, valores abaixo indicam acidez, e podem resultar em mortalidade de peixes. Nos dados da Figura 4 para a estação de Guajará-Mirim, os meses de janeiro e fevereiro apresentaram uma leitura abaixo, já o mês de março apresentou duas leituras, e junho, uma leitura, estando estas abaixo do esperado. As demais leituras estiveram com seus valores acima do estabelecido. Os meses de cheia, janeiro, fevereiro e março, de maneira geral apresentaram valores abaixo do ideal, demonstrando uma tendência de diminuição do OD nos períodos com maior volume de água, com erosão e transporte de sedimentos e matéria orgânica (Figura 4) (PAULA, 2011).

De acordo com os dados de qualidade disponíveis de vazão da estação Fortaleza do Abunã nos meses de novembro de 2018, e fevereiro e março de 2019, que compreendem os períodos de enchente e cheia, foi possível observar o decaimento dos valores de oxigênio dissolvido (OD) e potencial hidrogeniônico (pH)

conforme o valor de vazão aumenta, demonstrando que nos períodos de enchente e cheia ocorre maior aporte de carga orgânica para o leito do rio, aumentando a ação de microrganismos decompositores. Conseqüentemente, ocorre a diminuição do pH e OD (Quadro 9), assim como no mês de março de 2018, quando o nível de oxigênio dissolvido registrado foi de 3,74 e pH 6,69, que, junto com o valor elevado de turbidez (505,90), demonstra entrada de maior quantidade de matéria orgânica no rio.



**Figura 4** - Dados de OD (Oxigênio Dissolvido) das estações Fortaleza do Abunã (15326001) e Guajará-Mirim (15250005).

**Fonte:** Autores, 2021.

Também foi possível observar que na estação Fortaleza do Abunã nos meses de março de 2017, janeiro, março e novembro de 2018 e fevereiro e março de 2019, o teor de oxigênio dissolvido se manteve abaixo de 6 mgL<sup>-1</sup>, padrão determinado pela CONAMA n.º 357 (Figura 4). Em janeiro de 2018 o teor de OD foi de 2,51 mgL<sup>-1</sup>, podendo estar relacionado com o excesso de carga orgânica que é escoada para o rio proveniente do período de cheia, sendo justificado pela turbidez (39,14) (Figura 5) e pH 5,23, já que quanto

maior a quantidade de matéria orgânica morta a ser decomposta, menor será o pH (SOUZA; GASTALDINI, 2014).

**Quadro 9** - Dados de vazão, OD e pH da bacia do rio Abunã.

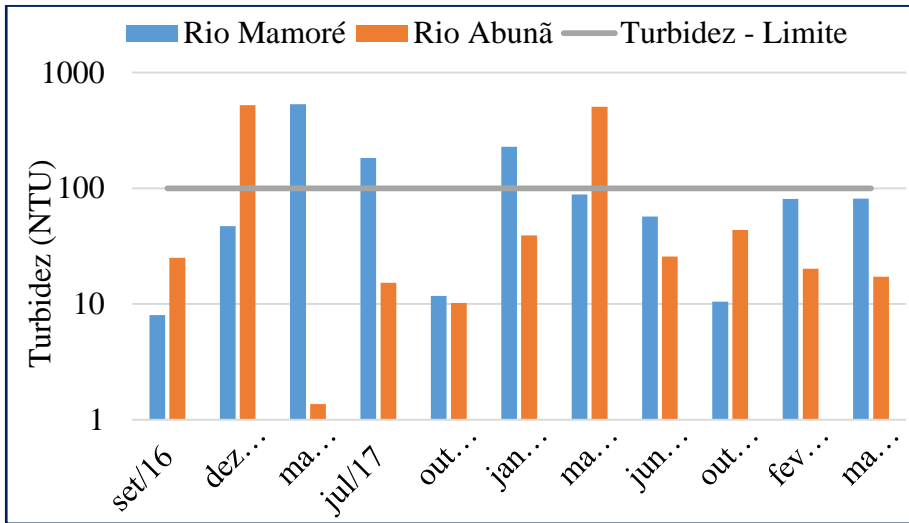
<b>Data da coleta (dd/mm/aaaa)</b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>OD (mg/L de O<sub>2</sub>)</b>	<b>pH</b>
21/11/2018	257.727	5,69	5,44
12/02/2019	358.627	3,00	4,98
13/03/1019	1.746,239	2,39	4,88

**Fonte:** Adaptado de ANA, 2021.

A estação Guajará-Mirim (15250005) demonstrou maiores valores de turbidez para os meses de março, abril e junho, o que, em comparação com o CONAMA n.º 357, percebe-se ser uma variação significativa, que pode ser explicada pelo aceleração dos processos biológicos, que aumentam a matéria orgânica e o material particulado em função das chuvas características dos referidos meses. Outro fator são os resíduos da agricultura, pecuária, e efluentes domésticos e industriais, que, quando despejados no curso d'água, aumentam a carga orgânica e inorgânica elevando a turbidez (BRAGA et al., 2002; SANTOS, 2005).

Os rios analisados, Abunã e Mamoré, quanto à turbidez apresentaram, na maioria das leituras, valores acima do limite de 100 UNT, principalmente nos meses de cheia (janeiro, fevereiro e março). Valores adequados, segundo a resolução CONAMA n.º 357, são mais comuns nos meses secos, quando a presença dos sedimentos é menos significativa (Figura 5) (BRASIL, 2005).





**Figura 5** – Dados de turbidez das estações Fortaleza do Abunã (15326001) e estação Guajará-Mirim (15250005).

**Fonte:** Autores, 2021.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstrou relação entre a variação da qualidade das águas dos rios amazônicos com as oscilações do ciclo hidrológico. Mesmo comportamento para o transporte de sedimentos sólidos e matéria orgânica.

Os valores do Oxigênio Dissolvido variaram de forma semelhante à turbidez e pH: ambos aumentaram quando da entrada de maior volume de sedimentos e matéria orgânica transportados pelas águas nos meses de cheia. Nas três estações os valores de OD são maiores, seguindo com a resolução na classificação de classe II, quando na segunda metade do ano, correspondendo à seca e à enchente do ano hidrológico.

Os valores de turbidez em UNT também estão ligados ao ciclo das cheias e secas, ficando muito além do estabelecido pela resolução (100 UNT), característico dos rios das regiões baixas com solos sedimentares da Amazônia, demonstrando a necessidade de

uma adequação da normativa à realidade dos corpos hídricos da região amazônica.

Os valores de pH ficaram bem próximos do estabelecido, com leituras consideráveis abaixo e apenas uma acima do estabelecido na resolução CONAMA n.º 357, indicando águas nos padrões entre 6 e 9, e demonstrando que a variação meteorológica influencia nos parâmetros de pH, turbidez e OD, estabelecendo-se relação destes com as alternâncias entre os períodos de seca e cheia.

Embora a resolução seja usada como base, nos estudos das características físicas e químicas próprias dos rios da região amazônica ocorre dificuldade para o enquadramento dos rios segundo a CONAMA 357, sendo necessários estudos mais detalhados que definam padrões regionais a fim de garantir a preservação dos recursos hídricos de acordo com os usos a que forem destinados.

## REFERÊNCIAS

ALLAN, J. D. 2004. Landscapes and riverscapes: the influence of land-use on stream ecosystems. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst**, n. 35, p. 257-84. 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.120202.110122>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos recursos hídricos**. Brasília-DF, 2020. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.23309814.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2020.

\_\_\_\_\_. **HIDROWEB**. (*site*). Brasília, 2021. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>>. Acesso em: 07 jul. 2021.

\_\_\_\_\_. **Portal de Qualidade das Águas: Avaliação de Qualidade**. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/avaliacao.aspx>>. Acesso em: 06 jul. 2021.

BARBOSA, L. S. **Análise da Qualidade da Água e o Processo de Uso e Ocupação das Terras Na Bacia Hidrográfica do Rio Pirarara no Município de Cacoal – Rondônia.** 147 f., 2012.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Rondônia- Unir, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Velho, 2012.

Disponível em:

<[https://www.ri.unir.br/jspui/bitstream/123456789/787/1/Luzinete%20S.%20Barbosa\\_An%c3%a1lise%20da%20qualidade%20da%20%c3%a1gua.pdf](https://www.ri.unir.br/jspui/bitstream/123456789/787/1/Luzinete%20S.%20Barbosa_An%c3%a1lise%20da%20qualidade%20da%20%c3%a1gua.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2021.

BRAGA, B. **Introdução à Engenharia Ambiental.** São Paulo: **Prentice Hall, 2002.**

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União, 09 de janeiro, 1997. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm)>. Acesso em: 01 fev. 2021.

----- **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Diário Oficial da União, n. 53, 18 de março de 2005. Disponível em: <<http://conama.mma.gov.br/>>. Acesso em: 01 fev. 2021.

KARR, J. R. Defining and measuring river health. **Freshwater Biol.**, n. 41. p. 221-234, Seattle, WA., 1999. Disponível em:

<<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2427.1999.00427.x>> . Acesso em: 10 jun 2021.

MENDES, L. S., FERREIRA, I. M. Influência da sazonalidade na qualidade da água bruta no município de Ituiutaba - MG. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 10. nº 19, p. 97-105, 2014. Disponível em:

<<http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/27633>>.  
Acesso em: 06 jul. 2021.

ONU, Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)**. Pacto Global rede Brasil, 2015. Disponível em: <<https://www.pactoglobal.org.br/ods>>.  
Acesso em 10 jun. 2021.

PAULA, L. M. **Avaliação da Qualidade da Água e Autodepuração do Rio Jordão, Araguari (MG)**. 196 f., 2011. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Uberlândia, 2011. Disponível em:  
<<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14157/1/d.pdf>>.  
Acesso em: 15 jun. 2021.

RONDÔNIA. **Monitoramento Qualiagua (SEDAM)**. Porto Velho, 2021. Disponível em: <<http://coreh.sedam.ro.gov.br/sistema-de-informacoes-de-recursos-hidricos/>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

\_\_\_\_\_. **PERH - Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia/RE 01**. Porto Velho: DOE, 2018. Disponível em: <<http://coreh.sedam.ro.gov.br/wp-content/uploads/2019/08/RELATORIO-ETAPA-01.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

SABINO, C. V. S.; LAGE, L. V.; NORONHA, C. V. Variação sazonal e temporal da qualidade das águas em um ponto do Córrego Gameleiras usando técnicas quimiométricas robustas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 969-983, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/NhNNQDC7rKGQmVtzYTxY6tk/?lang=pt>>. Acesso: 06 jul. 2021.

SANTOS, C. R. A. **Utilização do protocolo de avaliação rápida (PAR) na apreciação da qualidade da água em sistema lótico de Cerrado, com base na entomofauna aquática**. In: 21. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental- ABES, 2005.

SCRIMGEOUR, G. S.; KENDAL, L. Effects of livestock grazing on benthic invertebrates from a native grassland ecosystem. **Freshwater Biol.**, n° 48. P. 347-62. 2003. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2427.2003.00978.x>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

SILVA et al., M. S. R. Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas: Condições de suas águas versos Resolução N° 357/CONAMA/2005. **Scientia Amazonia**, v. 6, n.2, p. 83-90, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/20616/1/artigo-inpa.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2021.

SOUZA, M. S.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Revista Eng. Sanit. Ambient.**, v.19. n. 3. p. 263-274, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/LGHjSGCrD9fgGKzFwnnRZhG/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso: 02 jul. 2021.

## CAPÍTULO 45

# ÍNDICE DO ESTADO TRÓFICO (IET) E QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE UM MANANCIAL DE ABASTECIMENTO PÚBLICO EM JI-PARANÁ/RO

**Irizádina Maria da Silva Bandeira<sup>160</sup>, Tiago de Oliveira Lima<sup>161</sup>,  
Elisabete Lourdes do Nascimento<sup>162</sup> & Elizete Celestino  
Holanda<sup>163</sup>**

### INTRODUÇÃO

Nos cursos d'água naturalmente existe matéria orgânica, sendo originária da decomposição de massa vegetal, que, em condições aeróbicas, a oxidam, buscando o equilíbrio no processo denominado autodepuração (BEAVER et al., 2018). Porém, o aumento dessa matéria orgânica nos corpos d'água vem se tornando um dos principais problemas de poluição dos recursos hídricos no Brasil e no mundo, favorecendo a transmissão de doenças e veiculação hídrica, causando danos à saúde da população e favorecendo a eutrofização (YANG; NAN; LI, 2019). A eutrofização nos corpos de água é um processo que deve ser apontado como um dos importantes impactos à qualidade das águas, proveniente do aumento exagerado da carga de nutrientes,

---

<sup>160</sup> Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (Profª Água) - Unir.  
irizadina.quim@gmail.com

<sup>161</sup> Técnico em Química da Unir, campus de Ji-Paraná. tiago.lima@unir.br

<sup>162</sup> Professora da Unir, campus de Ji-Paraná. Elisabeten.ascimento05@gmail.com

<sup>163</sup> Professora da Universidade Federal de Roraima - UFRR, campus de Boa Vista.  
elizete.holanda@gmail.com

como fósforo e nitrogênio, perdendo-se a qualidade do corpo hídrico (ALVES et al., 2017).

De acordo com Silva et al. (2016), em se tratando de ambientes lóticos, a eutrofização está geralmente relacionada a atividades humanas, as quais provocam a entrada de nutrientes nos corpos hídricos a ponto de exceder a capacidade de autodepuração dos mesmos. A eutrofização geralmente é provocada por grandes quantidades de matéria orgânica depositadas nos corpos hídricos. Esgotos domésticos e industriais, e fertilizantes agrícolas despejados diretamente ou carreados até os leitos dos rios são os fatores que mais corroboram o aumento das taxas de poluição dos ambientes aquáticos (ESTEVES, 1998).

O Índice do Estado Trófico (IET) é um objeto utilizado para a classificação dos corpos d'água em diversos graus de trofia, ou seja, ele avalia a qualidade da água levando em consideração o aumento dos nutrientes e sua implicação no crescimento excessivo de algas, cianobactérias e o desenvolvimento de macrófitas aquáticas (CETESB, 2017; LAMPARELLI, 2004). Estudos sobre o IET sempre foram mais casuais em ambientes lênticos e por isso a metodologia desenvolvida foi utilizada durante algum tempo para classificar ambientes lóticos. Porém, Lamparelli (2004) sugeriu a alteração desta metodologia e criou formulas específicas para calcular IET em rios.

Lamparelli (2004) notou que em ambientes lóticos o nutriente que se encontra em maiores concentrações é o fósforo, sendo que nestes ambientes as concentrações de clorofila-*a* são geralmente menores do que em ambientes lênticos. Em virtude disso, o autor propôs o uso de equações diferentes para a estimativa do IET em ambientes lênticos e lóticos.

Para tanto, a concentração de fósforo deve ser percebida como a possível fonte de eutrofização, ou seja, a causa. Já as concentrações de clorofila-*a* e transparência são consideradas

como consequência da eutrofização (BAUMGARTEN; PAIXÃO, 2013).

Em se tratando de mananciais de abastecimento público, outro fator importante que deve ser levado em consideração no monitoramento da qualidade da água são os indicadores microbiológicos. A identificação e quantificação de todos os microrganismos patogênicos presentes na água é difícil, demanda tempo, os custos são altos e nem sempre se alcançam bons resultados ou que comprovem a presença dos microrganismos. A maioria dos microrganismos presentes nas águas naturais são inofensivos à saúde humana. Entretanto, em se tratando de contaminação por esgoto sanitário, microrganismos presentes nestes resíduos poderão ser prejudiciais à saúde humana. Os microrganismos patogênicos incluem vírus, bactérias, protozoários e helmintos (FUNASA, 2013).

Os coliformes presentes na água são indicativo de poluição, com potencial risco de presença de organismos patogênicos, sendo a *Escherichia coli* (*E. coli*) o único micro-organismo do grupo dos coliformes termotolerantes originário exclusivamente de fezes de animais de sangue; são fáceis de ser detectáveis, são quantificados por técnicas simples e de baixo custo, em qualquer tipo de água; sua concentração na água contaminada possui uma relação direta com o grau de contaminação fecal desta, tornando-se um importante parâmetro na avaliação de qualidade dos recursos hídricos (CETESBE, 2018; FUNASA, 2013). Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA (2005), os coliformes fecais ou termotolerantes são bactérias gram-negativas, em formato de bacilos, oxidase-negativas, que se caracterizam pela atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminadas por material fecal.



A *E. coli* é a mais importante representante das bactérias termotolerantes. A mesma pertencente à família Enterobacteriaceae e é definida pela atividade da enzima  $\beta$ -glucuronidase. Produz indol a partir do aminoácido triptofano. É a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat específico é o intestino humano e de animais homotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas (CONAMA, 2005).

Quando matéria orgânica fecal é despejada em um corpo de água, o mesmo passa a ser um risco à saúde humana, por isso a avaliação dos coliformes fecais (Termotolerantes) é considerada importante, uma vez que os mesmos estão relacionados a microrganismos causadores de gastroenterites (BARBOSA, 2012; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011).

Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar o Índice do Estado Trófico-IET e a qualidade microbiológica do rio Urupá-RO, o qual é manancial utilizado para abastecimento público no município de Ji-Paraná.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

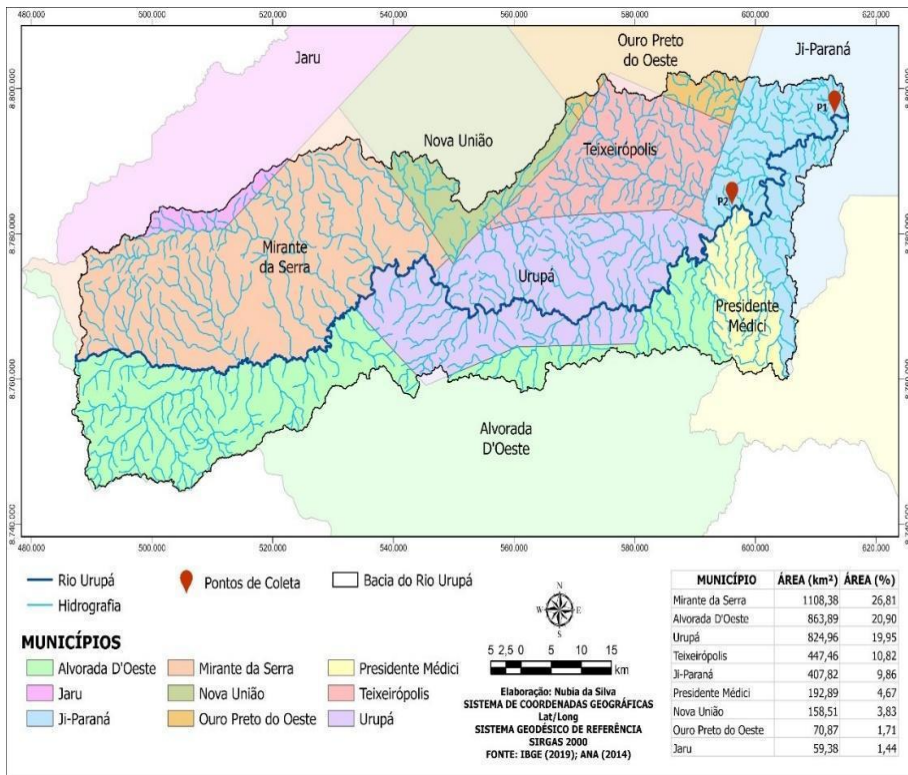
### **Área de Estudo**

A bacia hidrográfica do rio Urupá está localizada no centro-leste do estado de Rondônia e drena uma área de aproximadamente 4.209Km<sup>2</sup>. O principal curso d'água da bacia é o rio Urupá. O mencionado rio nasce na reserva indígena Uru-Eu-Wau-Wau, no Parque Nacional do Picaás Novos, município de Mirante da Serra, e deságua no rio Ji-Paraná, também conhecido como rio Machado, no município de Ji-Paraná, possuindo 270,533 km de extensão (BOLSON, 2006).

São diversos os usos da água ao longo da bacia, destacando-se o uso como fonte de abastecimento público nos municípios de Urupá e Ji-Paraná. Além desses dois municípios, a bacia ainda

abrange outros cinco municípios, sendo eles: São Miguel do Guaporé, Mirante da Serra, Jarú, Alvorada do Oeste, Nova União, Ouro Preto do Oeste, Presidente Médici (BOLSON, 2006).

Para a pesquisa foram monitorados dois pontos do rio Urupá, ambos situados no município de Ji-Paraná: o ponto denominado P1, localizado a aproximadamente 20 metros do ponto de captação de água do município (zona urbana), sob latitude -10,88715 e longitude - 61.96602; e o ponto denominado P2, situado a aproximadamente 13 mil metros à montante do P1, sob latitude - 11,00224 e longitude - 62,1172 (zona rural). Tais pontos foram selecionados a fim de se avaliar a influência que a zona urbana pode provocar na qualidade da água em relação à zona rural, conforme Figura 1.



**Figura 1-** Pontos de estudos localizados na bacia do rio Urupá.  
**Fonte:** IBGE, 2019; ANA. 2014.

As coletas de água superficial do rio foram realizadas entre os meses de junho de 2019 e março de 2020, com uma coleta mensal em ambos os pontos, sendo que nos meses de dezembro e fevereiro de 2019 não foi possível a realização das coletas no P2. Para determinação do IET foram realizadas análises de fósforo total seguindo-se a técnica espectrofotométrica de acordo com a APHA (1998), utilizando-se espectrofotômetro digital (Kazuaki IL-226), de acordo com a equação 1 a seguir.

Equação 1:

$$(1) \quad \text{IET}(PT) = 10 \left\{ 6 - \left[ \frac{0,42 - 0,36 \cdot \ln \ln (PT)}{\ln \ln (2)} \right] \right\} - 20$$

Onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em  $\mu\text{g/L}$ ;

Os graus de trofia a partir dos índices dos estados tróficos propostos por Lamparelli (2004) estão evidenciados no Quadro 1.

**Quadro 1:** Classificação do estado trófico para os valores de IET (Pt) em ambientes lóticos.

<b>Categoria do Estado Trófico</b>	<b>Ponderação</b>	<b>P. total (<math>\mu\text{g.L}^{-1}</math>)</b>
<b>Ultraoligotrófico</b>	$\text{IET} \leq 47$	$\text{Pt} \leq 13$
<b>Oligotrófico</b>	$47 < \text{IET} \leq 52$	$13 < \text{Pt} \leq 35$
<b>Mesotrófico</b>	$52 < \text{IET} \leq 59$	$35 < \text{Pt} \leq 137$
<b>Eutrófico</b>	$59 < \text{IET} \leq 63$	$137 < \text{Pt} \leq 296$
<b>Supereutrófico</b>	$63 < \text{IET} \leq 67$	$296 < \text{Pt} \leq 640$
<b>Hipereutrófico</b>	$\text{IET} > 67$	$\text{Pt} > 640$

**Fonte:** Adaptado de Lamparelli, 2004.

As análises de coliformes totais e *Escherichia coli* (coliformes fecais) foram realizadas segundo a metodologia apresentada pela

APHA (1998), empregando-se membranas filtrantes em meio cromogênico. Para a coleta de água superficial destinada à análise de coliformes, foram utilizadas garrafas de água mineral lacradas (500 mL). O conteúdo da garrafa foi descartado no local da coleta, em seguida foram coletadas amostras de água de superfície, posteriormente encaminhadas ao laboratório onde ficaram refrigeradas até o momento das análises.

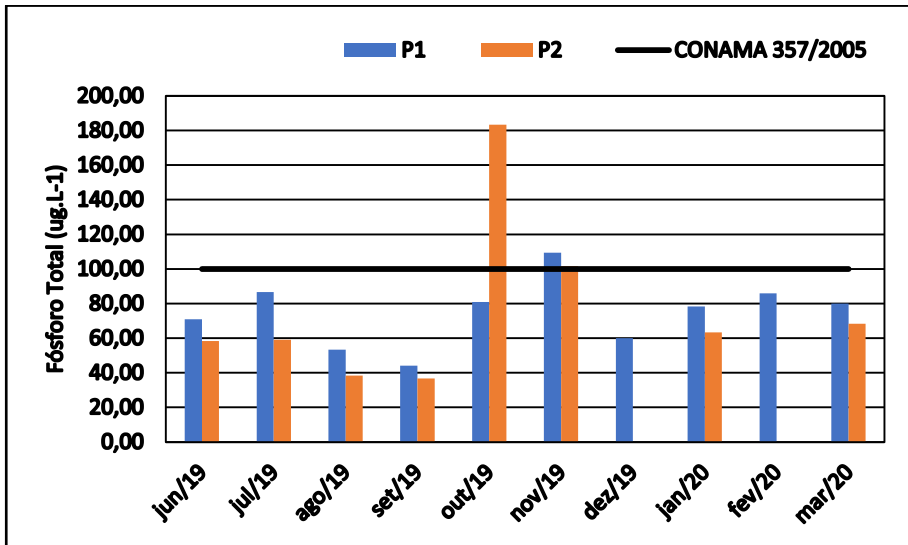
Todas as amostras de água destinadas às análises em laboratório foram coletadas na superfície da água (primeiros 50cm) com uso de garrafa pet e mantidas resfriadas até a chegada ao Laboratório de Limnologia e Microbiologia-LABLIM do Departamento de Engenharia Ambiental-DAEA da Fundação Universidade Federal de Rondônia-UNIR, campus de Ji-Paraná.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Índice do Estado Trófico**

A Figura 2 apresenta as concentrações de fósforo total encontradas nos pontos 1 e 2 ao longo do período amostral. Para o cálculo do IET foram utilizados os dados de análises de fósforo total.

Os resultados de fósforo total encontrados no P1 sofreram uma variação de  $44\mu\text{g.L}^{-1}$  (setembro/2019) a  $109,33\ \mu\text{g.L}^{-1}$  (novembro/2019). Já no P2 a variação na concentração de fósforo total foi de  $36,7\ \mu\text{g.L}^{-1}$  (setembro/2019) a  $183,33\ \mu\text{g.L}^{-1}$  (outubro/2019). Observou-se que para todos os meses avaliados (com exceção do mês de outubro/2019) o valor de fósforo total foi maior no P1 que no P2. Provavelmente, isso se deve ao fato de o P1 estar inserido dentro do perímetro urbano, onde a descarga de esgoto doméstico é maior. No mês de outubro/2019 teve início o período de águas altas na região, o que justifica o maior valor de fósforo no P2, já que as primeiras chuvas carregam material orgânico e inorgânico para o interior do sistema aquático.



**Figura 2** - Resultados das análises de fósforo total durante o período amostral (jun/19 a mar/20).

**Fonte:** A autora, 2021.

Observa-se que os resultados de fósforo total ultrapassaram o valor permitido na resolução CONAMA 357/2005, nas coletadas de novembro/2019 no P1 e no mês de outubro/2019 no P2. Tal fato está relacionado ao início do verão amazônico (FISCH et al, 2019), caracterizado pelo início das chuvas.

Este resultado corrobora o encontrado por Pereira (2019), que, ao estudar diversos pontos ao longo do rio Urupá no período de 18/05/2018 a 04/04/2019, obteve valores de fósforo total variando de 1,71  $\mu\text{g.L}^{-1}$  na nascente do rio em maio/2018 a 133,14  $\mu\text{g.L}^{-1}$  no mês de outubro/2018, em ponto situado à montante do P2 da presente pesquisa. Observou-se ainda que no mês de novembro todos os pontos situados mais próximo do exultório do rio Urupá superaram os valores preconizados pela resolução CONAMA 357/2005.

Lopes (2020) encontrou, no trecho do rio Machado compreendido entre os municípios de Presidente Médici e Ji-Paraná, valores de fósforo total variando de 0,050  $\text{mg.L}^{-1}$ , no período de seca, a 0,132  $\text{mg.L}^{-1}$  no período de enchente. Também

na referida pesquisa, os valores de fósforo total ficaram em desconformidade com a resolução CONAMA 357/2005.

Silva (2020), ao analisar o fósforo total no rio Machado no perímetro de influência da Reserva Biológica do Jaru-Rebio Jaru, entre os meses de janeiro e dezembro de 2019, encontrou valores de fósforo total variando de 38,86  $\mu\text{g.L}^{-1}$  no período de águas altas, a 98,50  $\mu\text{g.L}^{-1}$  no período de águas baixas, valores diferentes dos encontrados na presente pesquisa, onde os valores de fósforo total foram maiores nos períodos de águas altas.

Os valores de IET (PT) são apontados como um potencial de eutrofização, sendo esse nutriente o limitante do processo (ESTEVES, 2011). Na presente pesquisa calculou-se o Índice do Estado Trófico nos pontos 1 e 2 utilizando-se os dados de fósforo total (Quadro 2).

**Quadro 2:** Índice do Estado Trófico nos pontos 1 e 2 durante o período amostral

Mês	Ponto 1		Ponto 2	
	IET PT	IET PT	IET PT	IET - PT
Junho/19	56,07	Mesotrófico	55,06	Mesotrófico
Julho/19	57,12	Mesotrófico	55,13	Mesotrófico
Agosto/19	54,59	Mesotrófico	52,87	Mesotrófico
Setembro/19	53,61	Mesotrófico	52,64	Mesotrófico
Outubro/19	56,75	Mesotrófico	61,00	Eutrófico
Novembro/19	58,32	Mesotrófico	57,94	Mesotrófico
Dezembro/19	55,21	Mesotrófico	-	-
Janeiro/20	56,59	Mesotrófico	55,48	Mesotrófico
Fevereiro/20	57,07	Mesotrófico	-	-
Março/20	56,86	Mesotrófico	55,88	Mesotrófico

**Fonte:** A autora, 2021.

Os resultados de IET (PT), no P1, apresentou o ambiente como mesotrófico em todas as coletas, ou seja, demonstrando,

segundo Lamparelli (2004) que o rio Urupá é um corpo d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.

Já no P2, os resultados apontaram o grau de trofia mesotrófico em quase todos os meses de coleta, com exceção do mês de outubro/2019, quando apresentou grau de trofia eutrófico. Tal fato se deu pelo início do período chuvoso na região, o qual carrega muita matéria orgânica para os corpos d'água. Ressalta-se que nos meses de dezembro/2019 e fevereiro/2020 não foi possível realizar as coletas no P2.

Ribeiro (2017) obteve o Índice do Estado Trófico (IET) em amostras de água em cinco pontos amostrais no rio Urupá, no período de abril/2016 a janeiro/2017. O referido autor obteve grau trófico para o rio Urupá maior no período seco-úmido e úmido ( $74,0 \pm 1,8$ ). No período de águas baixas apresentou um ambiente em estado hipereutrófico (IET >64) com característica de elevadas concentrações de fósforo e situações propícias para a produção excessiva de algas durante todos os períodos do ano.

Pereira (2019) calculou o IET (PT) do rio Urupá no período de maio/2018 a abril/2019, e os resultados demonstraram que o rio Urupá dispõe de concentração intermediária de PT, com enquadramento dominante na classe mesotrófica em todo o período estudado. Tal observação se mostrou igual ao grau de trofia encontrado na presente pesquisa.

Andrietti et al. (2015), ao analisarem o IET no rio Caiabi (MT), entre julho/2012 e junho/2013, evidenciaram o baixo risco de eutrofização, com indicação de um ambiente ultraoligotrófico. Tal resultado se deve ao fato de o rio Caiabi possuir mata ciliar ao longo de toda a sua extensão.

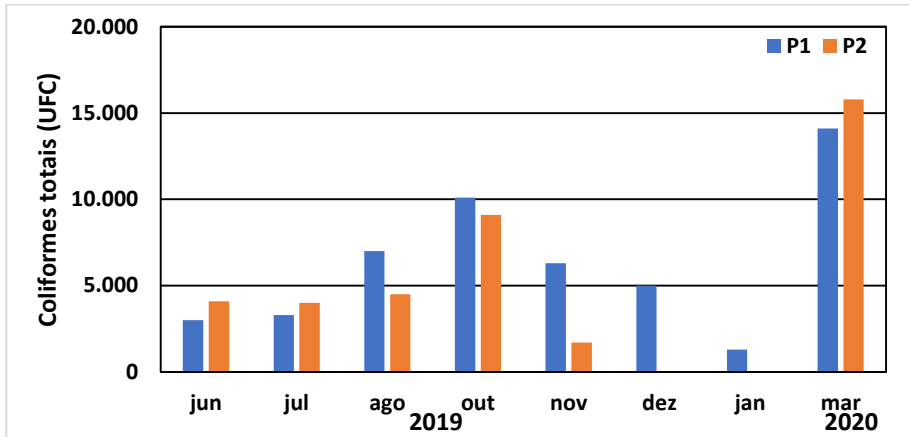
Silva (2020), ao analisar o IET no rio Machado, dentro da área de influência da Rebio Jaru (Ji-Paraná), entre janeiro e dezembro/2019, obteve classificação quanto aos seus estados tróficos como mesotrófico em todas as campanhas do ciclo

hidrológico, corroborando os índices encontrados na presente pesquisa.

Lopes (2020), analisando o rio Machado no trecho entre os municípios de Presidente Médici e Ji-Paraná (Rondônia), encontrou valores diferentes quanto ao grau de trofia e sazonalidade. Seus valores quanto ao IET variaram entre  $40,4 \pm 0,23$  para o ponto localizado no município de Presidente Médici, durante o período das águas baixas e  $53,38 \pm 0,76$  para o ponto situado próximo ao lançamento de efluentes de um frigorífico de bovinos, no município de Ji-Paraná, durante o período de vazante, demonstrando que entre os pontos o grau de trofia variou entre ultraoligotrófico ( $IET \leq 47$ ) a mesotrófico ( $52 < IET \leq 59$ ), sendo que a maioria foi classificado como oligotrófico ( $47 < IET \leq 52$ ). Quanto à sazonalidade, Lopes (2020) encontrou, para os períodos de vazante, águas baixas e enchentes, uma trofia oligotrófica, enquanto o período das águas altas apresentou uma trofia ultraoligotrófica.

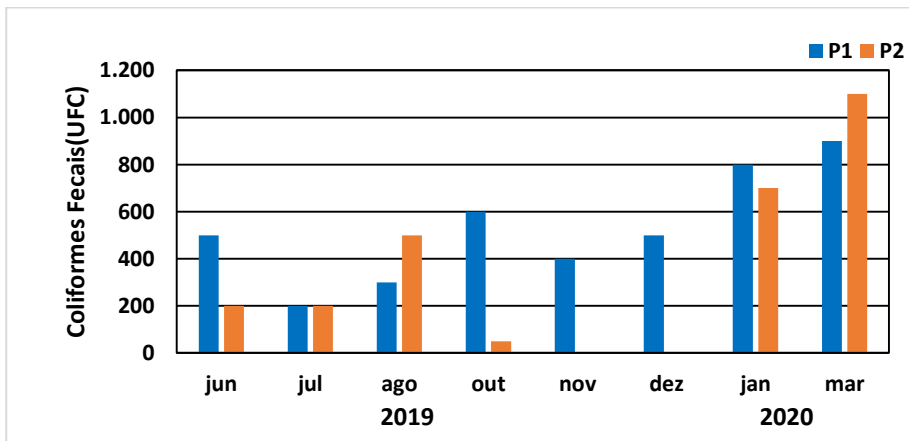
Quanto aos resultados das análises microbiológicas, foram realizadas pesquisas de coliformes totais e fecais. As referidas análises foram realizadas ao longo do desenvolvimento deste trabalho com o objetivo de verificar se os pontos estudados no rio Urupá recebem esgoto doméstico ou carreamento de poluição fecal difusa, devido ao rio Urupá estar inserido em uma região com forte atividade agropecuária. Os dados de coliformes fecais e totais são apresentados nas Figuras 3 e 4.





**Figura 3** - Resultados das análises de coliformes totais nos Pontos 1 e 2 ao longo do período amostral.

**Fonte:** A autora, 2021.



**Figura 4-** Resultados das análises de coliformes fecais nos pontos 1 e 2 durante o período amostral.

**Fonte:** A autora, 2021.

A partir dos resultados obtidos foi possível observar que no P1 uma menor densidade de coliformes totais foi obtida no mês de janeiro/2020, período de águas altas.

No período de águas baixas (junho a setembro/2019), os valores de coliformes totais foram menores, variando de 3.000 UFC/100mL (junho/2019) a 7.000 UFC/100mL (agosto/2019). Já os coliformes fecais no período de águas baixas apresentaram

variação de 100UFC/100mL (setembro/2019) a 700 UFC/100mL (julho/2019). Já no período de águas altas e na transição águas altas-águas baixas, os valores de coliformes totais no P1 atingiram densidades de 5.900 UFC/100mL (janeiro/2020) a 10.300 UFC/100mL (maio/2019), ultrapassando o valor preconizado pela resolução CONAMA 357/2005 para águas classe II, que é de 1000 UFC/100mL. Quanto aos coliformes fecais do P1 no período de águas altas, os valores variaram de 400 UFC/100mL (dezembro/2019) a 1.100 UFC/mL (outubro/2019).

No P2 (Figura 2) observa-se que os valores de coliformes totais se comportaram de modo diferente dos valores encontrados no P1, sendo o maior valor (12.300 UFC/100mL) registrado em janeiro/2020 e o menor valor (1.700 UFC/100mL) registrado em dezembro/2019, ambos no período de águas altas. Quanto aos coliformes fecais nos meses de maio/2019 e novembro/2019, esse grupo esteve ausente, visto que não se desenvolveu nas placas. Nos demais meses, o maior valor foi encontrado em janeiro/2020, com um total de 50UFC/100mL.

Observa-se que a densidade de coliformes fecais apresentou diferença entre P1 e P2 (figura 4). Nos meses de maio e novembro/2019 não foi encontrado no P2 este grupo bacteriano, e em apenas duas coletas (agosto/2019 e março/2020) os resultados de P2 foram maiores que em P1. Tal resultado certamente está relacionado à localização dos pontos. O P1, por estar inserido no perímetro urbano do município de Ji-Paraná, tende a receber maior carga de efluentes domésticos sem tratamento, quando comparado ao P2, que está localizado na zona rural.

Dados de coliformes totais e fecais obtidos por Francener & Andrade (2010) no rio Urupá (Rondônia), em ponto localizado a aproximadamente 2 mil metros do P1 deste trabalho, variaram de 7.000 UFC (julho/2010) a 20.000 UFC (junho/2010) para coliformes totais. Para os coliformes fecais (*E. coli*), a variação foi de 300 UFC a 1000 UFC representando, a primeira, a segunda semana do mês.

Ribeiro (2017), ao analisar a água deste rio entre abril/2016 e janeiro/2017, observou que os dados para as análises de coliformes fecais exibiram significativas variações, com picos entre os meses de abril e novembro e com médias mensais maiores que 2000 UFC/100mL, enquanto Pereira (2019), ao analisar vários pontos ao longo do rio Urupá (Rondônia) no ano de 2018, encontrou, no mesmo ponto denominado P2 da presente pesquisa, valores de coliformes termotolerantes variando de 70 UFC em maio/2018 a 3100 UFC em outubro/2018. Ao avaliar amostras de água coletadas no mesmo ponto denominado P1, os valores de coliformes termotolerantes foram de 200 UFC em maio/2018 a 700UFC em novembro/2018.

Lopes (2020), ao analisar *E.coli* em um trecho do rio Machado entre os municípios de Presidente Médici e Ji-Paraná, no ano de 2019, observou que, quanto à distribuição sazonal, as maiores médias foram identificadas durante o período de enchente ( $11.611 \pm 3.169$  UFC/ 100ml) e cheia ( $4.722 \pm 1.438$  UFC/ 100ml). Para estes dois períodos, todos os pontos amostrais encontram-se em conformidade com a Resolução CONAMA n.º 357/2005 para ambientes lóticos classe II. Porém, no período de vazante, o rio teve todos os pontos monitorados em conformidade com a referida norma do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Tais trabalhos correlacionam-se aos dados encontrados na presente pesquisa, evidenciando o aporte de matéria orgânica decorrente de áreas de pastagens situadas na bacia do rio Urupá, bem como o aporte de esgoto doméstico, principalmente próximo às áreas urbanizadas, corroborando os valores encontrados.

## **CONCLUSÃO**

Os resultados obtidos na presente pesquisa demonstraram que o Índice do Estado Trófico – IET obtido durante todos os períodos de coleta nos dois pontos amostrais apresentaram

resultados semelhantes, classificando as águas com grau de trofia mesotrófico em praticamente 100% das amostras. O P2, no mês de outubro/2019, apresentou grau de trofia eutrófico. Tais resultados demonstram que o rio Urupá é um corpo d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.

Quanto aos ensaios microbiológicos, os resultados apontaram que, nos períodos de águas altas, a qualidade microbiológica da água ficou comprometida, pois os valores de coliformes ultrapassaram os valores preconizados na resolução CONAMA 357/2005 para águas de classes II. Observa-se que a qualidade microbiológica em geral se mostrou melhor no P2 em relação ao P1. Isso se dá pelo fato de P1 estar inserido no perímetro urbano do município de Ji-Paraná, com tendência a receber maior carga de efluentes domésticos sem tratamento quando comparado ao P2, que está localizado na zona rural do município.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE n° 2717/2015.

À equipe do Grupo de Pesquisa em Águas Superficiais e Subterrâneas-GPEASS/Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental-DAEA/Fundação Universidade de Rondônia-UNIR, *campus* de Ji-Paraná. Ao Laboratório de Microbiologia e Limnologia-LABLIM da referida instituição.

À Companhia de Água e Esgoto de Rondônia (CAERD), pelo apoio e colaboração, cedendo acesso ao ponto de coleta.

**REFERÊNCIA**

ALVES, W.S. et al. Avaliação da qualidade da água e estado trófico do Ribeirão das Abóboras, em Rio Verde – GO, Brasil.

**Geociências**, v. 36, n. 1, p. 13-29, 2017. Disponível em:

<<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/10939>>. Acesso em: 02 jan. 2021.

ANA. Portal da Qualidade das águas. **Indicadores de Qualidade - Índice do Estado Trófico (IET)**. Disponível em:

><http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>>. Acesso em: 20 dez. 2020.

ANDRIETTI, Grasiene *et al.* Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente & Água**

[*online*], v. 11, n. 1, p. 162-175, 2016. Disponível em:

<<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1769>>. Acesso em: 15 dez. 2020.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington: APHA, 1995.

BARBOSA, L. S. **Análise da qualidade da água e o processo de uso e ocupação das terras na bacia hidrográfica do rio Pirarara no município de Cacoal – Rondônia**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Rondônia- Unir, Cacoal-RO, 2012.

BAUMGARTEN, M. da G. Z.; PAIXÃO, B. G. da. Uso do índice do estado trófico para avaliar a qualidade das águas do estuário da Lagoa dos Patos (RS). **Atlântica** (Rio Grande), v. 35, n. 1, p. 5–22, 2014. Disponível em:

<<https://periodicos.furg.br/atlantica/article/view/2965>>. Acesso em: 9 jan. 2021

BEAVER, J. R. et al. Environmental factors influencing the quantitative distribution of microcystin and common potentially toxigenic cyanobacteria in U.S. lakes and reservoirs. **Harmful Algae**, v. 78, n. April, p. 118–128, 2018

BOLSON, M. A. **A biogeoquímica do rio Urupá, Rondônia.** 2006. Dissertação (Mestrado em Química na agricultura e no meio Ambiente) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União nº 53, p. 58-63, 18 de março de 2005.

CETESB. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2016. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo**, v. Apêndice E, n. Série Relatórios, p. 287, 2017. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-das-%C3%81guas-Interiores-no-Estado-de-S%C3%A3o-Paulo-2017.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2020.

CETESB. Norma técnica L5 202, de janeiro de 2018. **Coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* - Determinação pela técnica de tubos múltiplos.** 5ª Edição. São Paulo: CETESB. 29 p. 2018. Disponível em: <[https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/01/Para-enviar-ao-PCSM\\_-NTC-L5.202\\_5%C2%AAed\\_-dez.-2018.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/01/Para-enviar-ao-PCSM_-NTC-L5.202_5%C2%AAed_-dez.-2018.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2020.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia.** Interciência, Rio de Janeiro. 1998.

ESTEVES, F. A; FURTADO, A. L. S. Oxigênio dissolvido. In: ESTEVES, Francisco de Assis (coord.) **Fundamentos de Limnologia.** 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, cap. 10, p. 167 – 192, 2011.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. **Clima da Amazônia.** Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE),

2019. Disponível em:

<<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliensp10a/fish.html>>. Acesso em: 23 dez. 2020.

FRANCENER, S.; ANDRADE, L. Avaliação do índice de balneabilidade em uma área de lazer no município de Ji-Paraná-Rondônia. **Abrh. Org. Br**, p. 1-9, 2010. Disponível em: <[https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/81/09f44b3b03ec92d633a2db01293fad9b\\_b486c4a734897208064b86613140663d.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/81/09f44b3b03ec92d633a2db01293fad9b_b486c4a734897208064b86613140663d.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2020.

FUNASA - FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. **Manual Prático de Análise de Água. Brasília**, 4 ed, 2013. Disponível em : <[http://www.funasa.gov.br/site/wpcontent/files\\_mf/manual\\_pratico\\_de\\_analise\\_de\\_agua\\_2.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wpcontent/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf)>. Acesso em 02 jan. 2021.

LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d' água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. Tese (Ecossistemas terrestre e aquático) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo- USP, São Paulo. 2004.

LOPES, V. M. **Identificação dos usos e diagnóstico da qualidade da água em trecho do rio Machado – Rondônia – Brasil**. 2020. Dissertação (Mestrado profissional em Recursos Hídricos- PROFÁGUA) - Universidade Federal de Rondônia-UNIR, Ji-Paraná-RO, 2020.

PEREIRA, E. S. F. **Uso e ocupação do solo e a qualidade da água na bacia do rio Urupá, Rondônia**. 78 f., 2019. Dissertação (Mestrado em ciências Ambientais) - Universidade Federal de Rondônia. Rolim de Moura- RO, 2019.

SILVA, K. K. Q. ; SIQUEIRA, L. C. N. ; VERAS-DOS SANTOS ; AZEVEDO, C. A. S. . Avaliação da qualidade ambiental do riacho Lamego pela razão ept/chironomidae e teste microbiológico. **Cadernos Cajuína** , v. 1, p. 15-23, 2016 . Disponível em: <<https://cadernoscajuina.pro.br/revistas/index.php/cadcajuina/article/view/24>>. Acesso em: 20 dez. 2020.

SILVA, E. O. **Hidrogeoquímica do rio machado e seus principais afluentes - Reserva biológica do Jaru – Rondônia.** 2020.

Dissertação (Mestrado profissional em Recursos Hídricos-PROFAGUA) - Universidade Federal de Rondônia-UNIR, Ji-Paraná-RO, 2020.

RIBEIRO, G. T. **Avaliação da qualidade da água bruta do rio Urupá para fins de abastecimento público do município de Ji-Paraná-RO.** 82 f., 2017 Monografia (Graduação em engenharia Ambiental) –Universidade Federal de Rondônia. Ji-Paraná-RO, 2017.

WHO. **Guidelines for drinking-water quality** - 4th ed, 2011.

Disponível em:

<[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44584/9789241548151\\_eng.pdf;jsessionid=7A83A647729256D2AC8BB2953DAF665D?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44584/9789241548151_eng.pdf;jsessionid=7A83A647729256D2AC8BB2953DAF665D?sequence=1)>. Acesso em: 06 jan 2021.

YANG, C.; NAN, J.; LI, J. Driving factors and dynamics of phytoplankton community and functional groups in an estuary reservoir in the Yangtze River, China. **Water (Switzerland)**, v. 11, n. 6, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-4441/11/6/1184/htm>>. Acesso em: 10 dez. 2020.



## CAPÍTULO 46

### BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUAPORÉ: QUALIDADE DA ÁGUA FRENTE À RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005

**Deilton Wellington Ribeiro Nogueira<sup>164</sup>, Gilberto Stein Junior<sup>165</sup>,  
Joacir Aparecido Lourenzoni<sup>166</sup>, Maiara Oliveira Castro<sup>167</sup> &  
Beatriz Machado Gomes<sup>168</sup>**

#### INTRODUÇÃO

A água pode sofrer alterações em sua qualidade através de variações dos fatores físico-químicos que a compõem, e esses fatores são dependentes de aspectos naturais ou antrópicos contidos na bacia hidrográfica em estudo. Nesse sentido, compreender a relação dos parâmetros de qualidade da água com o uso e ocupação do solo, tipo e distribuição dos usuários da água, entre outros fatores, torna-se fundamental para compreender as fontes reais ou potenciais de poluição, sejam elas pontuais, no caso de efluentes domésticos ou industriais, ou difusas, como por exemplo o carreamento de dejetos oriundos da atividade pecuária – comum no estado de Rondônia.

Para uma interpretação ecológica da qualidade das águas superficiais e/ou para estabelecer um sistema de monitoramento, é necessária a utilização de métodos simples e que deem informações objetivas e interpretáveis, partindo para critérios

---

<sup>164</sup> Mestrando do Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (Prof.Água)- UNIR. deilton.nogueira@gmail.com

<sup>165</sup> Mestrando do Prof.Água - UNIR. gsteinj@gmail.com

<sup>166</sup> Mestrando do Prof.Água - UNIR. joacirlourenzoni@gmail.com

<sup>167</sup> Mestranda do Prof.Água. UNIR. maiaraoliveiracastro2016@gmail.com

<sup>168</sup> Professora da UNIR, campus de Ji-Paraná. beatriz@unir.br

próprios que considerem as características peculiares dos recursos hídricos (TOLEDO; NICOLELLA, 2002).

A partir dessa premissa, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) criou o Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água - QUALIÁGUA, tendo como objetivos a gestão sistemática dos recursos hídricos. Através da divulgação de dados sobre a qualidade, da padronização dos critérios e métodos de monitoramento, para tornar essas informações comparáveis a nível nacional, e do fortalecimento e estruturação dos órgãos estaduais gestores de recursos hídricos, tem-se a implementação da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas – RNQA, devidamente instituída por meio da Resolução ANA N.º 903 de 22 de julho de 2013.

Conforme o Portal da Qualidade das Águas (ANA, 2021), o estado de Rondônia estava incluído em um grupo de 12 estados que não operavam nenhuma rede de qualidade de água em seu território. Dessa forma, foi celebrado o contrato N.º 031/2016/ANA – QUALIÁGUA entre a ANA e a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental-SEDAM, órgão governamental responsável pela gestão dos recursos hídricos no estado de Rondônia. No contrato, o estado se comprometeu a realizar análises de 20 parâmetros, englobando características físico-químicas, microbiológicas, biológicas e de nutrientes, em águas superficiais, durante um período de 60 meses.

Em Rondônia o QUALIÁGUA foi implantado nas bacias hidrográficas-BCHs dos rios Abunã, Jamari, Machado, Madeira, Mamoré e Guaporé, sendo essa última a área de estudo do presente trabalho.

A BCH do rio Guaporé é transfronteiriça, ocupando áreas da Bolívia e do Brasil. Na região brasileira, distribui-se entre os estados de Mato Grosso e Rondônia. Assim sendo, o objetivo desta pesquisa foi analisar os parâmetros físico-químicos, especificamente o oxigênio dissolvido (OD), potencial

hidrogeniônico (pH), turbidez, nitrato, nitrogênio amoniacal e cloreto, disponibilizados pelo Programa QUALIÁGUA, de sete estações de monitoramento localizados na porção rondoniense da BCH, referentes ao período de novembro de 2016 e fevereiro de 2019, de acordo com os dados disponíveis, e compará-los à luz da Resolução CONAMA N.º 357/2005, a qual dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

Para Sales (2020), os recursos hídricos vêm sofrendo diversas modificações causadas pela intervenção do homem ao longo dos anos, resultando em prejuízos na qualidade e disponibilidade de água, levando à necessidade crescente do monitoramento das alterações na qualidade da água de forma a garantir o não comprometimento do seu aproveitamento múltiplo e minimizar os seus impactos negativos ao ambiente.

A qualidade da água é reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do curso d'água, sendo assim, não se traduz apenas pelas suas características físicas e químicas, mas pela qualidade de todo o funcionamento do ecossistema (BUENO et al., 2005).

Dentre os parâmetros disponibilizados pelo Programa QUALIÁGUA, foram discutidos e analisados: oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), turbidez, nitrato, nitrogênio amoniacal e cloreto.

A concentração de oxigênio dissolvido está sujeita às variações diária e sazonal em função da temperatura, da atividade fotossintética, da turbulência da água e da vazão do rio, podendo reduzir-se na presença de sólidos em suspensão e de substâncias orgânicas biodegradáveis, como esgoto doméstico, vinhoto e certos resíduos industriais (BUENO et al., 2005).

Conforme afirmam Vasconcelos e Souza (2011), o pH da maioria dos corpos d'água varia entre 6 e 8. Ecossistemas que apresentam valores baixos de pH têm elevadas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone.

Em relação à turbidez da água, Esteves (1998 apud SALLES 2020) afirma que se trata da sua capacidade em dispersar a radiação, devido à presença de partículas suspensas, tais como argila, silte, areia, ou rochas, sendo o material em suspensão responsável pela cor aparente da água.

O nitrogênio é um composto de grande importância, tanto na geração como no controle da poluição das águas. Os aspectos negativos em relação à geração da poluição se dão devido ao nitrogênio propiciar o crescimento de algas, podendo conduzir à eutrofização de corpos hídricos, ao consumo de oxigênio na oxidação do nitrogênio amoniacal a nitrito e nitrato (MOTA; SPERLING, 2009).

Em águas residuárias, as formas mais comuns de nitrogênio são a amônia, nitrito, nitrato e nitrogênio orgânico. Para tanto, em esgotos domésticos, o nitrogênio está presente principalmente na forma de amônia e nitrogênio orgânico. Este último é resultado de uma mistura de compostos amino ( $\text{NH}_2$ ), aminoácidos e proteínas, que, em um processo chamado amonificação, é convertida em amônia (FUJII, 2011; HENZE et al., 2008).

Segundo Sperling (2018), os cloretos ( $\text{Cl}^-$ ) são advindos da dissolução de sais como o cloreto de sódio, sendo que todas as águas naturais, em maior ou menor escala, contêm íons resultantes dessa dissolução. O cloro é encontrado em águas doces na forma de íon cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), sendo um dos principais ânions inorgânicos disponíveis em águas naturais e residuárias. Pode também estar combinado com os cátions cálcio e magnésio, afetando, por exemplo, o grau de dureza da água.

O cloreto altera não somente as propriedades organolépticas da água, como também a composição química. Tanto que, em

concentrações superiores a 250 mg/L, detecta-se o sabor salino da água, em virtude da sua combinação com o sódio ( $\text{Na}^+$ ).

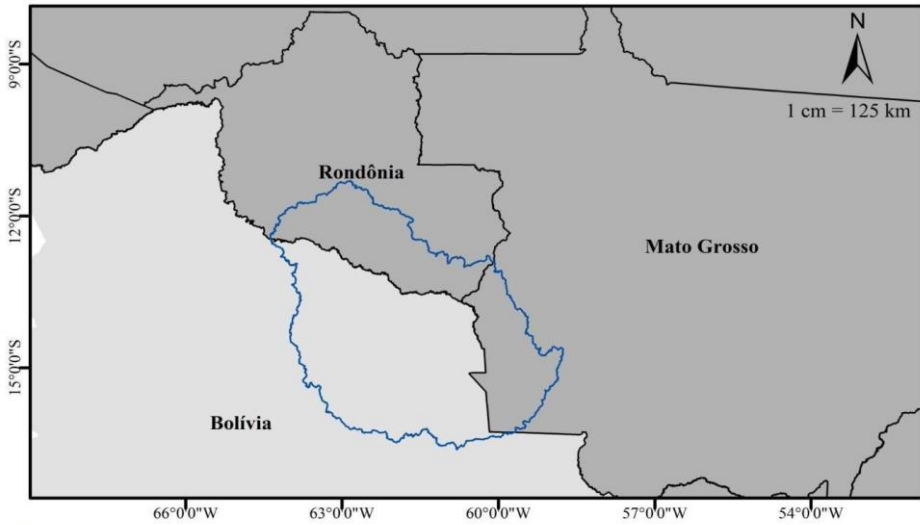
Este íon pode ser um indicador de antropização e poluição dos recursos hídricos, tendo como principais fontes os dejetos humanos e de animais, em virtude da dieta alimentar desses grupos. A população utiliza o cloreto de sódio como condimento (e derivados), enquanto bovinos, equinos, entre outros, consomem o íon cloreto diretamente em sua dieta alimentar, no formato de sal proteinado. A concentração de cloreto em esgoto doméstico varia entre 30 e 100 mg/L. (SPERLING, 2018).

Perfazendo uma área de aproximadamente 216.360 km<sup>2</sup>, a bacia hidrográfica do rio Guaporé abrange 16 municípios rondonienses: Alta Floresta d'Oeste, Alto Alegre do Parecis, Cabixi, Cerejeiras, Colorado do Oeste, Corumbiara, Costa Marques, Guajará-Mirim, Novo Horizonte do Oeste, Parecis, Pimenteiras do Oeste, Santa Luzia d'Oeste, São Francisco do Guaporé, São Miguel do Guaporé, Seringueiras e Vilhena (SEDAM, 2018). Os setores da economia agropecuária e indústria destes municípios, somados, alcançam cerca de 30% do PIB no estado (SEPOG, 2014).

## **METODOLOGIA**

A área de estudo da presente pesquisa restringe-se à porção rondoniense da bacia hidrográfica do rio Guaporé, localizada na região sudoeste do estado. Para a delimitação da bacia hidrográfica, inicialmente utilizou-se o modelo digital de elevação, e posteriormente o *software* Qgis 3.16.3.

A bacia hidrográfica do Rio Guaporé é transfronteiriça entre o Brasil e a Bolívia. Na porção brasileira, ela está localizada nas regiões Norte e Centro Oeste, abrangendo os estados de Rondônia e Mato Grosso (Figura 1). Sua área total é de aproximadamente 216.360 km<sup>2</sup>.



BCH do Guaporé DATUM SIRGAS 2000 - Fonte: IBGE (2021) - Organizado por: Deilton Nogueira

**Figura 1** - Localização geográfica da bacia do Guaporé.

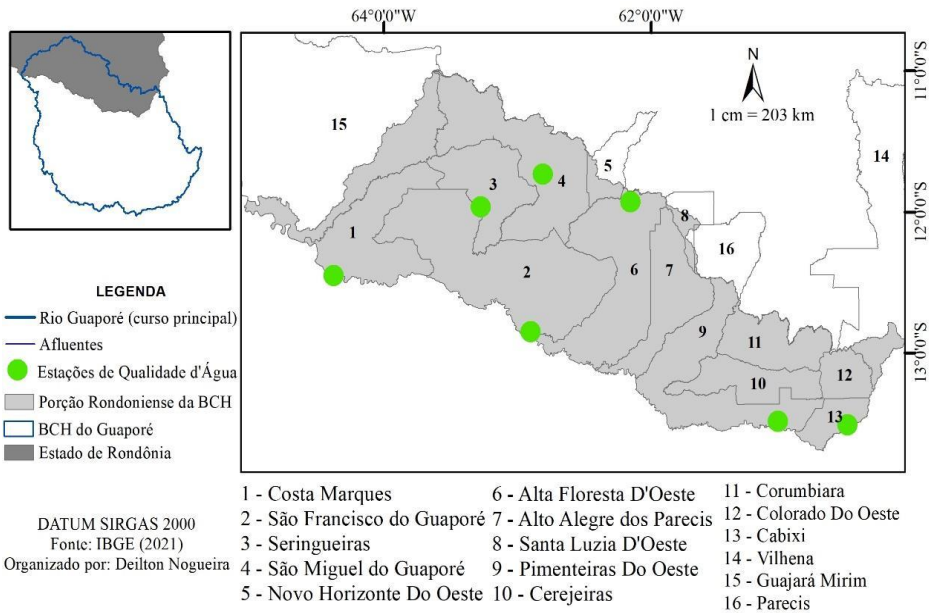
Na porção brasileira da BCH Guaporé estão localizadas sete estações de monitoramento de água da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, as quais estão distribuídas de acordo com a Tabela 1 e Figura 2.

**Tabela 1** – Estações de monitoramento da qualidade da água localizadas na porção brasileira da BCH Guaporé.

<b>Código ANA da estação</b>	<b>Rio</b>	<b>Município</b>
15124100	Cabixi	Cabixi
15130001	Guaporé	Pimenteiras do Oeste
15148000	Mequéns	Alta Floresta
15175000	Branco	Nova Brasilândia
15180001	São Miguel	São Miguel do Guaporé
15150001	Guaporé	São Francisco do Guaporé
15200001	Guaporé	Costa Marques

A partir da celebração do contrato foram definidos sete pontos estratégicos no interior da bacia (Figura 2), na porção

localizada no estado de Rondônia, para a realização periódica das análises físico-química, microbiológica, biológica e de nutrientes.



**Figura 2** - Distribuição espacial das estações de monitoramento de qualidade de água.

Esta pesquisa foi elaborada a partir da análise dos dados dos parâmetros: oxigênio dissolvido, pH, turbidez, nitrato, nitrogênio amoniacal e cloreto, a partir dos dados disponíveis no âmbito do Programa QUALIÁGUA, no sítio eletrônico da SEDAM, referentes ao período de novembro de 2016 a fevereiro de 2019, de acordo com os dados disponíveis. No estado de Rondônia o fornecimento dos dados fica a cargo da SEDAM, responsável por realizar os procedimentos de campo e disponibilizar ao público de forma virtual.

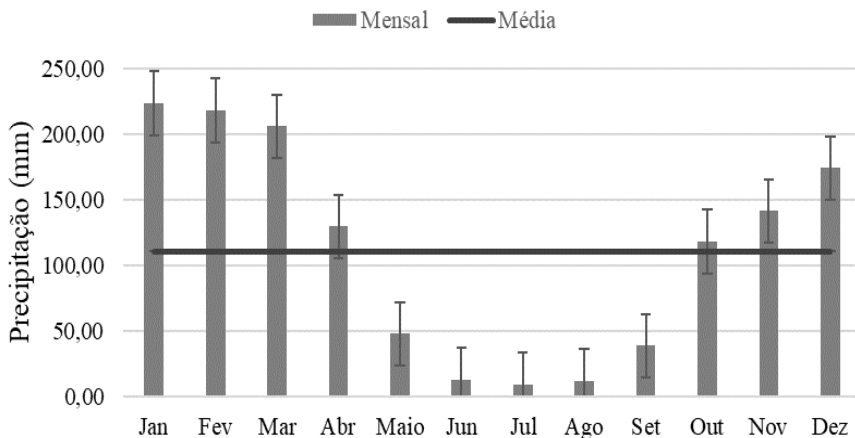
De acordo com o art. 42 da Resolução N.º 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, a qual dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, enquanto não aprovados os respectivos

enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe II. Neste sentido, os parâmetros analisados foram comparados com os padrões estabelecidos pela normativa supracitada para águas de classe II.

A análise da série histórica pluviométrica mensal foi obtida através das informações da Estação Pluviométrica da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) do rio Guaporé (N.º 1264000) instalada no Forte Príncipe da Beira, em Costa Marques, Rondônia. Os dados pluviométricos foram obtidos por meio do portal HidroWeb da ANA (2021).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A série histórica da estação do rio Guaporé (N.º 1264000), instalada no Forte Príncipe da Beira, iniciou-se em maio de 1983 e, desde então, registra dados mensais da lâmina d'água acumulada. Foram analisados os registros contidos no período de maio de 1983 até setembro de 2020, sendo  $n = 608$ . O comportamento mensal é ilustrado pela Figura 3.



**Figura 3** – Histórico pluviométrico da Estação N.º 1264000 do rio Guaporé.



Analisando cerca de 37 anos de registros disponíveis, observou-se que o comportamento sazonal da chuva na região estudada é semelhante ao encontrado por Franca (2015), cujos dados indicaram que o período chuvoso amazônico é compreendido entre os meses de outubro e março, enquanto o período de seca ou estiagem compreende de abril a setembro.

A Tabela 2 apresenta a estatística descritiva dos dados analisados. De acordo com os valores obtidos no portal Hidroweb da ANA (2021), a precipitação total do período foi de 67.158,2 mm. O valor médio mensal na região foi de 111,09 mm.

**Tabela 2** – Estatística descritiva da série histórica de precipitação.

<b>Parâmetros</b>	<b>Valores</b>
Média	111,09
Erro padrão	24,20
Mediana	123,96
Desvio padrão	83,81
Variância da amostra	7024,85
Mínimo (mensal)	9,52
Máximo (mensal)	223,56
Soma	1333,05
Nível de confiança (95,0%)	53,25

O valor mínimo obtido refere-se aos meses de julho, que atingiram somente 9,52 mm mês<sup>-1</sup> ao longo do período estudado, comportamento semelhante ao encontrado por Hoffmann et al. (2018), que também diagnosticaram, na região do Pará, o mês de julho como sendo o de menores taxas. O mês com maior pluviosidade correspondeu a janeiro, que atingiu média de 223,56 mm. Valores semelhantes foram identificados por Crispim (2019) em uma pesquisa realizada no município de Brasiléia, no estado do Acre, na qual janeiro também foi o mês histórico com maiores taxas de chuva, atingindo valores em torno de 240 mm mês<sup>-1</sup>.

## PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA

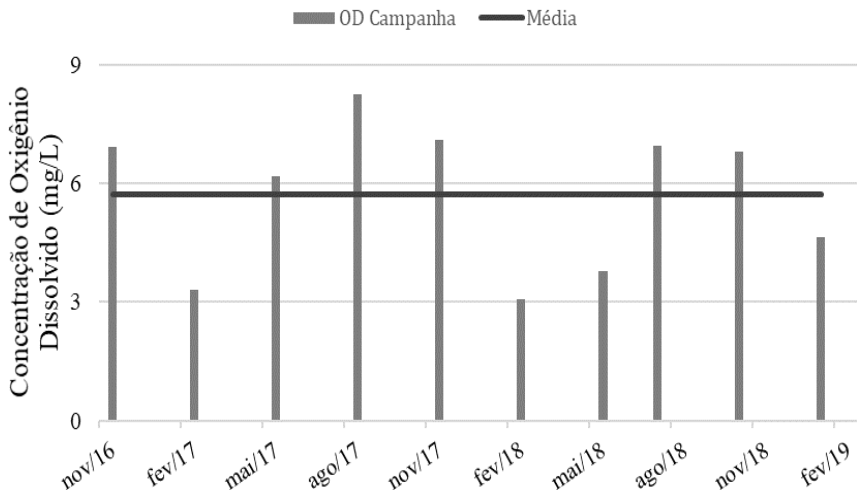
A Tabela 3 apresenta o histórico de dados de oxigênio dissolvido (OD) nas estações analisadas. A média das concentrações de OD encontradas durante todo o período analisado foi de 5,72 mg/L. A maior concentração por campanha realizada foi encontrada em agosto de 2017, em que o OD atingiu 8,26 mg/L. A menor, por sua vez, foi identificada na campanha de fevereiro de 2018, 3,06 mg/L, resultado abaixo do que é previsto pela Resolução CONAMA 357/2005, a qual prescreve no art. 15, item VI, que o OD para as águas de classe II, em qualquer amostra, não deve ser inferior a 5 mg/L.

**Tabela 3** – Concentração de oxigênio dissolvido na bacia hidrográfica do Guaporé.

Curso d'água	Oxigênio Dissolvido (mg/L)									
	2016 Nov	2017				2018				2019 Fev
		Fev	Mai	Ago	Nov	Fev	Mai	Jul	Out	
Rio Cabixi	7,01	5,43	6,09	9,2	7,3	5,93	5,81	8,51	7,22	5,76
Pimenteir as do	7,27	2,37	6,68	8,54	6,9	2,09	2	7,93	6,7	-
Oeste Rio Mequéns	6,61	2,24	6,26	8,58	5,44	-	-	-	-	-
Rio Branco	-	-	-	-	-	-	6,91	7,72	5,82	6,86
Rio São Miguel	6,29	4,74	6,8	8,36	6,3	3,92	5,26	7,05	6,55	3,71
São Fco. Rio Guaporé	6,98	2,32	6,38	8,14	8,41	1,95	1,78	5,16	7,58	2
C. Marq. Rio Guaporé	7,42	2,79	4,88	6,75	8,33	1,41	0,94	5,41	6,92	2,15
<b>Média</b>	<b>6,93</b>	<b>3,32</b>	<b>6,18</b>	<b>8,26</b>	<b>7,11</b>	<b>3,06</b>	<b>3,78</b>	<b>6,96</b>	<b>6,80</b>	<b>4,64</b>

Quando analisadas as concentrações médias de OD, verificou-se uma tendência de diminuição de OD nos meses com maiores precipitações, como por exemplo nas campanhas realizadas em fevereiro de 2017, 2018 e 2019, cujas concentrações médias de OD foram 3,32 mg/L, 3,06 mg/L e 4,64 mg/L, respectivamente.

Por outro lado, no período de estiagem, como por exemplo os meses de agosto e novembro de 2017 e julho de 2018, as médias apresentadas foram de 8,26 mg/L, 7,11 mg/L e 6,96 mg/L, respectivamente, atingindo assim os maiores valores da série histórica estudada, conforme ilustrado pela Figura 4.



**Figura 4** – Série temporal do comportamento do oxigênio dissolvido durante o período analisado.

Resultados semelhantes foram encontrados por Zuffo et al. (2013), que, ao estudar a qualidade da água nos principais cursos d'água superficiais em Rondônia, associaram a queda do oxigênio dissolvido às atividades de pecuária, sugerindo a hipótese de que os altos índices de precipitação provocam o carreamento de matéria orgânica para os cursos d'água. Esse material, por sua vez, demanda oxigênio para a realização da oxidação química e

bioquímica, através da respiração dos microrganismos, constituindo então o processo conhecido como depuração (VALENTE et al., 1997).

No tocante ao potencial hidrogeniônico, Sperling (2018) afirma que este representa a concentração de íons de hidrogênio, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, sendo sua faixa variável de 0 a 14.

O pH da grande maioria dos corpos d'água varia entre 6 e 8. Ecossistemas que apresentam valores baixos de pH têm elevadas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone. Nesses ecossistemas, são encontradas altas concentrações de ácido sulfúrico, nítrico, oxálico, acético, além de ácido carbônico, formado, principalmente, pela atividade metabólica dos micro-organismos aquáticos. (VASCONCELOS; SOUZA, 2011).

Em cursos d'água naturais, valores de pH superiores a 8 podem causar a transformação do íon amônia em gás amoníaco, que em altas concentrações provocam, entre outros danos, a mortandade de peixes. Com exceção da campanha realizada em agosto de 2017, cujos valores encontrados são inferiores a 5,92, todos os contribuintes analisados atendem aos requisitos exigidos pela Resolução N.º 357/2005 do CONAMA.

O valor médio encontrado em todo o período analisado foi 6,65, sendo que o maior valor identificado foi 7,81, correspondente ao mês de fevereiro de 2017. Nesse período os contribuintes dos rios Cabixi, Mequéns e São Miguel possuíam valores alcalinos, superiores a 8, conforme demonstrado na Tabela 4.

**Tabela 4-** Resultados médios de pH na bacia hidrográfica do Guaporé

<b>pH</b>										
<b>Curso d'água</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>				<b>2018</b>				<b>2019</b>
	<b>Nov</b>	<b>Fev</b>	<b>Mai</b>	<b>Ago</b>	<b>Nov</b>	<b>Fev</b>	<b>Mai</b>	<b>Jul</b>	<b>Out</b>	<b>Jan</b>
Rio Cabixi	6,27	8,4	6,55	5,33	7,15	6,69	6,73	6,99	6,8	6,33
Pimenteiras do Oeste	6,65	7,69	6,72	4,08	7	6,12	6,22	7,03	6,64	5,99
Rio Mequéns	6,25	8,18	6,18	3,34	6,55	-	-	-	-	-
Rio Branco	-	-	-	-	-	-	6,93	7,39	6,69	6,88
Rio São Miguel	6,07	8,08	6,58	5,92	6,65	5,88	6,31	6,82	6,43	5,63
São Fco. Rio Guaporé	6,87	7,56	7,3	3,15	8,33	5,82	5,95	6,7	7,15	5,45
C. Marq. Rio Guaporé	7,01	7,59	7,81	4,01	8,47	5,9	6,01	6,64	7,29	5,65
<b>Média</b>	<b>6,40</b>	<b>7,81</b>	<b>6,61</b>	<b>3,65</b>	<b>6,94</b>	<b>6,00</b>	<b>6,23</b>	<b>6,87</b>	<b>6,74</b>	<b>5,79</b>

(-): não possui dados.

Ao pesquisar outras bacias hidrográficas do estado de Rondônia, Zuffo et al. (2013) diagnosticaram resultados semelhantes que se enquadram na mesma classe de qualidade de água.

Com relação à turbidez, segundo Zuffo et al. (2013), nas águas da bacia do rio Guaporé, o aspecto predominante é ligeiramente turvo. De acordo com a classificação de águas doces de classe II, na Resolução N.º 357/2005 do CONAMA, em seu artigo 16, (BRASIL, 2005), o limite máximo de turbidez é de 100 unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

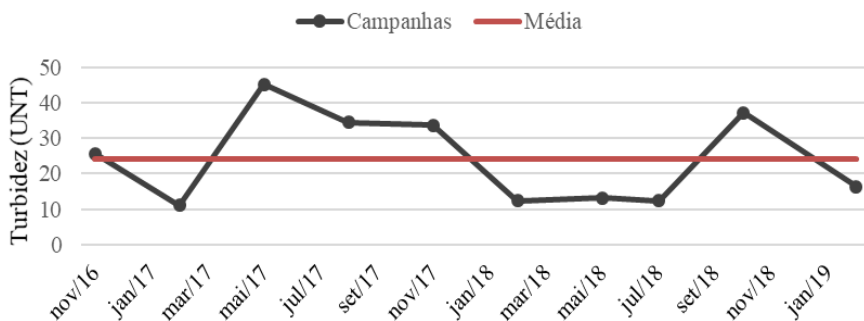
Os valores de turbidez encontrados na bacia hidrográfica do rio Guaporé ficaram abaixo do limite estabelecido na Resolução N.º 357/2005 do CONAMA (Tabela 5).

**Tabela 5** - Resultados para turbidez na bacia hidrográfica do Guaporé

Curso d'água	Turbidez									
	2016 Nov	2017				2018				2019 Jan
	Nov	Fev	Mai	Ago	Nov	Fev	Mai	Jul	Out	Jan
Rio Cabixi	54	39	51,12	7,74	44,75	36,51	38,6	15,21	70	54,14
Pimenteiras do Oeste	34	4	66,14	6,29	25,37	8,6	2,89	10,09	25,86	7,46
Rio Mequéns	12	1,14	30,25	12,59	12,19	-	-	-	-	-
Rio Branco	-	-	-	-	-	-	21,49	9,79	-	24,64
Rio São Miguel	31	14	69,56	18,98	101,35	13,63	14,33	26,24	57,5	3,99
São Fco. Rio Guaporé	11	3	52,77	11,15	10,56	1,65	1,15	5,35	14,25	1,43
C. Marq. Rio Guaporé	12	6	1,05	149,96	7,45	1,74	0,73	7,75	18,3	6,66
<b>Média</b>	<b>25,67</b>	<b>11,19</b>	<b>45,15</b>	<b>34,45</b>	<b>33,61</b>	<b>12,43</b>	<b>13,20</b>	<b>12,41</b>	<b>37,18</b>	<b>16,39</b>

(-): não possui dados.

A Figura 5 apresenta o comportamento da turbidez na bacia ao longo do período estudado.



**Figura 5** – Comportamento do parâmetro turbidez ao longo do período estudado.

Os valores médios de turbidez para o período analisado foram 24,17 UNT. O menor valor de turbidez foi de 11,19 UNT,

identificado na campanha de fevereiro de 2017. A maior turbidez, por sua vez, foi encontrada na campanha posterior, em maio de 2017, na qual os resultados atingiram o pico de 45,15 UNT. Esses resultados vão ao encontro do que foi ilustrado por Lima (2007), que diagnosticou valores inferiores a 20 UNT para os rios da BCH Guaporé.

A presença de nitratos em águas naturais é um assunto que tem preocupado muito a comunidade científica, visto o grande prejuízo que pode causar à saúde e ao meio ambiente (GOMES et al., 2011).

Neste mesmo pensamento, Vasconcelos e Souza (2011) afirmam que o nitrato é a principal forma de nitrogênio presente em um corpo hídrico, e seu monitoramento permite correlacionar o grau de eutrofização de um corpo hídrico e a progressão dos projetos de remediação ambiental.

De acordo com Tortora, Funke e Case (2017), sua presença em águas rurais pode estar relacionada com o uso de fertilizantes, e quando este é ingerido, bactérias do trato digestivo o convertem em nitrito, o qual compete por oxigênio no sangue, além de ser muito prejudicial para lactentes.

Para Sperling (2018), a predominância de nitrogênio amoniacal em um corpo hídrico é indicadora de uma possível poluição recente, já a presença de nitrato pode indicar que a poluição já é antiga.

Em relação ao nitrogênio amoniacal, Fonseca (2017) afirma que esse composto é comumente encontrado nas águas superficiais ou subterrâneas estaduais. Entretanto, sua ocorrência em concentrações elevadas pode interferir na dinâmica do oxigênio dissolvido, e, conseqüentemente, prejudicar algumas espécies.

Analisando as informações contidas na Tabela 6, em que pese os dados estarem disponíveis apenas para os meses de outubro de 2018 e janeiro de 2019, observou-se que os índices de nitrato e

nitrogênio amoniacal estiveram abaixo dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, cujos valores são de 10,0 mg/L para o nitrato e 3,7 mg/L para  $\text{pH} \leq 7,5$ , para nitrogênio amoniacal, em águas de classe I ou classe II.

**Tabela 6** – Concentrações de nitrato e nitrogênio amoniacal ao longo do período estudado.

Curso d'água	Nitrato (mg/L)		Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	
	2018 Out	2019 Jan	2018 Out	2019 Jan
Rio Cabixi	1,70	0,77	0,02	0,04
Pimenteiras do Oeste	0,53	0,56	0,03	0,01
Rio Mequéns	-	-	-	-
Rio Branco	-	0,69	0,36	0
Rio São Miguel	-	0,31	0,02	0,02
São Fco. Rio Guaporé	-	0,29	-	0,01
C. Marq. Rio Guaporé	-	0,03	0,02	0,01
<b>Média</b>	<b>1,12</b>	<b>0,67</b>	<b>0,09</b>	<b>0,01</b>

(-): não possui dados.

É importante ressaltar que no ano de 2018 não existem dados disponíveis relacionados ao parâmetro nitrato para os rios Branco, São Miguel e Guaporé.

Em trabalho realizado por Zuffo et al. (2013), registrou-se o teor máximo de nitrato de 2,5 mg/L, na bacia hidrográfica do rio Guaporé.

Assim, considerando os teores encontrados na presente pesquisa, pode-se afirmar que, em relação aos compostos



nitrogenados, os cursos d'água analisados estão dentro dos padrões exigidos pela normativa para a classe II de qualidade da água.

Em relação ao cloreto, Sperling (2018) afirma que este altera não somente as propriedades organolépticas da água, como também a composição química, sendo um indicador de antropização e poluição dos recursos hídricos, tendo como principais fontes os dejetos humanos e de animais, devido aos hábitos alimentares desses grupos.

Até o momento de realização da presente pesquisa, foram disponibilizadas somente duas séries de dados apresentando as concentrações de cloreto na bacia hidrográfica do Guaporé relativos aos períodos de outubro de 2018 e janeiro de 2019 (Tabela 7). A concentração média dos períodos foi de 2,34 mg/L e 2,53 mg/L para os meses de outubro de 2018 e janeiro de 2019, respectivamente. Apesar do aumento significativo entre os dois momentos de coleta (valor  $p < 0,005$ ), todos os resultados obtidos estão de acordo com o valor orientador, que é de até 250 mg/L para águas de classe II.

**Tabela 7** – Concentrações de cloreto (mg/L) no período estudado.

<b>Curso d'água</b>	<b>Outubro 2018</b>	<b>Janeiro 2019</b>
Rio Cabixi	1,65	2,60
Pimenteiras do Oeste	1,44	3,30
Rio Mequéns	-	-
Rio Branco	1,97	2,59
Rio São Miguel	1,97	1,65
São Fco. Rio Guaporé	1,77	2,51
C. Marq. Rio Guaporé	5,13	2,56
<b>Média</b>	2,32	2,53

(-): não possui dados.

Embora o teor de cloretos seja considerado um indicador de poluição por esgotos domésticos nas águas, os valores registrados estão dentro dos limites exigidos pela Resolução CONAMA 357/ 05,

que é de 250 mg/L. Esses valores vão ao encontro dos obtidos por Vasconcelos e Souza (2011), em trabalho realizado no manancial Utinga em Belém, no Pará, também na região Norte, no qual o menor valor encontrado referente ao cloreto foi de 6 mg/L e o maior valor foi de 72 mg/L.

## **CONCLUSÃO**

Ao final da análise dos dados obtidos, tomando-se por base a Resolução CONAMA 357/2005, foi possível identificar que os parâmetros observados estão dentro dos padrões preconizados pela normativa legal para as águas doces de classe II.

No tocante ao OD, observou-se que na bacia do rio Guaporé os menores índices foram registrados no período chuvoso, entretanto, estão dentro dos requisitos estabelecidos pela normativa de referência.

Quanto ao nível UNT para turbidez, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, os valores poderão atingir até 100 UNT, sendo assim, todos os valores apresentados estão dentro dos padrões, ou seja, inferiores a 100 UNT.

No que diz respeito aos teores de nitrato e nitrogênio amoniacal, todos os valores encontram-se dentro dos padrões exigidos, os quais estão diretamente relacionados com o valor do pH, bem como a classificação dos cursos d'água.

Em relação aos índices de cloreto, em que pese os dados estarem disponíveis apenas para os meses de outubro de 2018 e janeiro de 2019, os valores obtidos para a variável estão abaixo do que o recomendado na normativa utilizada como referência.

Embora a BCH do rio Guaporé tenha sofrido pela ação antrópica, seja pela atividade agropecuária, seja pelo despejo de esgotos domésticos e /ou industriais, os parâmetros observados estão dentro dos padrões preconizados pela normativa legal para as águas doces de classe II.

Entretanto, recomenda-se a realização de estudos em períodos prolongados com maior escala temporal nos demais contribuintes da bacia hidrográfica, a fim de verificar o comportamento dos parâmetros analisados de acordo com o regime de cheia e vazante dos rios, bem como potenciais atividades poluidoras.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N.º 2717/2015.

À Universidade Federal de Rondônia-UNIR, campus Ji-Paraná.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Resolução nº 903, de 22 de julho de 2013.** Cria a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais – RNQA e estabelece suas diretrizes.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Portal da Qualidade das Águas.** Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/Qualiagua.aspx>>. Acesso em: 07 jun 2021.

BRASIL – Normas, Leis, Portarias: **Portaria 36, Ministério da Saúde. "Padrão de Potabilidade da Água Destinada ao Consumo Humano.** Diário Oficial da União, 19 de novembro de 1990.

BUENO, L. F.; JOÃO, A.G.; BORGES, M. J. **Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde** – Conchal – SP. Eng. Agríc., Jaboticabal. v.25, n.3, p.742-748, 2005.

CLESCERI, L. S.; GREENBERGH, A. E.; TRUSSELL, R.R. (Editors). **Standard Methods: For Examination of Water and Wastewater.** 17th. edition. Washington, 1989.

CONAMA. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

FONSECA, A.L. **Determinação do índice de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal na água da lagoa de Extremoz, RN.** 2017. Trabalho de conclusão apresentado ao Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Química do Petróleo. Natal, 2017.

FUJII, F. Y. **Análise comparativa entre o processo de lodo ativado e o reator de biofilme de leito móvel na remoção de nitrogênio de esgoto sanitário.** 2011. Dissertação (Mestrado em engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP., p. 109, 2011.

GOMES, A.A.; DOBLONI, E. M.N.; LAVATORI, M.P.; ROCHA, G.P. **Determinação de nitratos em águas doce, salina e salobra utilizando um método alinhado com os princípios da Química Verde.** FIRJAN/SENAI, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.resag.org.br/congressoresagenqualab2014/anais/trabalhos/arquivocompleto102.1413576704.pdf>>. Acesso em: 07 jun 2021.

LIMA, M. L. A. D. **Uso do geoprocessamento na qualidade de água superficial destinada ao abastecimento humano no Estado de Rondônia. Anais.** I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, p. 199-206, 2007.

MORITA, T., ASSUMPÇÃO, R. M. V. **Padronização Preparação Purificação.** 2 ed. São Paulo: Editora. Edgard Blucher Ltda, 1972.

MOTA, S.; VON SPERLING, M. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção.** Rio de Janeiro: PROSAB/FINEP, v. 1, 430 p., 2009.

SALES, M. S. **Dinâmica do mercúrio total e metilmercúrio na água do médio rio Machado e principais afluentes (Rondônia).** Dissertação apresentada ao - Mestrado Profissional em Rede

Nacional em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos- Profágua. Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Ji-Paraná, Rondônia. 2020.

SEDAM. **Contrato N° 031/2016/ANA – QUALIAGUA**. Disponível em: < [http://coreh.sedam.ro.gov.br/wp-content/uploads/2019/04/Contrato-e-DOU-SEDAM\\_RO-1.pdf](http://coreh.sedam.ro.gov.br/wp-content/uploads/2019/04/Contrato-e-DOU-SEDAM_RO-1.pdf)>. Acesso em: 07 jun 2021.

SEDAM. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia. **Relatório de etapa, 2018**. Disponível em: <<http://coreh.sedam.ro.gov.br/wp-content/uploads/2019/08/RELATORIO-ETAPA-03.pdf>>. Acesso em: 07 jun 2021.

SEPOG – SECRETARIA de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão. **O produto interno bruto dos municípios de Rondônia, 2014**. Gerência do Observatório. Porto Velho, 2014. Disponível em: <<http://www.sepog.ro.gov.br/Uploads/Arquivos/PDF/PIBRondonia/Resumo%20O%20Produto%20Interno%20Municipal%202014.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2021.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta amazônica**, v. 38, n. 4, p. 733-742, 2008. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000400017>>. Acesso em: 05 jul. 2021.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2018.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. **Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano**. **Scientia Agricola**. v. 59, n.1, p.181-186. 2002.

TORTORA, G. J, FUNKE, B.R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 12 ed. São Paulo: Artmed, 2017.

VASCONCELOS, V. M. M.; SOUZA, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA. **Revista Ambiente & Água**, v. 6, n. 2, p. 605-624. 2011.

VOGEL, A. I. **Análise Química Quantitativa**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1992.

ZUFFO, C. E.; NASCIMENTO, G. F.; ABREU Francisco A. M.; CAVALCANTE, I. N. 2013. Caracterização da Qualidade de Águas Superficiais em Rondônia. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. v. 36, p. 25-39, 2013.

## CAPÍTULO 47

# CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOMORFOMÉTRICA DA MICROBACIA DO RIO ÁGUA BOA, AMAZÔNIA OCIDENTAL, BRASIL

**Danilo da Silva Marinho<sup>169</sup>, Miquel Victor Batista Donegá<sup>170</sup>,  
Wanderson Cleiton Schmidt Cavalheiro<sup>171</sup>, Nilson Reinaldo  
Fernandes dos Santos Junior<sup>172</sup> & Jhony Vendruscolo<sup>173</sup>**

### 1. INTRODUÇÃO

A microbacia do rio Água Boa está localizada no território do Cone Sul do estado de Rondônia, pertence à bacia do rio Guaporé e abrange 69 estabelecimentos agropecuários privados (INCRA, 2018). Portanto, a região é considerada muito importante dos pontos de vista social, econômico e ambiental, havendo a necessidade de um planejamento eficiente para integrar as atividades antrópicas e a conservação dos recursos naturais, a fim de se alcançar o desenvolvimento sustentável.

Para realizar o planejamento integrado é necessário conhecer os potenciais de uso e fragilidades ambientais, e, no caso das microbacias, essas informações estão associadas com as características geométricas, topográficas e hidrográficas de sua paisagem. As geotecnologias permitem a aquisição destas informações em tempo hábil e com baixo custo financeiro (SOARES et al., 2019), tornando possível avaliar o nível de

---

<sup>169</sup> Engenheiro Florestal. danilomarinhorm@gmail.com

<sup>170</sup> Graduando do curso de Agronomia, Universidade Federal do Amazonas - UFAM. miquel@ufam.edu.br

<sup>171</sup> Mestre em Ciências Ambientais - UNIR. engflo.ro@gmail.com

<sup>172</sup> Bacharel em Engenharia Florestal - UNIR. nilsonrfs.junior@gmail.com

<sup>173</sup> Professor da UFAM. jhonyvendruscolo@gmail.com

suscetibilidade a inundações, potencial agropecuário, disponibilidade de recursos hídricos, aptidão à mecanização agrícola e suscetibilidade à propagação de incêndios, e também selecionar as práticas de manejo mais adequadas para a conservação do solo e da água (SILVA et al., 2021).

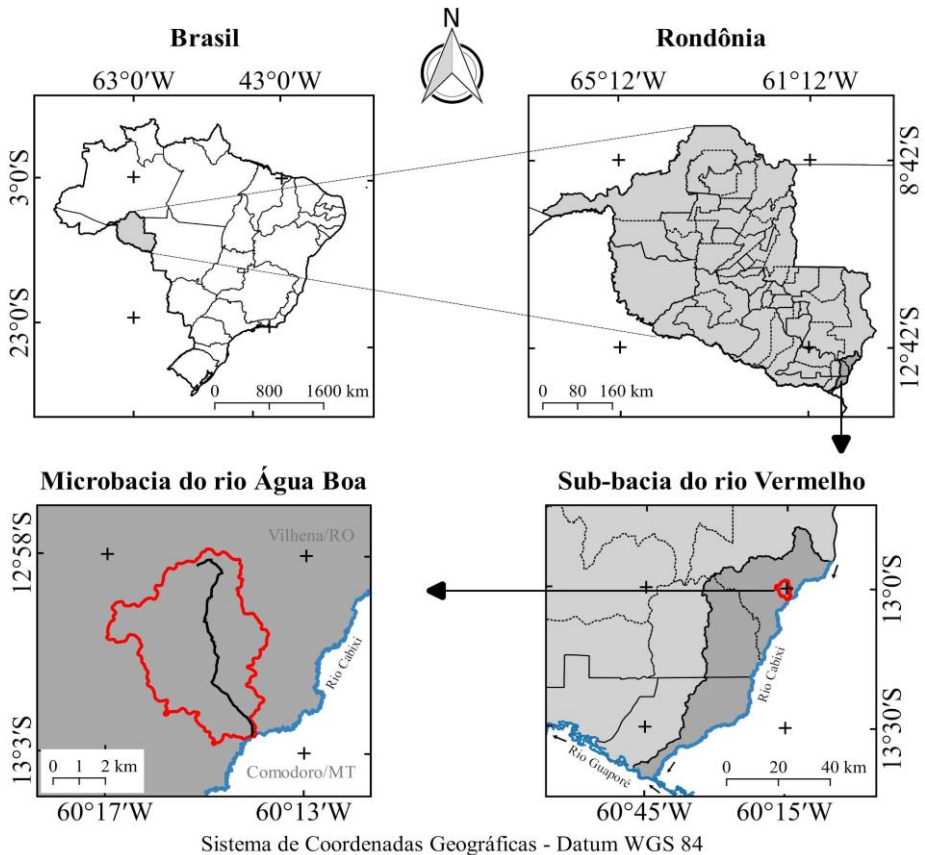
Em face à escassez de informações, objetivou-se, com o presente trabalho, realizar a caracterização hidrogeomorfométrica da microbacia do rio Água Boa, visando fornecer subsídios para a elaboração de um planejamento integrado, rumo ao desenvolvimento sustentável.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **Localização e características gerais da área de estudo**

A microbacia do rio Água Boa está localizada na sub-bacia do Vermelho, no município de Vilhena (Figura 1). Esta região tem clima do tipo monção, temperaturas médias entre 24° e 26°C (ALVARES et al., 2013), precipitações entre 1.564,5 e 1.728,9 mm, concentrada principalmente nos meses de novembro a março (FRANCA, 2015), e solos classificados como Neossolos Quartzarênicos (83,87%) e Cambissolos Distróficos (16,13%) (SEDAM, 2002).





**Figura 1.** Localização da microbacia Água Boa, Amazônia Ocidental, Brasil.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

### Características da paisagem

Este trabalho foi realizado em quatro etapas, utilizando-se os *softwares* QGIS 2.10.1 (versão Pisa), TrackMaker Free e Google Earth, imagens de satélites e equações disponíveis na literatura.

### 1ª Etapa

O perímetro da microbacia foi delimitado automaticamente com a ferramenta TauDEM (Pit Remove < D8 Flow Directions < D8

Contributing Area - 1ª versão) < Stream Definition By Threshold < Edição do ponto de exutório < D8 Contributing Area - 2ª versão) e imagens altimétricas do satélite Alos (Sensor Palsar) (ASF, 2017), com resolução espacial de 12,5 m. O arquivo matricial, gerado na ferramenta TauDEM, foi convertido para o formato vetorial (ferramenta “poligonizar”), em seguida, dissolvido (ferramenta “dissolver”), suavizado (ferramenta “simplificar geometria”) e ajustado manualmente com o *software* Google Earth, considerando-se as características da rede de drenagem e relevo. Posteriormente, a área e o perímetro foram calculados (ferramenta “calculadora de campo”).

Os parâmetros fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compacidade foram mensurados com as equações 1, 2 (VILLELA; MATTOS, 1975) e 3 (CHRISTOFOLETTI, 1980), e interpretados de acordo com dados da literatura (Tabela 1).

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: F = fator de forma; A = área da microbacia (km<sup>2</sup>); L = comprimento do eixo da microbacia (km).

$$Ic = \frac{12,57xA}{P^2} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: Ic = índice de circularidade; A = área da microbacia (km<sup>2</sup>); P = perímetro da microbacia (km).

$$Kc = 0,28x \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (\text{Equação =3})$$

Onde: Kc = coeficiente de compacidade; A = área da microbacia (km<sup>2</sup>); P = perímetro da microbacia (km).

A declividade da paisagem foi mensurada com a ferramenta “modelo digital de elevação”, e em seguida classificada para aquisição de informações sobre o relevo, influência na propagação de incêndios e aptidão à mecanização agrícola (Tabela 2).

**Tabela 1.** Classificação dos parâmetros fator de forma, índice de circularidade e coeficiente de compacidade.

Parâmetro	Limite	Classe
Fator de forma <sup>1</sup>	< 0,50	Não sujeito a enchentes
	0,50 – 0,75	Tendência média a enchentes
	0,76 – 1,00	Sujeito a enchentes
Índice de circularidade <sup>2</sup>	< 0,51	Forma alongada
	0,51 – 0,75	Forma intermediária
	0,76 – 1,00	Forma circular
Coeficiente de compacidade <sup>1</sup>	1,00 – 1,25	Alta propensão a enchentes
	1,26 – 1,50	Tendência média a enchentes
	> 1,50	Não sujeito a enchentes

**Fonte:** <sup>1</sup>Lima Júnior et al (2012); <sup>2</sup>Silva (2012).

**Tabela 2.** Classificação do relevo, influência na propagação de incêndios e aptidão à mecanização agrícola em função da declividade.

Parâmetro	Declividade (%)	Classe
Relevo <sup>1</sup>	0-3	Plano
	3-8	Suave ondulado
	8-20	Ondulado
	20-45	Forte ondulado
	45-75	Montanhoso
	> 75	Escarpado
Influência na propagação de incêndios <sup>2</sup>	≤ 15	Baixa
	16-25	Moderada
	26-35	Alta
	36-45	Muito alta
	> 45	Extremamente alta
Aptidão à mecanização agrícola <sup>3</sup>	0,0-5,0	Extremamente apta
	5,1-10,0	Muito apta
	10,1-15,0	Apta
	15,1-20,0	Moderadamente apta
	> 20,0	Não apta

**Fonte:** <sup>1</sup>Santos et al. (2013); <sup>2</sup>Ribeiro et al. (2008); <sup>3</sup>Höfig e Araújo-Júnior (2015).

### 3ª Etapa

A rede de drenagem foi editada com a ferramenta “adicionar caminho” no Google Earth. As trilhas, que representam os rios, foram salvas no formato Keyhole Markup Language (KML), unidas com a ferramenta “lápis” no TrackMaker Free e convertidas para o formato Shapefile (SHP) no QGIS. Posteriormente, foi identificado o padrão de drenagem, comparando-se a distribuição espacial da rede de drenagem da microbacia em estudo com dados de Parvis (1950), e classificada a ordem dos rios com a ferramenta “strahler”.

Os parâmetros densidade de nascentes, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção, índice de sinuosidade e tempo de concentração, foram calculados com as equações 4 (SANTOS et al., 2012), 5 (HORTON, 1932), 6 (CHRISTOFOLETTI, 1980), 7 (VILLELA; MATTOS, 1975) e 8 (TARGA et al., 2012).

$$Dn = \frac{N}{A} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde: Dn = densidade de nascentes (nascentes km<sup>-2</sup>); N = número de nascentes; A = área da microbacia (km<sup>2</sup>).

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde: Dd = densidade de drenagem (km km<sup>-2</sup>); L = comprimento da rede de drenagem (km); A = área da microbacia (km<sup>2</sup>).

$$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000 \quad (\text{Equação 6})$$

Onde: Cm = coeficiente e manutenção (m<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>); Dd = densidade de drenagem (km km<sup>-2</sup>).

$$Is = \frac{L - Dv}{L} \times 100 \quad (\text{Equação 7})$$

Onde: Is = índice de sinuosidade (%); L = comprimento do canal principal (km); Dv = distância vetorial do canal principal (km).

$$Tc = 57x \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (\text{Equação 8})$$

Onde: Tc = tempo de concentração (minutos); L = comprimento do talvegue principal (km); H = desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle (m).

Os parâmetros de ordem dos rios, densidade de nascentes, densidade de drenagem e índice de sinuosidade foram interpretados de acordo com dados da literatura (Tabela 3).

**Tabela 3.** Classificação dos parâmetros: ordem dos rios, densidade de nascentes, densidade de drenagem e índice de sinuosidade.

Parâmetro	Unidade	Limite	Classe
Ordem dos rios <sup>1</sup>	Unidades	1-3	Riachos pequenos
		4-6	Riachos médios
		> 6	Rios grandes
Ordem dos rios <sup>2</sup>	Unidades		Improvável habitat de peixes
		1	Baixas condições para habitação
		2	Moderadas condições para habitação
		3	
		≥ 4	Elevadas condições para habitação
Densidade de nascentes <sup>3</sup>	Nascentes km <sup>-2</sup>	< 3	Baixa
		3-7	Média
		7-15	Alta
		> 15	Muito alta
Densidade de drenagem <sup>4</sup>	km km <sup>-2</sup>	< 0,50	Baixa
		0,50-2,00	Média
		2,00-3,50	Alta
		> 3,50	Muito alta
Índice de sinuosidade <sup>5</sup>	%	< 20	Muito reto
		20-29	Reto
		30-39	Divagante
		40-50	Sinuoso
		> 50	Muito sinuoso

**Fonte:** <sup>1</sup>Vannote et al. (1980); <sup>2</sup>Adaptado de Fairfull e Witheridge (2003); <sup>3</sup>Lollo (1995); <sup>4</sup>Beltrame (1994); <sup>5</sup>Romero; Formiga; Marcuzzo (2017).

#### **4ª Etapa - Elaboração dos mapas**

Para a elaboração do mapa foi utilizada a ferramenta “novo compositor de impressão”, sistema de coordenadas geográficas e Datum WGS 84, no *software* QGIS.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **Características geométricas**

A microbacia do rio Água Boa tem área de 27,23 km<sup>2</sup>, perímetro de 28,68 km, fator de forma de 0,55 (não sujeita a enchentes), índice de circularidade de 0,42 e coeficiente de compacidade de 1,54 (tendência mediana a enchentes). Os resultados denotam que a microbacia tem forma alongada e não é sujeita a enchentes, do ponto de vista geométrico. O formato alongado torna a microbacia menos suscetível a enchentes do que o formato circular, por dois motivos: primeiro, existe menor probabilidade de a precipitação pluviométrica ocorrer em toda a sua extensão simultaneamente, e, segundo, os afluentes deságuam em diferentes pontos ao longo do rio principal, não havendo, portanto, a concentração de todo o deflúvio em um único ponto (VILLELA; MATTOS, 1975).

#### **Características topográficas**

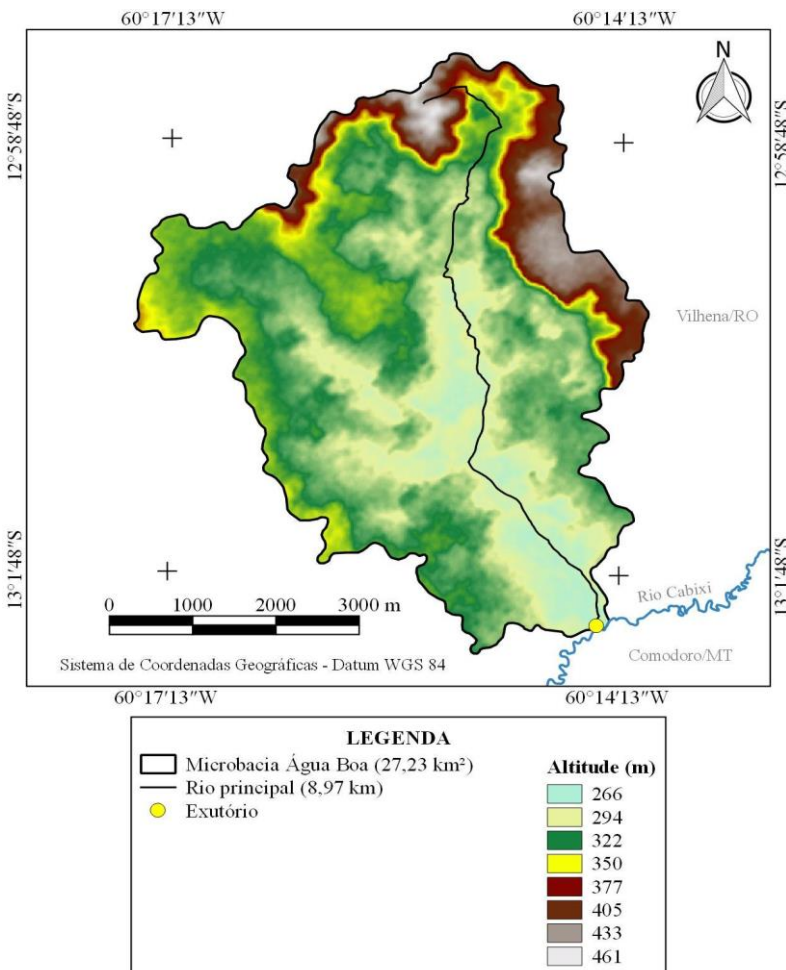
A altitude varia de 266 a 461 m (Figura 2), com valor médio de 324 m e amplitude altimétrica de 195 m. Esse parâmetro mostra-se muito importante para zoneamentos climáticos por influenciar a temperatura, com a redução de 0,48°C a cada 100 m de elevação (FRITZSONS, MANTOVANI; WREGE, 2016), e, conseqüentemente, a precipitação, evapotranspiração (VILLELA; MATTOS, 1975) e a composição florística. Em estudos realizados por Bourke (2010),

foram identificadas espécies vegetais de interesse econômico que ocorrem na mesma faixa de altitude da microbacia do rio Água Boa: abacaxi (*Ananas comosus*), amendoim (*Arachis hypogaea*), arroz (*Oryza sativa*), banana (*Musa* spp.), cacau (*Theobroma cacao*), café conilon (*Coffea canephora* var. *robusta*) cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), feijão (*Phaseolus vulgaris*), goiaba (*Psidium guajava*), laranja (*Citrus sinensis*), limão (*Citrus limon*), mandioca (*Manihot esculenta*), melancia (*Citrullus lanatus*), milho (*Zea mays*), tangerina (*Citrus reticulata*) e outras. Logo, a faixa de altitude da microbacia permite o cultivo de várias espécies de interesse comercial, indicando um elevado potencial financeiro da região.

A declividade da microbacia varia de 0 a 135%, formando desde relevos planos até escarpados, contudo, predominam as classes suave ondulado (39,55%), ondulado (36,32%) e plano (11,68%), correspondendo a 87,55% da área total (Figura 3). O aumento da declividade eleva a velocidade de escoamento superficial (LEPSCH et al., 2015) e, conseqüentemente, a suscetibilidade de perda de solo e água por erosão hídrica (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014). Também é importante salientar que 83,87% da área da microbacia é formada por Neossolos Quartzarênicos e 16,13 % por Cambissolos Distróficos (SEDAM, 2002). Estes solos apresentam características que favorecem a erosão hídrica, por ser constituído principalmente de areia (Neossolos Quartzarênicos) ou apresentar horizonte B incipiente (Cambissolos) (SANTOS et al., 2018). Neste contexto, recomenda-se, para os estabelecimentos agropecuários, a adoção das seguintes práticas de manejo conservacionista do solo: terraços para as áreas com declividade de até 20%, plantio em contorno para áreas com declividade de até 24%, florestamentos e reflorestamentos em áreas com declividade acima de 24%, além da manutenção da vegetação nativa nas áreas de preservação permanente e reserva legal.

Com base na declividade, também é possível inferir que a microbacia tem 79,03, 12,45, 3,82, 2,35 e 2,35% de sua área

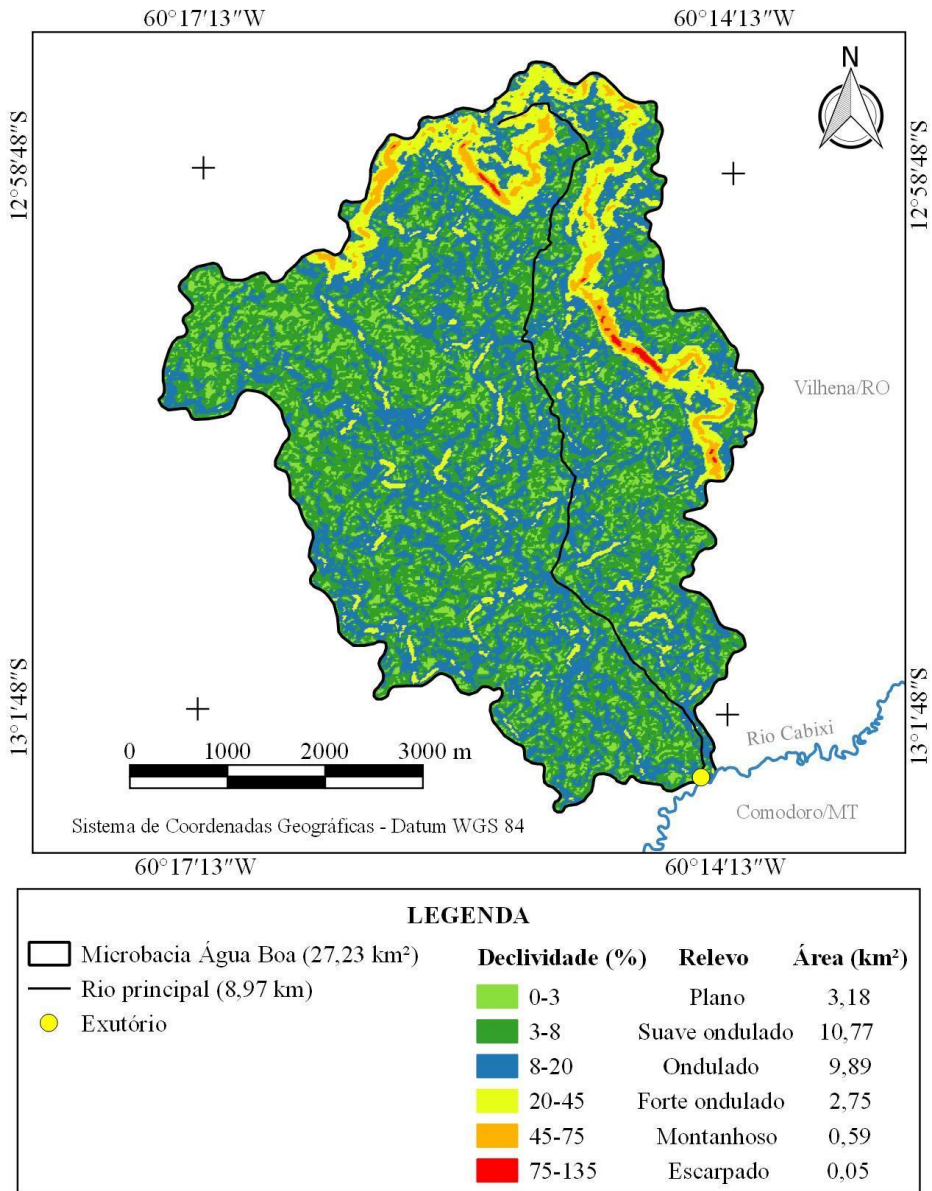
classificada como de baixa, moderada, alta, muito alta e extremamente alta influência na propagação de incêndios, respectivamente. Assim, observa-se que 20,97% da área da microbacia tem moderada a extremamente alta influência na propagação de incêndios, portanto, são recomendadas ações de prevenção e combate a incêndios na região, por exemplo, a difusão de projetos de educação ambiental, execução e otimização de aceiros, e estudos relacionados à identificação da carga de material ombustível na área.



**Figura 2.** Altitude da microbacia Água Boa, Amazônia Ocidental, Brasil.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.





**Figura 3.** Relevo da microbacia Água Boa, Amazônia Ocidental, Brasil.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Em relação à aptidão agrícola, observou-se que 27,87, 34,45, 16,75, 8,45 e 12,49% de área da microbacia é classificada como extremamente apta, muito apta, apta, moderadamente apta e não

apta à mecanização agrícola, respectivamente. A aptidão à mecanização agrícola, com base na declividade do terreno, está associada com o nível de locomoção das máquinas agrícolas, sendo observado que nas regiões classificadas como muito aptas a extremamente aptas não há limitação para nenhum maquinário, e na região apta podem ser utilizadas máquinas agrícolas motomecanizadas se as encostas não forem muito irregulares, mas com dificuldade de locomoção (LEPSCH et al., 2015). Portanto, a agricultura mecanizada pode ser adotada em 79,07% da área total da microbacia, confirmando um elevado potencial para tecnificação das atividades agrícolas na região, e em diferentes níveis.

Na região há registros de outras microbacias que apresentam > 90% de suas áreas aptas a extremamente aptas à mecanização agrícola, como as microbacias dos rios Cutia (SILVA et al., 2021), Gavião (DONEGÁ et al., 2021), Mutum (SOUZA et al., 2021), Azul (ANJOS et al., 2021) e Jacuri (PANZA et al., 2020). Estas microbacias, juntamente com a microbacia em estudo, estão localizadas no território do Cone Sul do estado de Rondônia, região reconhecida pelo desenvolvimento do agronegócio com cultivo mecanizado.

### **Características hidrográficas**

A rede de drenagem tem 58,48 km, padrão dendrítico de 4º ordem (Figura 4), densidade de nascentes de 4,35 nascentes km<sup>-2</sup> (Figura 5), densidade de drenagem de 2,14 km km<sup>-2</sup>, coeficiente de manutenção de 465,6 m<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>, índice de sinuosidade de 21,96% e tempo de concentração de 1,57 h.

O padrão de drenagem dendrítico é formado por riachos que fluem sobre rochas homogêneas horizontais (PARVIS, 1950), e apresenta boa ramificação (MOREIRA et al., 2017).

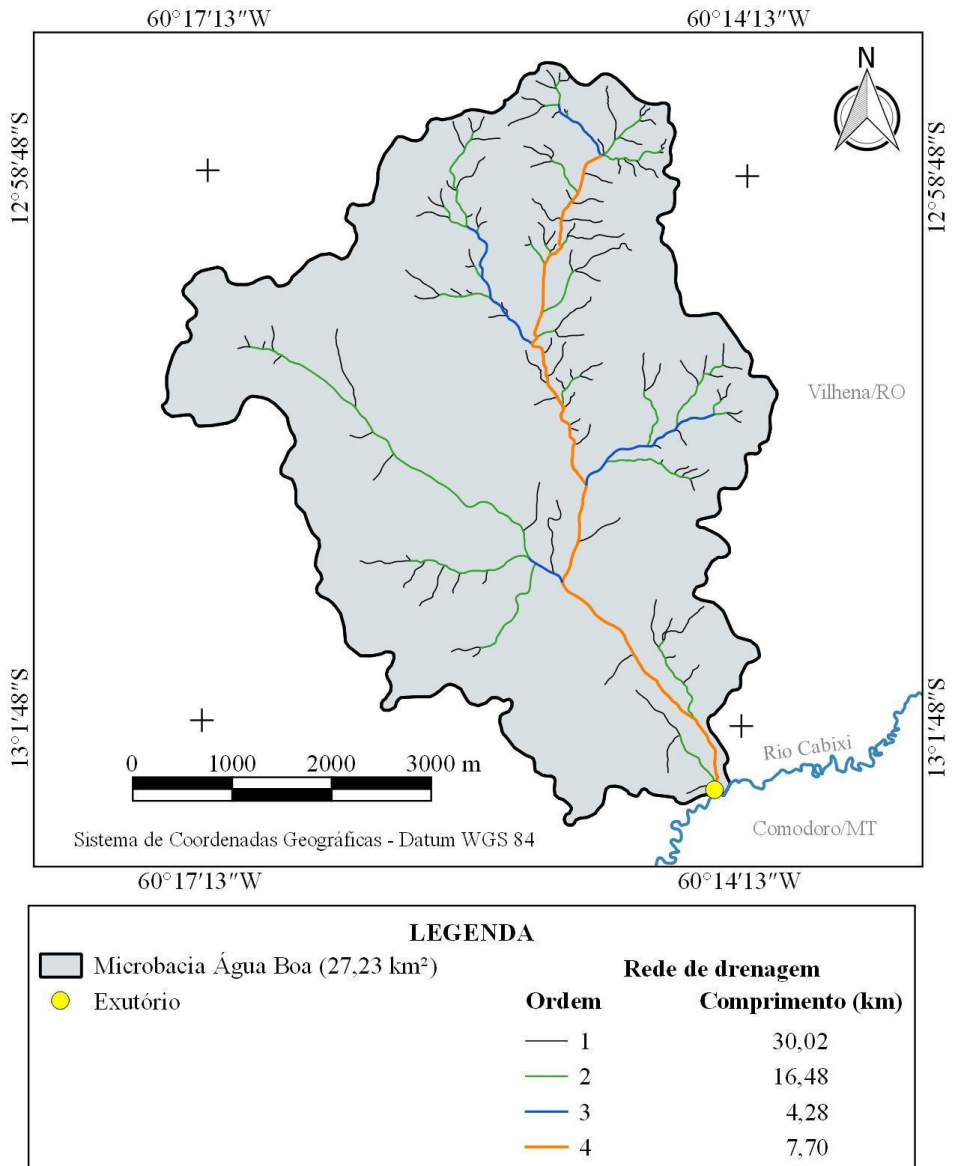
O número de ordens confirma a formação de um rio principal com porte médio e com elevadas condições para a habitação de

peixes. O acréscimo do número de ordens eleva a profundidade média e a largura média do canal (BARILA, WILLIAMS; STAUFFER, 1981), influenciando o fluxo, estrutura do habitat, seleção alimentar, possibilidade de extinção da fauna aquática e a riqueza de espécies aquáticas (HORWITZ, 1978; HUGHES, KAUFMANN; WEBER, 2011). Portanto, a 4ª ordem denota um potencial para o desenvolvimento da piscicultura na microbacia.

A densidade de nascentes é média e a densidade de drenagem é alta. Estas características denotam que a região tem um bom potencial hídrico, assim como uma boa distribuição espacial (Figura 5). Estas características são desejáveis para o desenvolvimento de atividades econômicas nos estabelecimentos agropecuários, como a dessedentação de animais em sistemas pecuários e a irrigação em sistemas agrícolas.

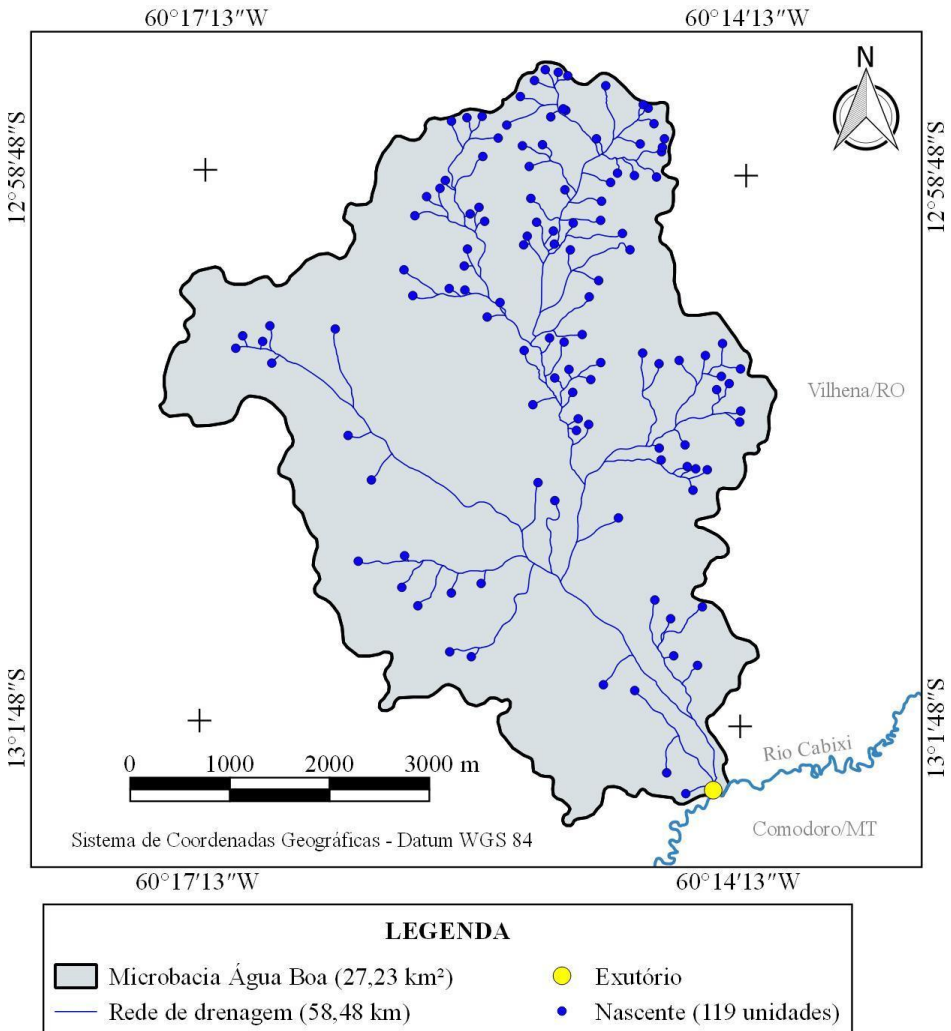
A alta densidade de drenagem também denota uma baixa transmissibilidade do terreno, o que o torna suscetível à erosão (CHEREM et al., 2020). Portanto, reforça-se mais uma vez a importância da adoção de práticas conservacionistas do solo para mitigar esse problema.

O coeficiente de manutenção indica que são 465,60 m<sup>2</sup> de área para manter 1 m de curso d'água na microbacia Água Boa. Esse valor é considerado médio em relação aos observados em outras microbacias da região Três Galhos (254,5 m<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>) (SILVA et al., 2021), Paraíso (283,0 m<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>) (LIMA et al., 2021), Águas Claras (366,50 m<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>) (SANTOS et al., 2021), Mutum (499,4 m<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>) (SOUZA et al., 2021), Jacuri (1.102,9 m<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>) (PANZA et al., 2020), Gavião (1.250,0 m<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>) (DONEGÁ et al., 2021). Logo, a microbacia do rio Água Boa tende a ser menos suscetível à escassez hídrica do que as microbacias dos rios Mutum, Jacuri e Gavião, e mais suscetível do que as microbacias dos rios Três Galhos, Paraíso e Águas Claras.



**Figura 4.** Rede e ordem de drenagem da microbacia Água Boa, Amazônia Ocidental, Brasil.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.



**Figura 5.** Distribuição espacial das nascentes na microbacia Água Boa, Amazônia Ocidental, Brasil.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

O valor do índice de sinuosidade confirma a formação de um canal principal reto. Canais retos a muito retos têm-se mostrado comuns na região próxima do rio Guaporé, a exemplo das microbacias dos rios Gavião (DONEGÁ et al., 2021), Mutum (SOUZA et al., 2021), Santa Teresinha (SOARES et al., 2019) e rio dos Veados (PANZA et al., 2021). Esses tipos de canais tendem a ter maior

velocidade do fluxo hídrico quando comparados aos canais mais sinuosos, resultando em menor tempo de permanência da água no ecossistema.

O tempo de concentração da microbacia é considerado baixo, uma vez que a duração das chuvas do estado de Rondônia ultrapassa facilmente o período de 1,57 h, podendo durar de 5 minutos a 24 h (SOUZA et al., 2014). Este parâmetro é definido como o tempo necessário para a água se deslocar do ponto mais distante da microbacia até seu exutório (JUNG, MARPU; OUARDA, 2017). Assim, em um cenário com precipitação maior ou igual a 1,57 h e precipitação pluviométrica maior que a capacidade de infiltração do solo, o escoamento pode se intensificar e toda a área da microbacia pode contribuir simultaneamente na formação de enchentes.

## **CONCLUSÃO**

A microbacia do rio Água Boa tem área de 27,23 km<sup>2</sup>, perímetro de 28,68 km, formato alongado, altitudes entre 266 e 461 m, predominância de relevos ondulados e suave ondulados, rede de drenagem de 58,48 km, padrão dendrítico de 4<sup>a</sup> ordem, 4,35 nascentes km<sup>-2</sup>, densidade de drenagem de 2,15 km km<sup>-2</sup>, coeficiente de manutenção de 465,60 m<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>, índice de sinuosidade de 21,96% e tempo de concentração de 1,57 h.

As características da paisagem confirmam o potencial para o desenvolvimento de atividades agropecuárias, em função da boa disponibilidade de recursos hídricos e possibilidade de mecanização agrícola. A microbacia também tem características que favorecem a erosão do solo (ex.: predominância de solos arenosos), havendo a necessidade de se adotarem práticas de manejo conservacionista do solo nos sistemas agropecuários, assim como a manutenção da vegetação nativa nas zonas ripárias e áreas de reserva legal.

As recomendações priorizam mitigar os problemas ocasionados pelo processo erosivo, uma vez que esse processo resulta em perdas de água, nutrientes e matéria orgânica do solo, essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Essas informações podem auxiliar no desenvolvimento de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento sustentável da região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, 711–728, 2013.

ANJOS, S. P.; HAUS, C. S.; BOONE, N. R. V.; JOHEM, J.; LIMA, A. C. R.; OLIVEIRA, J. P.; VENDRUSCOLO, J.; CAVALHEIRO, W. C. S.; ROSELL, E. C. F.; RODRIGUES, A. A. M. Hidrogeomorfometria da microbacia Rio Azul, Amazônia Ocidental, Brasil. **Geografía y Sistemas de Información Geográfica**. v. 13, n. 19, 1-20, 2021.

ASF - Alaska Satellite Facility. **Imagem altimétrica**. Disponível em: <https://www.asf.alaska.edu/>. Acesso em: 12 mar. 2021.

BARILA, T. Y.; WILLIAMS, R. D.; STAUFFER JR, J. R. The influence of stream order and selected stream bed parameters on fish diversity in Raystown Branch, Susquehanna River drainage, Pennsylvania. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 18, n. 1, p. 125-131, 1981.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina Brasil, 112p., 1994.

BERTONI, J. E LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 9 ed. São Paulo: Ícone, 2014.

BOURKE, R. M. Altitudinal limits of 230 economic crop species in Papua New Guinea. In: Haberle, S. G., Stevenson, J. & Prebble, M. (eds). *Altered Ecologies: Fire, Climate and Human Influence*



on Terrestrial Landscapes. **Terra Australia** 32. ANU E-Press, The Australian National University. Canberra, Australian, p. 473-512, 2010.

CHEREM, L. F. S.; FARIA, S. D.; ZANCOPE, M. H. C.; SORDI, M. V.; NUNES, E. D. e ROSA, L. E. Análise morfométrica em bacias hidrográficas. In. MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. e BARROS, L. F. P. **Hidrogeomorfologia: formas, processos e registros sedimentares fluviais**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

DONEGÁ, M. V. B.; SOUZA, T. W. S.; LIMA, M. M.; PANZA, M. R.; PACHECO, F. M. P.; SARAIVA, J. G.; CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J. Caracterização hidrogeomorfométrica da microbacia do rio Gavião, Amazônia Ocidental, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, 2021.

FAIRFULL, S.; WITHERIDGE, G. **Why do Fish Need to Cross the Road? Fish Passage Requirements for Waterway Crossings**. NSW Fisheries. Sydney, Austrália, 2003.

FRANCA, R. R. Climatologia das chuvas em Rondônia – período 1981-2011. **Revista Geografias**, v. 11, n. 1, 44-58, 2015.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; WREGE, M. S. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 18, p. 80-92, 2016.

HÖFIG, P. E ARAUJO-JUNIOR, C. F. Classes de declividade do terreno e potencial para mecanização no estado do Paraná. **Coffee Science**, v. 10, n. 2, 195-203, 2015. Disponível em: <[http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/8117/Coffee%20Science\\_v10\\_n2\\_p195-203\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/8117/Coffee%20Science_v10_n2_p195-203_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 12 mar. 2021.



HORTON, R. E. Drainage basin characteristics. *Transactions, American Geophysical Union*, v. 13, n. 1, 350-361, 1932.

HORWITZ, R. J. Temporal variability patterns and the distributional patterns of stream fishes. **Ecological Monographs**, Durham, v. 48, n. 3, p. 307-321, 1978.

HUGHES, R. M.; KAUFMANN, P. R.; WEBER, M. H. National and regional comparisons between Strahler order and stream size. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 30, n. 1, p. 103-121, 2011.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Acervo fundiário**. Disponível em <http://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>. Acesso em: 12 mar. 2021.

JUNG, K.; MARPU, P. R.; OUARDA, T. B. M. J. Impact of river network type on the time of concentration. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 10, p. 546, 2017.

LEPSCH, I. F.; ESPINDOLA, C. R.; VISCHI FILHO, O. J.; HERNANI, L. C.; SIQUIERA, D. S. **Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

LIMA JÚNIOR, J. C.; VIEIRA, W. L.; MACÊDO, K. G.; SOUZA, S. A.; NASCIMENTO, F. A. L. Determinação das características morfológicas da sub-bacia do Riacho Madeira Cortada, Quixelô, CE. VII Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação - CONNEPI. **Anais**, 1-7. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Palmas, Brasil, 2012.

LIMA, M. M.; DONEGÁ, M. V. B.; SOUZA, T. W. S.; PANZA, M. R.; PACHECO; F. M. P.; CAVALHEIRO, W. C. S.; HARA, F. A. S.; VENDRUSCOLO, J. Hidrogeomorfometria da microbacia do rio Paraíso: informações para auxiliar o manejo dos recursos naturais na Amazônia Ocidental. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, 1-20, 2021.

LOLLO, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas.** 1995. Tese de Doutorado em Engenharia Geotécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

MOREIRA, G. L.; ARAÚJO, E. A.; ANDRADE, M. S. S.; LIMA, M. C. D.; OLIVEIRA, F. R. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Alegre, ES, Brasil. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 12, n. 4, p. 403-409, 2017.

PANZA, M. R.; DONEGÁ, M. V. B.; PACHECO, F. M. P.; NAGAO, E. O.; HARA, F. A. S.; CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J. Características da paisagem para manejo dos recursos naturais na microbacia do Rio Jacuri, Amazônia Ocidental, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 101532-101558, 2020.

PANZA, M. R.; SOUZA, T. W. S.; DONEGÁ, M. V. B.; LIMA, M. M.; SARAIVA, J. G.; PACHECO, F. M. P.; CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J. Hidrogeomorfometria e índice de desmatamento da microbacia Rio dos Veados, Amazônia Ocidental, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n. 4, p. 1-23, 2021.

PARVIS, M. Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks. **Photogrammetric Engineering**, v. 16, p. 387-408, 1950.

RIBEIRO, L.; KOPROSKI, L. DE P.; STOLLE, L.; LINGNAU, C.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a Fazenda Experimental do Canguiri, Pinhais (PR). **Floresta**, v. 38, n. 3, p. 561-572, 2008.

ROMERO, V.; FORMIGA, K. T. M.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo hidromorfológico de bacia hidrográfica urbana em Goiânia/GO. **Ciência e Natura**, v. 39, n. 2, p. 320-340, 2017.

SANTOS, A. A.; SILVA, E. C.; CARDOSO, L. A. P.; PRAIA, W. M.;

HARA, F. A. S.; CAVALHEIRO, W. C. S. e VENDRUSCOLO, J. Características hidrogeomorfológicas da microbacia do rio Águas Claras, Amazônia Ocidental, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, 1-16, 2021.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília-DF: Embrapa, 356 p., 2018.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, Brasil, 2013.

SEDAM - Secretaria do Desenvolvimento Ambiental do Estado de Rondônia. **Atlas Geoambiental de Rondônia**. Porto Velho-RO: SEDAM, 2002.

SILVA, M. L. H.; SILVA, E. C.; NAGAO, E. O.; CAVALHEIRO, W. C. S.; MAIA, E.; ALVES, S. R. M.; SCOTTI, M. S. V.; HARA, F. A. S.; VENDRUSCOLO, J. Hidrogeomorfometria da microbacia do rio Cutia, Amazônia Sul-Ocidental, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, p. e23810514964, 2021.

SILVA, Q. D. **Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão**. 2012. Tese de Doutorado em Geografia. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, Brasil, 2012.

SOARES, G. S.; SANTOS JÚNIOR, N. R. F.; MIRA, S. F.; MORETO, R. F.; CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J.; ROSA, D. M. Uso de plataforma SIG na caracterização morfométrica da microbacia do rio Santa Teresinha, Amazônia Ocidental, Brasil.

**Revista Geográfica Venezuelana**, v. especial, p. 84-95, 2019.

Disponível em:

<<http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/46157>>. Acesso em: 12 mar. 2021.

SOUZA, T. W. S.; LIMA, M. M.; SARAIVA, J. G.; PACHECO, F. M. P.; DONEGÁ, M. V. B.; PANZA, M. R.; CAVALHEIRO, W. C. S.; VENDRUSCOLO, J. Análise hidrogeomorfométrica da microbacia do rio Mutum: informações para auxiliar o manejo de recursos hídricos na Amazônia Ocidental. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e21810212448, 2021.

SOUZA, V. A. S.; NUNES, M. L. A.; FRANCENER, S. F.; ROSA, A. L. D. Eventos de precipitações extremas na Amazônia Ocidental: Rondônia - Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 14, p. 295-315, 2014.

TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DINIZ, H. D.; DIAS, N. W.; MATOS, F. C. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 2, p. 120-142, 2012.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, p. 130-137, 1980.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo-SP: McGraw-Hill, 1975.

## CAPÍTULO 48

### QUALIDADE DA ÁGUA DOS BEBEDOUROS DO IFRO, CAMPUS COLORADO DO OESTE – RONDÔNIA/BRASIL

**Carla Silveira de Arruda<sup>174</sup>, Fabiana Fernandes de Oliveira<sup>175</sup>,  
Diógenes Mendes Araújo<sup>176</sup> & Nélio Ranieli Ferreira de Paula<sup>177</sup>**

#### INTRODUÇÃO

A água para o consumo humano requer atenção especial, tanto que este tema é tratado no âmbito de políticas de saúde pública, no Brasil, de modo que fica reconhecida a necessidade e a relevância da universalização do acesso à água potável, de qualidade e em quantidade suficiente, a fim de contribuir com a garantia da sadia qualidade de vida.

Segundo o Ministério da Saúde (2018), a água de má qualidade pode veicular um elevado número de doenças, como: diarreias agudas, hepatite A, febre tifoide, entre outras, devido à presença de organismos patogênicos nocivos à saúde humana. Isso pode ocorrer por diversos fatores, entre eles vale mencionar primeiramente o sistema de tratamento insuficiente e/ou ineficiente em relação à demanda. Em segundo lugar estão as condições da rede de distribuição da água tratada, e, por último, a situação higiênica dos reservatórios e recipientes onde a água tratada é armazenada e disponibilizada para as pessoas.

---

<sup>174</sup> Mestre em Geografia - UNIR. carla.s\_arruda@hotmail.com

<sup>175</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. oliveirabianfernandes@gmail.com

<sup>176</sup> Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN. diogenes.araujo@ifrn.edu.br

<sup>177</sup> Professor do IFRO. nelio.fereira@ifro.edu.br

A água é o principal elemento para os seres vivos, uma vez poluídos pode se transformar em um importante veículo na transmissão de uma grande variedade de doenças. Nesse sentido, sua qualidade do ponto de vista microbiológico é um fator indispensável para a Saúde Pública (GIOMBELLI; RECH; TORRES, 1998).

O Ministério da Saúde lança diversas diretrizes e regulamentos a fim de orientar as pessoas sobre a importância de observar e considerar a qualidade da água destinada ao consumo humano. A exemplo disso, vale destacar o trabalho intitulado “Qualidade da água para consumo humano: cartilha para promoção e proteção da saúde”, que ilustra, de modo didático, as práticas que devem ser adotadas para garantir a qualidade da água consumida pelas pessoas.

Segundo a WHO (2011), mais de 30 milhões de casos de doenças relacionadas a água e saneamento inadequados poderiam ser evitados, considerando que o investimento necessário para evitar tais doenças é significativamente menor que o valor necessário para o tratamento das mesmas. No Brasil, cerca de 39,7% dos municípios não têm serviço de esgotamento sanitário, conforme aponta a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2017 (IBGE, 2020), fator este que influencia direta e indiretamente na qualidade das águas superficiais e subterrâneas, e que compromete consequentemente a saúde humana.

Considerando que a qualidade da água, quando em desacordo com os padrões de potabilidade estabelecido pela legislação vigente, sendo atualmente a Portaria GM/MS n.º 888 de 4 de maio de 2021, que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS n.º 5, de 28 de setembro de 2017, é um fator que pode proporcionar danos à saúde humana.

O presente estudo objetivou investigar a qualidade da água disponibilizada para o consumo humano nos principais bebedouros do Instituto Federal de Rondônia (IFRO), *campus*

Colorado do Oeste, bem como levantar dados sobre o sistema de abastecimento e tratamento da água. Foram analisados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água (temperatura, dureza, nitrito, pH, cloro, coliformes totais, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*).

## **DESENVOLVIMENTO**

### *Contaminação da água em bebedouros para consumo humano*

A água fornecida nos bebedouros para consumo humano no *campus* Colorado do Oeste é proveniente de aquífero localizado em zona rural, sendo consenso na literatura que a água subterrânea apresenta qualidade superior em relação à água superficial devido às características naturais de filtração de contaminantes que o solo oferece.

Porém, o avanço do agronegócio, e, conseqüentemente, o desmatamento, o uso de fertilizantes, defensivos e as fezes de animais tem sido um grande vilão para os corpos hídricos, uma vez que, lançando ao solo, se tornam fontes de contaminação para as águas, seja por meio de infiltração ou escoamento superficial (RESENDE, 2002; SPERLING, 2017; SILVA, 2019).

Além da contaminação da água em seu ambiente natural, seja de origem natural ou antrópica, também há o risco de contaminação por diferentes agentes durante o processo de distribuição e armazenamento para o consumo final. Os bebedouros estão espalhados em diferentes áreas do *campus* para facilitar o acesso de seus estudantes e servidores, devendo todos os bebedouros ofertar água de acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS n.º 888, de 4 de maio de 2021.

De acordo com Silva et al. (2019), os bebedouros são suscetíveis à contaminação, pois estão expostos a pessoas com hábitos de higiene variáveis, devendo assim ser bem higienizados,

periodicamente, bem como garantir a manutenção destes em dia para a garantia da eficiência dos filtros.

### *Legislação*

Segundo a Portaria GM/MS n.º 888, de 4 de maio de 2021, entende-se água para consumo humano como: água potável destinada à ingestão, preparação de alimentos e higiene pessoal, independente da sua origem, ou seja, que atenda os padrões de potabilidade estabelecidos pela referida portaria e que não ofereça risco à saúde.

Corroborando a portaria acima citada, o Decreto Federal n.º 5.440 de 4 de maio de 2005 “estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano”, visando, deste modo, promover maior confiabilidade aos consumidores pelo produto fornecido em suas residências, neste caso, a água.

Os parâmetros físicos, químicos e biológicos são os principais indicadores de qualidade da água. As análises poderão ser realizadas em laboratórios próprio, conveniado ou subcontratado, desde que se comprove a existência de sistema de gestão da qualidade, conforme os requisitos especificados na ABNT NBR ISSO/IEC 17.025:2017.

Quanto ao controle da qualidade da água, conforme consta no art. 27, parágrafo primeiro da Portaria GM/MS n.º 888, de 4 de maio de 2021:

No controle da qualidade da água, quando forem detectadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, ações corretivas devem ser adotadas pelo responsável pelo SAA ou SAC e novas amostras devem ser coletadas em dias



imediatamente sucessivos até que revelem resultados satisfatórios.

Além de garantir a qualidade da água de acordo com os padrões de potabilidade, a legislação também garante o direito da informação referente aos resultados das amostras, sendo este um fator fundamental para a população em geral, em especial aos consumidores desta água.

### *Característica do Local de Estudo*

O Instituto Federal de Rondônia (IFRO), *campus* Colorado do Oeste, está localizado na zona rural e conta com sistema de abastecimento próprio de água proveniente de poço semiartesiano. A água passa por um processo de desinfecção simplificado por meio de cloração, sendo disponibilizada nos bebedouros com filtros.



**Figura 1** – Localização do IFRO, *campus* Colorado do Oeste - Rondônia.

**Fonte:** Google Earth, 2019.

### *Procedimentos e Coleta de Dados*

Realizou-se um levantamento sobre o sistema de abastecimento do IFRO – *campus* Colorado do Oeste, buscando conhecer o sistema de captação, tratamento, distribuição e manutenção do sistema.

Os pontos de coletas foram selecionados considerando-se a área de maior fluxo de pessoas. Para a coleta de dados em campo foi elaborado um formulário de campo semiestruturado, a fim de subsidiar as anotações das análises realizadas *in loco* e demais observações pertinentes para a discussão dos resultados obtidos.

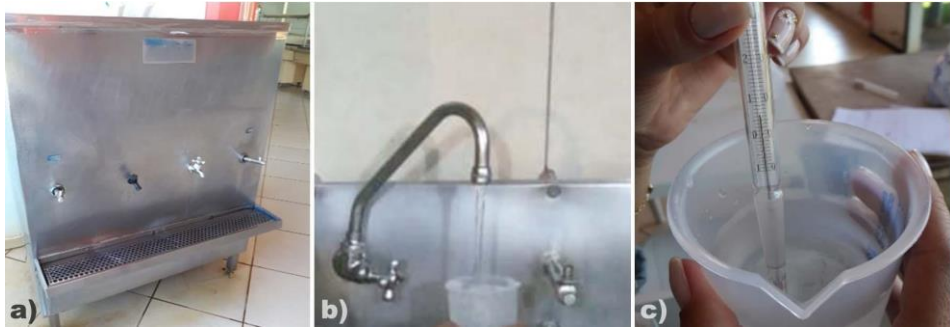
### *Análises físico-químicas*

As amostras de água para análises foram coletadas diretamente na torneira em garrafas plásticas de 500ml, identificadas e acondicionadas em caixa de isopor contendo gelo e imediatamente transportadas para o Laboratório de Química do IFRO – *campus* Colorado do Oeste, onde foram realizadas as análises dos seguintes parâmetros: potencial hidrogeniônico (pH), dureza total, cloreto, nitrito e oxigênio dissolvido, exceto a temperatura, que foi analisada no local de coleta. As análises de pH foram realizadas por meio de um pHmetro de bancada, marca JKI, modelo JK-PHM-005. A determinação das propriedades dureza total e concentração de cloreto em água foi realizada por meio de titulação volumétrica, enquanto a determinação das concentrações de nitrito, nitrato, amônia e oxigênio dissolvido foi realizada pelo Alfakit (ALFAKIT, 2019).

### *Análises microbiológicas*

Para avaliar a presença de coliformes termotolerantes, a preservação das amostras foi realizada mediante a regulação da temperatura, de acordo com as recomendações do *Standard Methods for the Examination of water and Wastewater* (APHA, 2012),

juntamente com a metodologia do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas (CETESB, 2011).



**Figura 2** - (a) Bebedouros, (b) Coleta da amostra e (c) Aferição da temperatura.

### *Procedimento de Análise*

Analisaram-se cinco amostras de água, coletadas em bebedouros localizados em áreas com maior fluxo de pessoas. As amostras microbiológicas foram analisadas em duplicata.

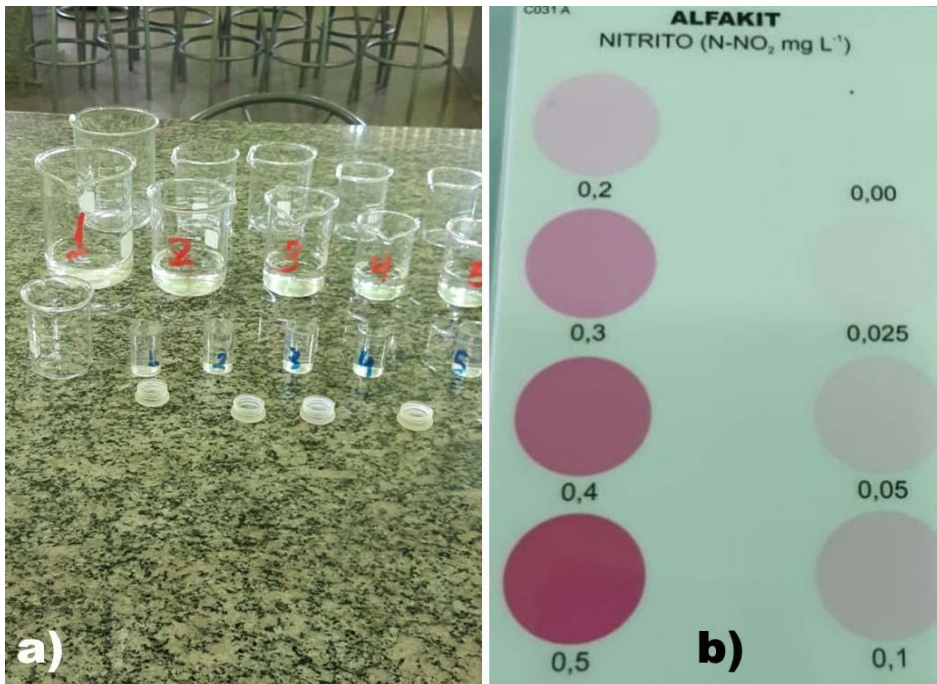
Até meados do século XX, considerava-se a água potável para o consumo aquela que reunisse as seguintes características: límpida, sem odor e sabor agradável ao paladar. Entretanto, a avaliação dessas características isoladas não era confiável, pois não garantia a inexistência de microrganismos patogênicos e substâncias químicas prejudiciais à saúde na água (CARVALHO et al., 2017).

De acordo com o art. 5º, incisos I e II da Portaria GM/MS n.º 888, de 4 de maio de 2021, a água, para ser considerada potável, deve atender ao padrão de potabilidade estabelecido, de modo que não ofereça riscos à saúde. O padrão de potabilidade é o conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, seja ele físico-químico ou microbiológico (BRASIL, 2021).

Para investigar se a água dos bebedouros do IFRO – *campus* Colorado do Oeste atende aos parâmetros de qualidade atestados na legislação vigente, foram realizados vários testes analíticos de determinação de substâncias contaminantes, conforme apresentados nos itens a seguir.

#### *Determinação de nitrito*

O nitrito é um composto nitrogenado normalmente encontrado em pequenas quantidades nas águas superficiais e subterrâneas. Quando presente na água para consumo humano pode ser danoso à saúde provocando um aumento na incidência de câncer de estômago. A presença do íon nitrito indica a ocorrência de processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica (BASTOS, BEZERRA; BEVILACQUA, 2007).



**Figura 3** - Determinação de nitrito na água dos bebedouros do IFRO – *campus* Colorado do Oeste. (a) Realização da análise. (b) Faixa de

coloração relacionada com a concentração específica. Utilização do Alfakit

A Figura 3 mostra uma foto dessas análises. Dentre os resultados das cinco amostras dos bebedouros investigados, não foi identificada concentração de nitrito dentro do limite do método utilizado.

**Tabela 1.** Resultados da determinação de nitrito na água dos bebedouros do IFRO – *campus* Colorado do Oeste. O fator multiplicador 3,280 foi utilizado para obter a concentração  $[\text{NO}_2] / \text{mg}^*\text{L}^{-1}$

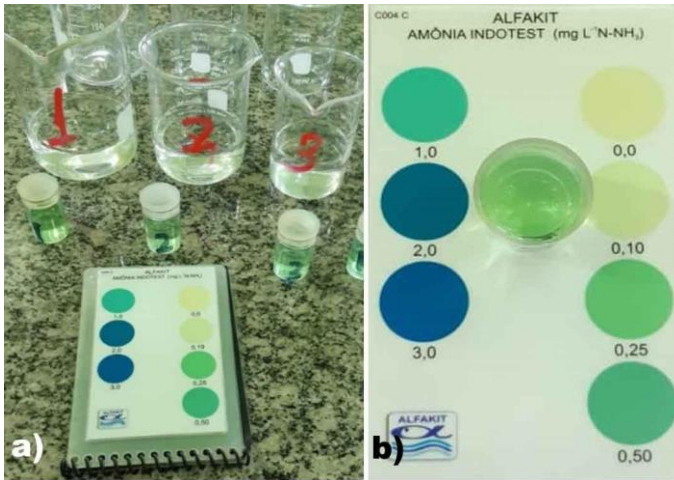
Amostras	$[\text{NO}_2]/\text{mg}^*\text{L}^{-1}$
1	0,0
2	0,0
3	0,0
4	0,0
5	0,0

#### *Determinação de amônia*

A amônia pode estar presente tanto em águas superficiais como subterrâneas, e geralmente apresenta baixa concentração devido a sua fácil adsorção por partículas do solo ou sua oxidação a nitrito e nitrato. Entretanto, quando ocorre em concentrações elevadas é um indicativo de ocorrência de poluição, bem como da redução de nitrato por bactérias ou por íons ferrosos presentes no solo. A presença de amônia produz efeito significativo no processo de desinfecção da água pelo cloro, ocorrendo a formação de cloraminas, que possuem baixo poder bactericida (Alaburda & Nishihara, 1998).

A Figura 4 apresenta a imagem da análise de determinação de amônia nas amostras dos bebedouros do IFRO – *campus* Colorado do Oeste. Já na Tabela 2, é possível observar as concentrações de amônia nas amostras avaliadas, que, por sua vez, apresentaram igual concentração de 0,1 mg/L. Considerando que a Portaria

GM/MS n.º 888, de 4 de maio de 2021 limita a concentração de amônia a 1,5 mg/L para água de consumo humano, os níveis de amônia dos pontos coletados estão todos dentro dos parâmetros de potabilidade.



**Figura 4** - Determinação de amônia na água dos bebedouros do IFRO – *campus* Colorado do Oeste. (a) Realização da análise. (b) Faixa de coloração relacionada com a concentração específica.

**Tabela 2.** Resultados da determinação da concentração de amônia [NH<sub>3</sub>] mg/L<sup>-1</sup> para cada ponto de coleta.

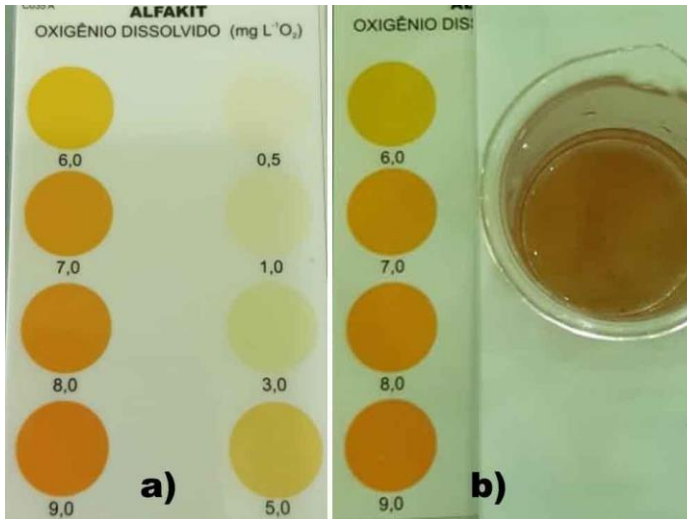
Amostras	[NH <sub>3</sub> ] mg*L <sup>-1</sup>
1	0,1
2	0,1
3	0,1
4	0,1
5	0,1

### *Análise Para Determinação de Oxigênio Dissolvido*

A concentração de oxigênio dissolvido na água (COD) é um parâmetro importante para analisar as características químicas e biológicas das águas. Geralmente, o oxigênio dissolvido (OD) vem da fotossíntese biótica aquática ou pela difusão desse gás, que está



presente no ar, na superfície da água. Para a manutenção da vida aquática aeróbica são necessários teores mínimos de oxigênio dissolvido de 2 mg/L a 5 mg/L, exigência de cada organismo (FUNAS, 2014).



**Figura 5** - Determinação de oxigênio dissolvido na água dos bebedouros do IFRO – *Campus Colorado do Oeste*. (a) Faixas de coloração para a análise comparativa. (b) Coloração obtida.

A Figura 5 apresenta uma das análises realizadas para a determinação do oxigênio dissolvido na água. Observa-se, na Tabela 3, que todas as amostras avaliadas apresentaram concentração de 9 mg/L. Como os valores obtidos estão bem mais elevados que os parâmetros indicados por FUNAS (2014), é um bom indicador, principalmente, para as fontes de águas superficiais.

**Tabela 3.** Resultados da determinação de oxigênio dissolvido na água dos bebedouros do IFRO – *campus Colorado do Oeste*.

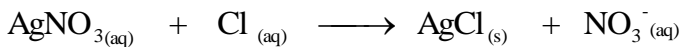
Amostras	Oxigênio[O <sup>2</sup> ] mg*L <sup>-1</sup>
1	9 mg/L
2	9 mg/L
3	9 mg/L
4	9 mg/L

### Determinação de Cloreto

A determinação de cloreto na água coletada foi realizada por meio de titulação argentimétrica (Figura 6), e abaixo é apresentada a reação química representativa da análise.



**Figura 6** - Determinação do cloreto na água dos bebedouros do IFRO – *campus* Colorado do Oeste. (a) Reagentes utilizados pelo Método de Mohr. (b) Realização da análise.



(1)

Desse modo, utilizando-se a equação química 1, referente à titulação do cloreto na amostra com o nitrato de prata, pôde-se desenvolver os cálculos de determinação da dureza total para o ponto de coleta 1, desenvolvidos sequencialmente após a reação. Na Tabela 5 são apresentados esses resultados em função do ponto de coleta de água.



Considerando os parâmetros concentração molar do titulante nitrato de prata  $[\text{AgNO}_3]$ , e o volume deste composto, gasto na titulação da amostra do ponto de coleta **1**. Descritos abaixo:

$$[\text{AgNO}_3] = 0,1 \text{ mol/L}$$

(2)

$$V(\text{AgNO}_3) = 0,0001 \text{ L}$$

(3)

Abaixo, pode ser observada a Equação 4, utilizada para obter o número de mols do titulante, que, por sua vez, é equivalente ao número de mols do cloreto que reage na Equação 1.

$$n(\text{AgNO}_3) = [\text{AgNO}_3] \times V(\text{AgNO}_3)$$

(4)

$$n(\text{AgNO}_3) = 0,1 \text{ mols/L} \times 0,0001 \text{ L}$$

(5)

$$n(\text{AgNO}_3) = 0,00001 \text{ mols}$$

(6)

No ponto de equivalência, a quantidade de matéria dos reagentes é igual, devido à sua proporção molar de 1:1.

$$n(\text{AgNO}_3) = n(\text{Cl}^-)$$

(7)

$$n(\text{Cl}^-) = 0,00001 \text{ mols}$$

(8)

$$V_{\text{amostra}} = 0,01 \text{ L}$$

(9)

A partir da Equação 10, e dos resultados obtidos acima, é possível calcular a concentração molar de cloreto nas amostras analisadas, que por sua vez estão apresentadas na Tabela 4.

$$[\text{Cl}^-] = n(\text{Cl}^-) / V_{\text{amostra}}$$

(10)

$$[\text{Cl}^-] = 0,00001 \text{ mol} / 0,01 \text{ L}$$

(11)

$$[\text{Cl}^-] = 0,001 \text{ mol/L}$$

(12)

**Tabela 4.** Resultados da determinação das concentrações de cloreto na água dos bebedouros do IFRO – *campus* Colorado do Oeste por meio da titulação argentimétrica. Na segunda coluna é apresentado o volume de nitrato de prata gasto para cada amostra. Na terceira coluna são apresentadas as concentrações de cloreto de cada ponto de coleta.

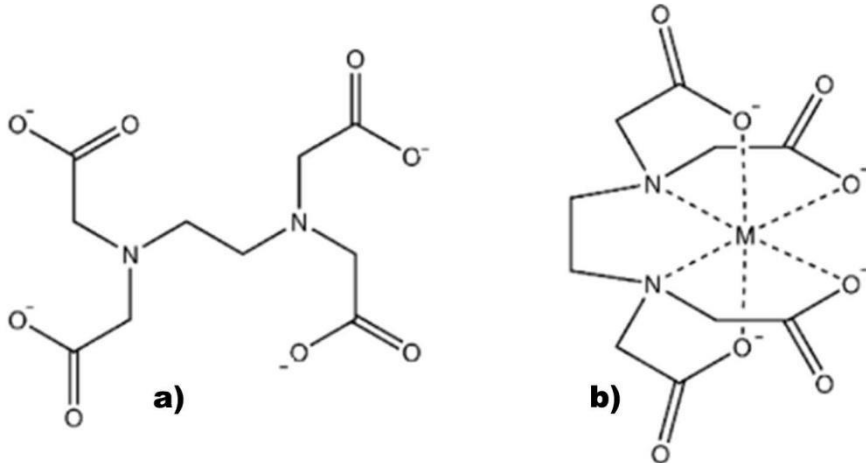
Amostras	V (AgNO <sub>3</sub> ) / L	[Cl <sup>-</sup> ] / Mol*L <sup>-1</sup>
1	0,1 x 10 <sup>-3</sup>	0,0010
2	0,08 x 10 <sup>-3</sup>	0,0008
3	0,1 x 10 <sup>-3</sup>	0,0010
4	0,1 x 10 <sup>-3</sup>	0,0010
5	0,1 x 10 <sup>-3</sup>	0,0010

O cloreto é adicionado durante o tratamento da água com o objetivo de eliminar bactérias e outros microrganismos que podem estar presentes na água. A concentração mínima exigida é 0,2 mg/L (miligramas por litro) de cloro residual. As concentrações nas amostras avaliadas variam entre 0,08 mg a 0,1 mg, valores bem menores que 0,2 mg. Este fato pode ser explicado pelo fato de a água do IFRO – *campus* Colorado ser retirada de poço artesiano próprio.

### Determinação de Dureza Total

A dureza total da água indica a concentração de cátions multivalentes dissolvidos nesta substância, sobretudo de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), e, em solução em menor magnitude, de alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ), manganês ( $\text{Mn}^{2+}$ ) e estrôncio ( $\text{Sr}^{2+}$ ). A dureza pode ser classificada em dureza carbonato ou não carbonato, dependendo da associação do ânion (FUNASA, 2009).

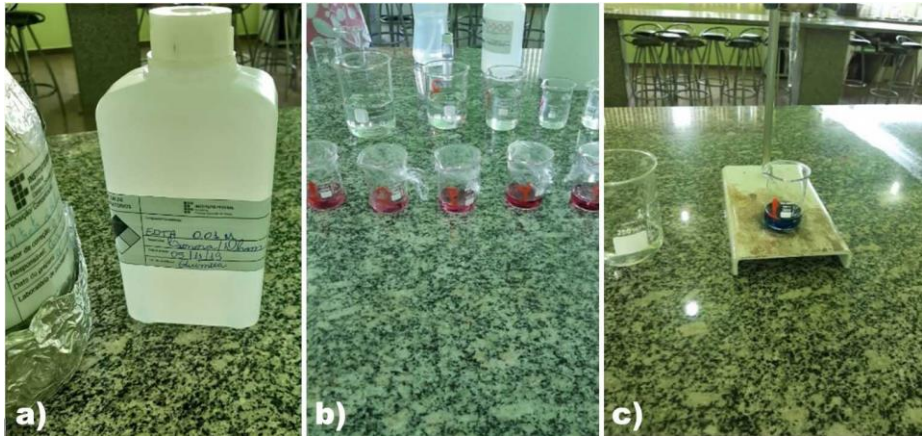
Para determinar a concentração da dureza total, utilizou-se a técnica de titulação volumétrica, e o ácido etilenodiamino tetra-acético, EDTA, como agente titulante (Figura 7). Este titulante é comumente usado para determinação de vários tipos de metais, sendo sua afinidade pouco seletiva para o cálcio em meio neutro, pH sete. Por isto, realizou-se a determinação do cálcio em pH alcalino, usando-se uma solução tampão de pH 10 à base de amônia, condição que torna o EDTA seletivo ao cálcio, permitindo, assim, a sua determinação.



**Figura 7** - Representação do ácido etilenodiamino tetra-acético, EDTA. (a) Estrutura química do EDTA,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_2(\text{CH}_2\text{COO})_4^-$ . b) Estrutura do complexo formado entre o EDTA e o centro metálico.

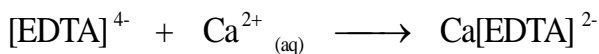
O procedimento experimental foi realizado para todas as amostras reservando-se 10 mL de água, seguindo-se a adição do tampão de amônia. Posteriormente, adicionou-se o indicador,

preto de eriocromo T, resultando em uma solução de coloração púrpura. Em seguida, foi realizada a titulação com EDTA e determinado o volume de titulante gasto. A titulação termina com a mudança de coloração da solução analisada, de púrpura para azul, indicando o ponto final, conforme pode ser observado na Figura 8.



**Figura 8** - Determinação da dureza da água dos bebedouros do IFRO – campus Colorado do Oeste. (a) Reagente utilizado para a determinação complexométrica: EDTA (titulante), tampão de amônio (pH 10), indicador (preto de eriocromo T). (b) Amostras dos cinco pontos de coletas enumerados de 1 a 5. (c) Realização da análise.

Desenvolveram-se, aqui, alguns cálculos químicos semelhantes aos realizados no item anterior, determinação de cloreto. Conforme a Equação 13.



(13)

Considerando os parâmetros concentração molar do titulante EDTA, [EDTA], e o volume deste composto, gasto na titulação da amostra 1. Descritos abaixo:

$$[\text{EDTA}]^{4-} = 0,01 \text{ mol/L}$$

(14)

$$V(\text{EDTA}^{4-}) = 1,9 \times 10^{-3} \text{ L}$$

(15)

Considerando a Equação 16, utilizada para obter-se o número de mols do titulante, que por sua vez é equivalente ao número de mols do cálcio que reage na Equação 5.

$$n[\text{EDTA}]^{4-} = [\text{EDTA}]^{4-} \times V_{\text{amostra}}$$

(16)

$$n[\text{EDTA}]^{4-} = 0,01 \text{ mol/L} \times 1,9 \times 10^{-3} \text{ L}$$

(17)

$$n[\text{EDTA}]^{4-} = 1,9 \times 10^{-5} \text{ mols}$$

(18)

No ponto de equivalência da titulação, com a proporção molar de 1:1, obtém-se a Equação 19.

$$n[\text{EDTA}]^{4-} = n(\text{Ca}^{2+})$$

(19)

$$n(\text{Ca}^{2+}) = 1,9 \times 10^{-5} \text{ mols}$$

(20)

$$V_{\text{amostra}} = 0,01 \text{ L}$$

(21)

Com base na Equação 22, e os resultados obtidos acima, é possível calcular a concentração molar de cloreto nas amostras analisadas e construir a Tabela 5.

$$[\text{Ca}^{2+}] = n(\text{Ca}^{2+}) / V_{\text{amostra}}$$

(22)

$$[\text{Ca}^{2+}] = 1,9 \times 10^{-5} \text{ mols} / 1,0 \times 10^{-2} \text{ L}$$

(23)

$$[\text{Ca}^{2+}] = 1,9 \times 10^{-3} \text{ mols/L}$$

(24)

**Tabela 5.** Resultados da determinação da concentração molar da dureza total, por meio da titulação complexométrica. Os pontos de coleta são indicados na primeira coluna. Na segunda coluna indica-se a concentração de EDTA gasto em litros. Na terceira coluna informa-se a concentração total de cálcio calculado para cada amostra.

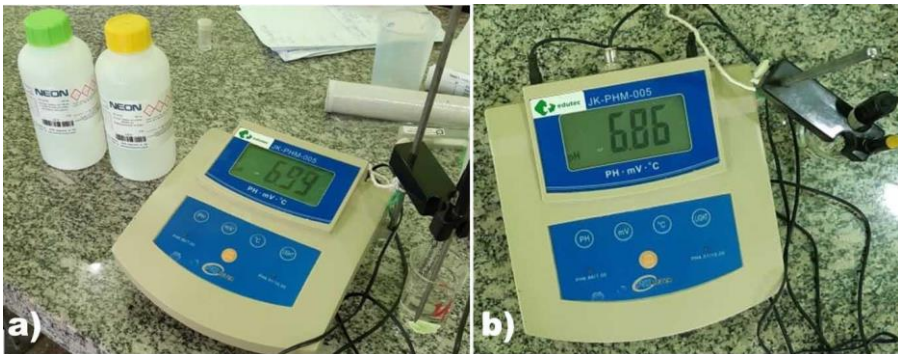
Amostras	V(EDTA) / L	[Ca <sup>2+</sup> ] / Mol*L <sup>-1</sup>
1	1,0 x 10 <sup>-3</sup>	1,0 x 10 <sup>-3</sup>
2	1,2 x 10 <sup>-3</sup>	1,2 x 10 <sup>-3</sup>
3	1,0 x 10 <sup>-3</sup>	1,0 x 10 <sup>-3</sup>
4	1,1 x 10 <sup>-3</sup>	1,1 x 10 <sup>-3</sup>
5	1,2 x 10 <sup>-3</sup>	1,2 x 10 <sup>-3</sup>

A dureza da água oferece resistência oposta à ação do sabão. Esse fenômeno se deve à presença de determinados cátions na água, principalmente os cátions de cálcio e magnésio. Dessa forma, a água dura pode ser de certo modo indesejada para algumas utilizações. Para a água ser considerada potável, a Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde estabelece como padrão a somatória das concentrações de magnésio e cálcio, sendo o nível máximo permitido de 500 Mg/L. Como as concentrações encontradas nas amostras

avaliadas estão entre 1,0 e 1,2 mg/L. Esses resultados mostram que as amostras estão adequadas para o consumo segundo este critério.

### *Análise do Potencial Hidrogeniônico*

As análises do potencial hidrogeniônico (pH) das amostras coletadas foram realizadas a partir de 100ml de água de cada amostra, utilizando-se pHmetro de bancada (Figura 9) um equipamento com maior precisão, geralmente indicado para farmácia de manipulação, indústria farmacêutica e empresas que precisam de um controle rigoroso de qualidade da água.



**Figura 9** - Determinação do potencial hidrogeniônico (pH) da água dos bebedouros do IFRO – *campus* Colorado do Oeste por meio de pHmetro de bancada. (a) Foto do aparelho e das soluções tampão para a calibração. (b) Análise.

Por meio dos resultados da análise de pH das amostras, foi possível calcular os parâmetros de concentração hidrogeniônica ( $[H^+]$ ), hidroxiliônica ( $[OH^-]$ ), e o potencial hidroxiliônico (pOH).

$$pH + pOH = 14$$

(25)

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

(26)

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

(27)

Na Tabela 6, mostrada abaixo, pode-se observar que o pH das amostras analisadas se encontra em conformidade com a legislação da Portaria n.º 888/2021 e Resolução do CONAMA 357/2005, que recomendam que o pH aceitável da água esteja na faixa de 6,0 a 9,0. Esses resultados também são importantes para avaliar a utilização da água desses pontos de coleta para outras atividades, como produção de alimentos, irrigação de plantas ou saciar a sede de animais.

**Tabela 6.** Determinação do potencial hidrogeniônico (pH) e parâmetros de acidez.

Amostras	pH	pOH	$[\text{H}^+]/\text{Mol}^*\text{L}^{-1}$	$[\text{OH}^-]/\text{Mol}^*\text{L}^{-1}$
1	6,62	7,38	$2,39 \times 10^{-7}$	$4,17 \times 10^{-8}$
2	6,86	7,30	$1,38 \times 10^{-7}$	$5,01 \times 10^{-8}$
3	6,99	7,00	$1,02 \times 10^{-7}$	$1,00 \times 10^{-8}$
4	6,80	7,20	$1,58 \times 10^{-7}$	$6,31 \times 10^{-8}$
5	6,81	7,19	$1,55 \times 10^{-7}$	$6,46 \times 10^{-8}$

### *Análise microbiológica*

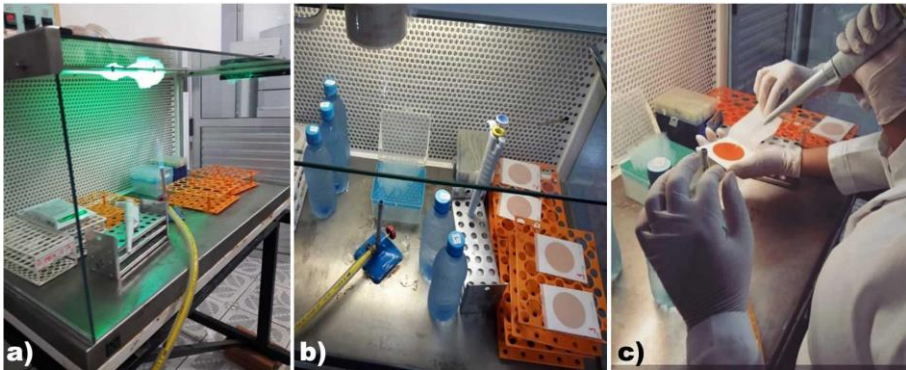
Na análise microbiológica utilizou-se a placa 3M™ Petrifilm™ para contagem de *E. coli*/Coliformes, que é um sistema de meio de cultura pronto para a amostra que contém nutrientes bile vermelho violeta (violet red bile, VRB), um agente geleificante solúvel em água fria, um indicador de atividade glucuronidase (BCIG) e um indicador de tetrazólio que facilita a enumeração da



colônia em amostras de alimentos e bebidas, como mostra a Figura 10.

Estas placas fornecem informação de contagem de *E. coli* e coliformes totais, com resultados confirmados em apenas 24 a 48 horas. Eliminando passos subsequentes de confirmação requeridos pela maioria dos métodos de referência tradicionais, a placa 3M™ Petrifilm™ para contagem de *E. Coli*/Coliformes pode aumentar a produtividade e reduzir o custo geral do laboratório. Três passos fáceis oferecem resultados rápidos e fáceis de interpretar:

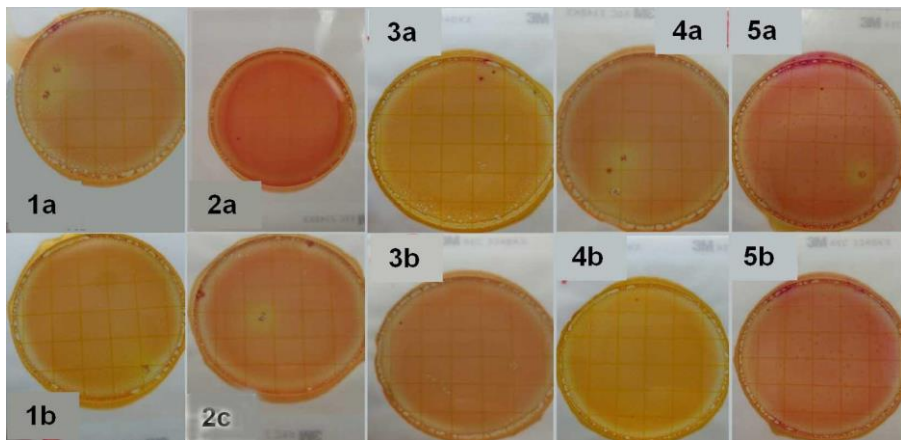
1) inocular – placas 3M™ Petrifilm™ para contagem de *E. coli* e coliformes são fáceis de inocular. Levante o filme protetor e adicione a amostra. 2) incubar – um projeto econômico minimiza os requisitos de espaço para o incubador. 3) interpretar – conte as colônias (3M PETRIFILM 2019).



**Figura 10** - Análise microbiológica para *E. Coli*. e coliformes totais da água dos bebedouros do IFRO – campus Colorado do Oeste. a) Local de preparação das análises. (b) e (c) Preparação das análises em placas 3M Petrifilm.

Coliformes confirmados aparecem como colônias vermelhas ou azuis com bolhas de gás associadas. A *E. coli* confirmada aparece como colônias azuis com bolhas de gás associadas. Os resultados são rápidos e precisos. A placa 3M™ Petrifilm™ Contagem de *E.*

*coli*/Coliformes também pode ser lida usando-se a leitora de placas 3M™ Petrifilm™, que proporciona leitura consistente, rápida e automatizada, além do registro de resultados de placas 3M™ Petrifilm™ (contagem de aeróbios, contagem rápida de aeróbios, contagem de coliformes, contagem *E. coli*/coliformes, contagem de enterobactérias e contagem *E. coli* selecionada) em quatro segundos (3M PETRIFILM 2019).



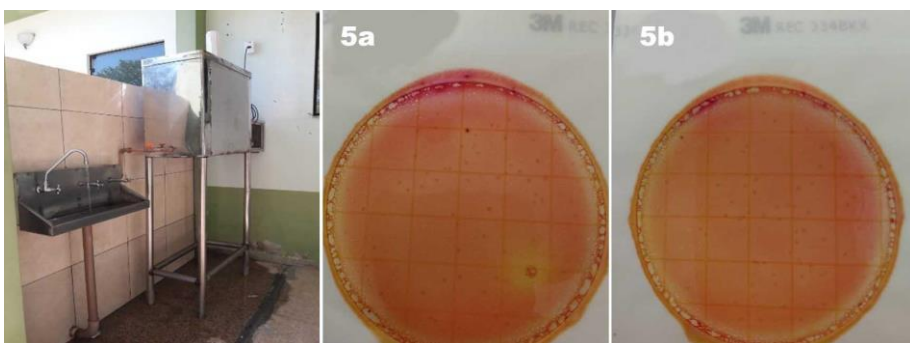
**Figura 11** – Análise microbiológica de *E. coli* e coliformes totais em Petrifilm, após 24h na estufa. Descrição de 1 a 5 para cada ponto de coleta. As análises foram feitas em duplicatas, correspondentes aos índices A e B.

Na análise dos resultados (Figura 11), foi identificada a presença de coliformes totais. Para cada ponto de coleta realizou-se análise em duplicata, no período de 24 horas, que por sua vez apresentaram os seguintes resultados: P1-A. 2 unidades formadoras de colônias; P1-B. 1 unidade formadora de colônia; P2-A. 1 unidade formadora de colônia; P2-B. 3 unidades formadoras de colônia; P3-A. 1 unidade formadora de colônia; P3-B. ausente; P4-A. 1 unidade formadora de colônia; P4-B. Ausente; P5-A. 1 unidade formadora de colônia; P5-B. ausente.

**Tabela 7.** Contagem do número de colônias formadoras nas amostras em 24 horas.

	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>
A	2	1	1	1	1
B	1	3	3	4	50

Quanto aos coliformes fecais, identificados com 48 horas, apenas a amostra do P5 apresentou o crescimento de unidades formadoras de colônia, sendo 90 no P5-A e 72 no P5-B, conforme mostra a Figura 12. Tratando-se de análise da qualidade da água para consumo humano, quando detectadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, ações corretivas devem ser adotadas e novas amostras devem ser coletadas em dias imediatamente sucessivos até que revelem resultados satisfatórios (BRASIL, 2021).



**Figura 12 -** Determinação da análise microbiológica de *E. Coli* e coliformes totais em Petrifilm, após 48 horas na estufa.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a determinação do nitrito, o método utilizado não atestou nenhum valor para as amostras avaliadas. Na determinação da amônia todas as amostras apresentaram igual concentração de 0,1 mg/L. O oxigênio dissolvido não possui um parâmetro estabelecido pela legislação vigente, justamente por não apresentar riscos à saúde humana de modo isolado, mas pode influenciar em outros parâmetros a serem analisados, deste modo todas as amostras avaliadas apresentaram concentração de 9 mg/L. Em relação ao cloreto, as concentrações nas amostras avaliadas variaram entre 0,08 mg e 0,1 mg, valores bem menores que 0,2 mg, conforme determinado na legislação vigente. Para dureza total, as concentrações encontradas nas amostras avaliadas estavam entre 1,0 e 1,2 mg/L. Esses resultados mostram que as amostras estão adequadas para o consumo segundo este critério legal. O pH das amostras analisadas se encontra em conformidade com a Portaria n.º 888/2021 e Resolução do CONAMA 357/2005, pois variou entre 6,62 e 6,99.

Todas as amostras analisadas foram positivas para coliformes totais no período de 24 horas, mostrando desacordo com os padrões de potabilidade vigentes. No entanto, apenas a amostra P5 foi positiva para *E. coli*, apresentando desacordo com a legislação vigente, que determina ausência deste agente biológico em água destinada ao consumo humano.

Considerando que toda a água passa pelo mesmo processo de tratamento e apenas um ponto apresentou inconformidades com os padrões de referência, recomenda-se que sejam realizadas novas análises, bem como rever a manutenção e condições higiênicas dos bebedouros, a fim de que estes ofereçam água segura a todas as pessoas que fazem uso dos mesmos.

## REFERÊNCIAS

ALFAKIT. Ecolit Água Doce / Salgada. Descrição de kit para controle de qualidade da água; [s.d.]. Disponível em: <<http://www.alfakit.ind.br/details/6681/ecokit-aguadoce-salgada-cod-6681>>. Acesso em: 29 ago. 2021.

ANA. Agencia Nacional De Vigilancia Sanitaria. **Água Subterrânea**. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/textos-das-paginas-do-portal/agua-subterranea>>. Acesso em: 27 nov. 2019.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. New York: American Public Health Association, 22 ed. 2012.

AZEVEDO NETTO, J.M. et al. **Técnicas de abastecimento e tratamento de água**. 3. ed. v. 1. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1987.

BASTOS, R. K., Bezerra, N. R.; Bevilacqua, P. D. **Planos de Segurança da Água: Novos Paradigmas em Controle de Qualidade da Água para Consumo Humano em Nítida Consonância com a Legislação Brasileira**. In Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, p. 391, 2007.

BAZZOLI, N. **O uso da desinfecção no combate à cólera**. Apostila da Fundação Nacional de Saúde — Coordenação Regional de Minas Gerais. Recife: FNS/Opas, 1993.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Secretaria de Vigilância em Saúde (Série B. Textos Básicos de Saúde). Brasília: Ministério da Saúde, 212 p., 2006.

BRASIL. **Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto: saúde e vigilância sanitária/ água de consumo humano/ relatórios anuais/ relatório água para consumo humano**. DRE, 2017.

BRASIL. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Diário Oficial da União. Ministério Da Saúde/Gabinete Do Ministro.

Publicado em: 07/05/2021. Ed: 85, Seção: 1, pag. 127. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>>. Acesso em: 18 de ago. 2021.

CARVALHO, A.P.M.; SILVA, J.N.; DOS SANTOS, V.S.; FERRAZ, R.R. Avaliação dos parâmetros de qualidade da água de abastecimento alternativo no distrito de Jamacaru em Missão Velha-CE. **Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística**, São Paulo, v. 7, n.1, p. 35-51, 2017.

FONSECA, André Lemos. **Determinação do índice de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal na água da lagoa de Extremoz/RN**. 47f., 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química do Petróleo) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

FUNASA, Fundação Nacional da Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**, 3 ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2009.

HOLLAS, Camila E. **Avaliação da qualidade da água subterrânea utilizada para abastecimento na zona rural do município de Francisco Beltrão – Paraná**. 164 f., 2015. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2015.

KOGA, et al. **Análise físico-química e microbiológica da água dos bebedouros da ufpa campus Belém**. In. 58º CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA. 2018

PLACA 3M™ PETRIFILM™ para Contagem de *E. Coli*/Coliformes. Disponível em: <[https://www.3m.com.br/3M/pt\\_BR/3m-do-brasil/todos-os-produtos-3m-do-brasil/~/Placa-3M-Petrifilm-para-Contagem-de-E-coli-Coliformes-6414-500-por-caixa/?N=5002385+3293190432&rt=rud](https://www.3m.com.br/3M/pt_BR/3m-do-brasil/todos-os-produtos-3m-do-brasil/~/Placa-3M-Petrifilm-para-Contagem-de-E-coli-Coliformes-6414-500-por-caixa/?N=5002385+3293190432&rt=rud)>. Acesso em: 21 nov. 2019.

SILVA, T. O. Impactos ambientais causados pelo agronegócio no Brasil. **Brasil Escola**. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/brasil/impactos-ambientais-causados-pelo-agronegocio-no-brasil.htm>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

SILVA et al. Análise microbiológica da água de bebedouros nas escolas públicas da cidade de Esperança/PB. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 6, n. 1, 2019. Disponível em: <  
<https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/2261>>. Acesso em: 18 ago. 2021.

SPERLING, M. V. **Introdução a qualidade da água e ao tratamento de esgoto**. 3 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2017.

YASUI, J. C. **Análise Físico-química e Microbiológica de Água de Residências Localizadas no Município de Pacaembu/SP**. 39f., 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

ZOBY, J. L. G. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**, Natal, Supl. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008.

## CAPÍTULO 49

### ANÁLISE DA QUALIDADE DO CORPO HÍDRICO DO RIO ANTA ATIRADA, NO MUNICÍPIO DE ROLIM DE MOURA/RO: UMA REVISÃO

Reinata Paixão Souza<sup>178</sup> & Sandra da Silva Silveira<sup>179</sup>

#### INTRODUÇÃO

Nos últimos 30 anos o Brasil perdeu 15,7% de todos os seus recursos hídricos. Segundo um levantamento feito pelo MapBiomas, essa perda é atribuída aos locais de proximidade agrícola devido a construções indevidas de represas, provocando assim o assoreamento, desmatamentos, contaminações e aumento da temperatura (MODELLI, 2021).

Algumas regiões do Brasil já estão sofrendo pela escassez de recursos hídricos devido a extinções de nascentes de rios e à considerável poluição hídrica (BRITO, 2018). A poluição das águas é toda alteração sofrida nos parâmetros físicos, químicos ou biológicos da água, trazendo como consequência alterações na qualidade de vida da população (MORAES; JORDÃO, 2002).

Segundo estudos, pouco menos de dez países atualmente centralizam 60% da água doce do planeta, entre esses estão o Brasil, sendo a bacia hidrográfica do Rio Amazonas uma das maiores fontes de água renovável do planeta (ANA, 2007).

A bacia hidrográfica amazônica é a maior em extensão do planeta, atingindo os estados do Amazonas, Pará, Acre, Amapá, Roraima, Rondônia e Mato Grosso, sendo responsável pela maior

---

<sup>178</sup> Graduada em Biomedicina, Faculdade São Paulo - FSP. reinatapaixao@gmail.com

<sup>179</sup> Doutora em Biologia Molecular e Celular pela Universidade Estadual de Maringá.



quantidade de água doce do planeta, e tendo como maior rio o Rio Amazonas (UNGARETTI; BENEDEUCCI, 2021).

O rio Amazonas possui uma grande quantidade de afluentes em ambas as margens, o que garante o grande volume de vazão, sendo todos eles de grande importância tanto comercial como para a sobrevivência dos ribeirinhos. Os principais são: Rio Madeira, Rio Xingu, Rio Trombetas, Rio Branco, Rio Purus, Rio Tapajós, Rio Iça, Rio Japurá, Rio Jari, Rio Javari, Rio Tarauacá, Rio Itacuai, Rio Iriri, Rio Napo, Rio Jandiatuba, Rio Jutaí, Rio Juruá, Rio Tefé, Rio Coari, Rio Piorini, Rio Negro, Rio Tocantins, Rio Solimões, Rio Manacapuru, Rio Uatumã, Rio Nhamundá, Rio Curuá, Rio Maicuru, Rio Uruará e Rio Paru (BARBOSA, 2019). No estado de Rondônia existem sete bacias hidrográficas de grande importância: Abunã, Guaporé, Jamari, Machado, Mamoré e Roosevelt. Nos últimos anos, essas bacias têm sofrido com a ação do homem. As bacias dos rios Machado e Jamari têm acendido um sinal de alerta em relação ao desmatamento e alto consumo de água na região, sendo a bacia do Rio Machado a mais impactada, desde a cabeceira dos seus rios até seu percurso em Calama, distrito de Porto Velho (JANUÁRIO, 2013).

Na cidade de Rolim de Moura a situação de desmatamento e poluição não tem sido diferente. Desde sua colonização, quando os lotes rurais foram sendo distribuídos, começaram os desmatamentos. A ocupação desordenada dos migrantes, que chegavam a todo momento fazendo uso indevido de águas de rios e poços, agravou a situação dos rios da bacia hidrográfica (OLIVEIRA, 2001).

Rolim de Moura tem como bacia hidrográfica o Rio Machado. A hidrografia da cidade é composta pelos rios: D`Alincout (responsável pelo abastecimento da cidade), Palha, Pardo, Bamburro, São Pedro ou (Rio Rolim de Moura) e Rio Anta Atirada (objeto de estudo deste trabalho). A cidade de Rolim de Moura ainda é dividida por diversos rios e igarapés, entre eles o Igarapé

da Encrenca, responsável por vários alagamentos e transtornos na cidade em tempos de chuvas (JANUÁRIO, 2013).

O Rio Anta Atirada recebeu esse nome por populares que tinham o hábito de caçar antas que viviam em seu entorno. O animal era alvejado, levado para suas casas e preparado para a degustação, quase sempre acompanhado de bebidas alcoólicas regionais (CARNEIRO, 2008). Nos dias atuais, percorre cerca de 4 km dentro da cidade e é responsável pelo consumo humano e animal (STACHIW et al., 2016).

A preocupação com o Rio Anta Atirada dentro da área urbana se dá pelos poluentes líquidos e sólidos produzidos e lançados no rio pela ação do homem, contaminando todo o seu afluente até a chegada no Rio Madeira. Devido à escassez, na literatura, de trabalhos que avaliem a qualidade da água desse importante rio, este trabalho tem como objetivo descrever os últimos dados publicados sobre a qualidade da água do Rio Anta Atirada dentro da área urbana da cidade de Rolim de Moura.

## **BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANTA ATIRADA**

A bacia hidrográfica do Rio Anta Atirada está localizada no centro-leste do estado de Rondônia. Essa bacia drena uma área de 328Km<sup>2</sup>, possui 126 km<sup>2</sup> de divisa com o rio principal, próximo a 104 km<sup>2</sup> pertencem às áreas do alto e médio Machado. Localizado à distância de 500 km da capital do estado de Porto Velho, sendo a bacia hidrográfica do Rio Anta Atirada um afluente da margem esquerda do Rio Ji-Paraná conhecido também como Rio Madeira (PAULA; BAUMHARDT, 2013).

A bacia hidrográfica do Rio Anta Atirada tem total importância dentro do estado por percorrer diversas cidades, estendendo-se pelos municípios de Rolim de Moura, Alta Floresta D'Oeste, Santa Luzia D'Oeste e Castanheiras.

Essa bacia hidrográfica vem sofrendo degradações ao longo dos anos devido ao processo de degradação tanto do solo quanto das áreas de vegetação e matas no seu entorno. Pesquisadores atribuem esse desmatamento desde à Colonização Gy-Paraná, que trouxe vários migrantes que vinham atrás de terra, que era distribuída entre eles na condição de derrubar para formar seus lotes, na década de 70 (JANUÁRIO, 2013).

Dos dias passados aos atuais, a devastação só foi aumentando devido a agriculturas, pastagens, ocupação desordenada da população, fazendo com que, além do desmatamento, a bacia hidrográfica conviva ainda com a poluição de suas águas.

Dentro da cidade de Rolim de Moura, a bacia hidrografia do Rio Anta Atirada drena todo o município, sendo uma área total de 1.457.888 Km<sup>2</sup>. Tem uma grande importância para o município porque em áreas acima da cidade, como áreas rurais, ele é usado para matar a sede de animais e consumo. Dentro da área urbana de Rolim de Moura ele percorre 4 km, sendo ele um rio bem conhecido por todos os municípios (PAULA; BAUMHARDT, 2013), vide ANEXO 1.

## **METODOLOGIA**

Este artigo foi elaborado a partir de uma revisão da literatura nas bases de dados do Scielo, Google Acadêmico, Medline e PubMed, no período de 1983 a 2020. As palavras-chave utilizadas foram: *rio Anta Atirada*, *rio Madeira*, *bacia hidrográfica do rio Madeira*, *rios de Rolim de Moura* e *análise microbiológica do rio Anta*. Os trabalhos encontrados, dentro do período pesquisado, que não abordam o tema proposto foram excluídos.

Verificou-se uma escassez de dados sobre o Rio Anta, sendo possível encontrar apenas três trabalhos que abordam a situação do rio (Tabela 1).

**Tabela 1.** Principais artigos utilizados na revisão bibliográfica sobre o Rio Anta Atirada.

AUTOR	OBJETIVO DO TRABALHO	CONCLUSÃO DO TRABALHO
STACHIW et al., (2016)	Avaliar a qualidade da água do Rio Anta Atirada no trecho correspondente à área urbana do município de Rolim de Moura/RO, durante o período de outubro de 2015 a agosto de 2018	Dentre os parâmetros avaliados, o pH no ponto 5 ficou abaixo do limite mínimo estabelecido; a cor da água foi maior no ponto 6, ficando acima do limite máximo; e a concentração de nitrito também ficou acima dos valores de referências da legislação no ponto 2. E, por fim, os valores das análises microbiológicas da água do Rio Anta Atirada ficaram em condições inaceitáveis para o consumo.
OLIVEIRA (2017)	Verificar a qualidade da água de trinta poços, distribuídos em cinco diferentes bairros, no município de Rolim de Moura - RO.	Os níveis de <i>Escherichia coli</i> estavam acima do limite permitido em todos os poços, com exceção dos pontos P11 e P14 nos bairros Centenário e Jardim Tropical. Os baixos níveis de OD e o pH ácido podem ter sido ocasionados por atividade bacteriana, e a elevada concentração de nitrato, em função da aplicação de fertilizantes no solo.

PAULA; BAUMHA RDT, (2013)	Estudar o comportamento do regime hidrológico da	Obtenção de dados da vazão dessa microbacia, que foi de 62% da vazão no seu exutório, sendo apenas 38% provenientes da microbacia rural. Já para o intervalo jul-ago, a contribuição da
	microbacia urbana e rural localizada em Rolim de Moura/RO.	microbacia rural foi 42% na vazão da microbacia urbana. Essa diferença de fluxo pode ser explicada, em parte, pela retirada de água para irrigação na microbacia rural, o que, no entanto, aparentemente não interferiu na regularidade da vazão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A degradação ambiental pode ser entendida como modificações das condições naturais (desmatamentos, derrubada da floresta e a queima da vegetação) que comprometem o uso dos recursos naturais (solos, água, flora, fauna etc.) e reduzem a qualidade de vida das pessoas (DIAS, 1998).

O estudo de Paula et al. (2016) mostrou a degradação na bacia hidrográfica do Rio Anta Atirada através de mapeamentos feitos por satélite realizados em seu entorno. Foram constatadas mudanças ambientais, mudando o cenário dos arredores do rio, e mudança no solo. A mudança se deve ao desmatamento, à pastagem e à agricultura, comprometendo todo o solo e a bacia hidrográfica do rio Anta (DUARTE, 2014). O desmatamento tem causado assoreamento do rio por causa da retirada de cobertura

vegetal, proporcionando erosões. E, além disso, os poluentes provindos da agricultura, com as chuvas, são levados para dentro do rio. A análise dos dados aponta que o desmatamento cresceu e cresce muito, e que 21% da área total da bacia do rio Anta Atirada foi desmatada (PAULA et al., 2016).

No estudo de Stachiw et al. (2016) foram feitas diversas análises físicas e químicas: temperatura, oxigênio dissolvido, pH, cor, nitrito, nitrato e dureza. Esse trabalho mostrou alterações negativas significativas nos parâmetros de pH, cor da água e concentração de nitrito, ficando fora dos limites estabelecidos pelo CONAMA 357/2005, embora os níveis de oxigênio dissolvidos tenham sido satisfatórios. Essas variantes podem estar explicadas pelo fato de os dejetos serem jogados diretamente no rio, e pelos fertilizantes que são usados por agricultores próximos ao rio (BRASIL, 2006). Este estudo ainda mostrou que todas as amostras coletadas do rio apresentaram bactérias termotolerantes, inclusive *Escherichia coli*, com alto índice de contaminação.

A grande maioria dos moradores conhecem o rio e sabem que a qualidade de suas águas infelizmente é imprópria para o consumo humano. A grande maioria da população faz uso da água fornecida pela Águas de Rolim de Moura, empresa responsável pelo abastecimento da cidade. Mesmo com a possibilidade de água tratada para a qualidade de vida, muitas dessas pessoas optam por uso das águas de poços. Esses poços não sofrem nenhum tipo de tratamento que garanta a qualidade da água, principalmente a análise microbiológica. Um estudo recente feito em vários poços de Rolim de Moura mostrou variáveis contaminantes em alguns poços de vários bairros da cidade, porém o pesquisador salientou a necessidade de monitoramento desses poços em um período mínimo de um ano para ver as reais causas dessa contaminação (OLIVEIRA, 2017).

A contaminação dos rios se torna uma preocupação em saúde pública, uma vez que essas águas recebem esgotos domésticos e

lixos, atraindo para seu entorno várias pragas urbanas (BRASIL, 2013). Podemos citar, entre essas pragas, o mosquito *Aedes aegypti*, mosquito vetor responsável pela transmissão da zika, dengue, febre amarela e chikungunya. O rato pode transmitir a leptospirose através da sua urina, uma vez o animal contaminado pode transmitir a doença, que gera vários desconfortos, podendo levar até mesmo ao óbito (MELO, 2019). As moscas comuns nos lixos podem transmitir a febre tifoide, juntamente com as pulgas, carrapatos, piolhos e a ingestão de fezes humanas por meio de alimentos ou água contaminada. As baratas podem transmitir inúmeras doenças, entre elas a gastroenterite, que causa a infecção intestinal. E os pombos, através de suas fezes contaminadas, podem transmitir a criptococose e dermatites graves (DUARTE, 2014).

No estudo de Uiles Jesus oliveira (2017) foi analisada a qualidade da água de 30 poços rasos utilizados pelos moradores locais para consumo de água. Foram analisados os mesmos parâmetros físicos e químicos do trabalho anterior, e todos eles estavam dentro dos limites estabelecidos, com exceção apenas do pH. Com relação aos coliformes totais e fecais, foi detectado o crescimento dessas bactérias em 100% das amostras, sendo que em 93,3% a *Escherichia coli* foi a principal bactéria presente. A contaminação por *Escherichia coli* é um importante preditor de contaminação das águas.

Microrganismos de origem fecal têm sido importantes para interpretar o grau de poluição fecal há aproximadamente 70 anos. São indicadores que geralmente estão presentes em fezes de homens e outros animais de sangue quente (SOUZA et al., 1983). O indicador patogênico de origem fecal mais importante é a *Escherichia coli*, desprovida de vida livre no ambiente, quando presente na água indica que o meio está contaminado por fezes (MELO, 2019).

## CONCLUSÃO

A qualidade das águas é um fator muito importante para a sobrevivência humana e animal, pois suas atividades estão estritamente ligadas à necessidade do uso da água. A preservação dos rios e seus afluentes faz-se cada vez mais necessária frente aos índices crescentes de poluição veiculados pela ação humana.

Os resultados deste trabalho mostraram que a qualidade das águas da bacia hidrográfica que banha a cidade de Rolim de Moura, através do Rio Anta Atirada, já se encontra seriamente comprometida pela ação do homem, e fazem-se necessárias medidas públicas que encabechem a redução da poluição e assoreamento desse rio.

A população, em sua grande maioria, só tomará iniciativas, principalmente os agricultores e pecuaristas, quando realmente o poder público começar a orientar de maneira presencial no campo, estabelecendo um plano de reflorestamento com técnicos e profissionais ambientais.

Elaborando um tempo mínimo para que o reflorestamento aconteça nas propriedades que usufruem desse rio. As medidas, quando não concluídas, o responsável seria multado.

De uma maneira geral não seria a única solução, ainda assim já representaria um começo.

Dentro da cidade esse reflorestamento tem todas as possibilidades para acontecer — a cidade de Rolim de Moura conta com um viveiro cidadão, que está ajudando muito nesse projeto.

Contamos também com o grupo Aruana, que tem ajudado muito com projetos ambientais em nossa cidade e se dispôs a ajudar a reflorestar o Rio Anta. O trabalho é voluntário e envolve os munícipes de nossa cidade.



## REFERÊNCIAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Componente da Série de Relatórios sobre o Estado e Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil**. Brasília- DF: Geo. Brasil Recursos Hídricos, 264 p., 2007.

BARBOSA, E. **Rio Amazonas: O rio mais longo do mundo**. Educa +Brasil. 19 jun. 2019. Disponível em: <<https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/geografia/rio-amazona>>. Acesso: 16 set. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/** Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 212 p., 2006.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Lixo e saúde: aprenda a cuidar do seu lixo corretamente e descubra como ter uma vida mais saudável**. Brasília: Funasa, 24 p.:II, 2013.

BRITO, D. **A água no Brasil: da abundância à escassez**. Agência Brasil, 2018. Disponível em: <<https://jornalempresasenegocios.com.br/especial/a-agua-no-brasil-da-abundancia-a-escassez/>>. Acesso em: 19 de set. 2021.

CARNEIRO, N. P. **Educação em Rolim de Moura: das iniciativas privadas as ações públicas (1975 -1983)**. 223 f., 2008. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande - Ms, 2008.

DIAS, R. L. F. **Intervenções públicas e degradação ambiental no semiárido cearense (O caso de Irauçuba)**. 139 f., 1998. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, PRODEMA. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 1998.

DUARTE, F.D. R. **Doenças de veiculação hídrica e meio**

**ambiente: um estudo da percepção dos alunos quanto à saúde ambiental.** 50 f., 2014. Tese (Doutorado) - Curso de Ensino de Ciências., Universidade Federal de Minas Gerais, São Gotardo - MG, 2014.

JANUÁRIO, M. L. **Rolim de Moura: uma viagem no tempo.** 2. ed. Rolim de Moura: D'press Editora e Gráfica Ltda, 114 p., 2013.

MELO, M. F. **Doenças de Veiculação Hídrica.** 43 f., 2019. Tese (Doutorado) - Curso de Geomedicina, Universidade Federal do Pará, Belém do Pará, 2019.

MODELLI, L. **Brasil perdeu 15% dos seus recursos hídricos em 30 anos, uma perda de quase o dobro da superfície de água de todo o Nordeste.** Globo – G1. 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/natureza/noticia/2021/08/23/brasil-perdeu-15percent-dos-seus-recursos-hidricos-nos-ultimos-30-anos-uma-perda-quase-o-dobro-da-superficie-de-agua-de-todo-o-nordeste.ghtml>>. Acesso em: 17 set. 2021.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002.

OLIVEIRA, O. A. **Evolução Histórica e Geografia de: Rolim de Moura, Estado de Rondônia.** Porto Velho: Dinâmica, 74 p., 2001.

OLIVEIRA, U. J. **Análise físico-química e microbiológica em água de poços rasos em Rolim de Moura - RO.** 85 f., 2017. Tese (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté – Unitau, Taubaté - SP, 2017.

PAULA, S. C.; BAUMHARDT, E. **Estudo do regime hidrológico quantitativo de duas microbacias com característica rural e urbana.** In XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, p. 8,

2013.

PAULA, S. C. et.al. **Análise temporal do uso e ocupação do solo através de imagens de satélite: uma avaliação da degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Anta Atirada- RO.** p.10. 2016.

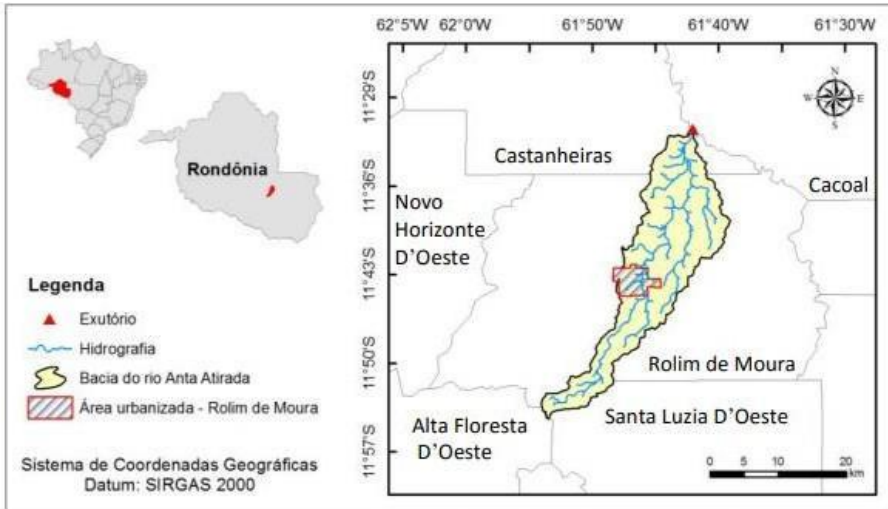
SAÚDE. Ministério da Vigilância e controle da qualidade da água para o consumo humano, Distrito Federal: MS, 212 p., 2006.

SOUZA, L. C. et al. Bactérias coliformes totais e coliformes de origem fecal em águas usadas na dessedentação de animais. **Revista de Saúde Pública**, v. 17, p. 112-122, 1983.

STACHIW R., et al. **Mapeamento e Determinação da Qualidade de Água Subterrânea da Cidade de Rolim De Moura – RO – Brasil.** In: CARMELLO, Nubia et al (Orgs.), Amazônia: Instrumento para gestão Recursos Hídricos, Curitiba: Editora CRV, Curitiba-PR, Brasil, p. 157-168. 2016.

UNGARETTI, M.; BENEDEUCCI, G. **Amazônia: Entendendo a importância da maior floresta tropical do mundo.** 8 de mar. 2021. Disponível em: <<https://conteudos.xpi.com.br/esg/amazonia-entendendo-a-importancia-da-maior-floresta-tropical-do-mundo>>. Acesso em: 16 set. 2021.

**ANEXO I – LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANTA ATIRADA. FONTE: PAULA; BAUMHARDT, (2013).**



**Figura 1:** Localização da bacia hidrográfica do Rio Anta Atirada

**ANEXO II: MICROBACIAS DO RIO ANTA ATIRADA NA CIDADE DE ROLIM DE MOURA/RO. FONTE: PAULA; BAUMHARDT, (2013).**

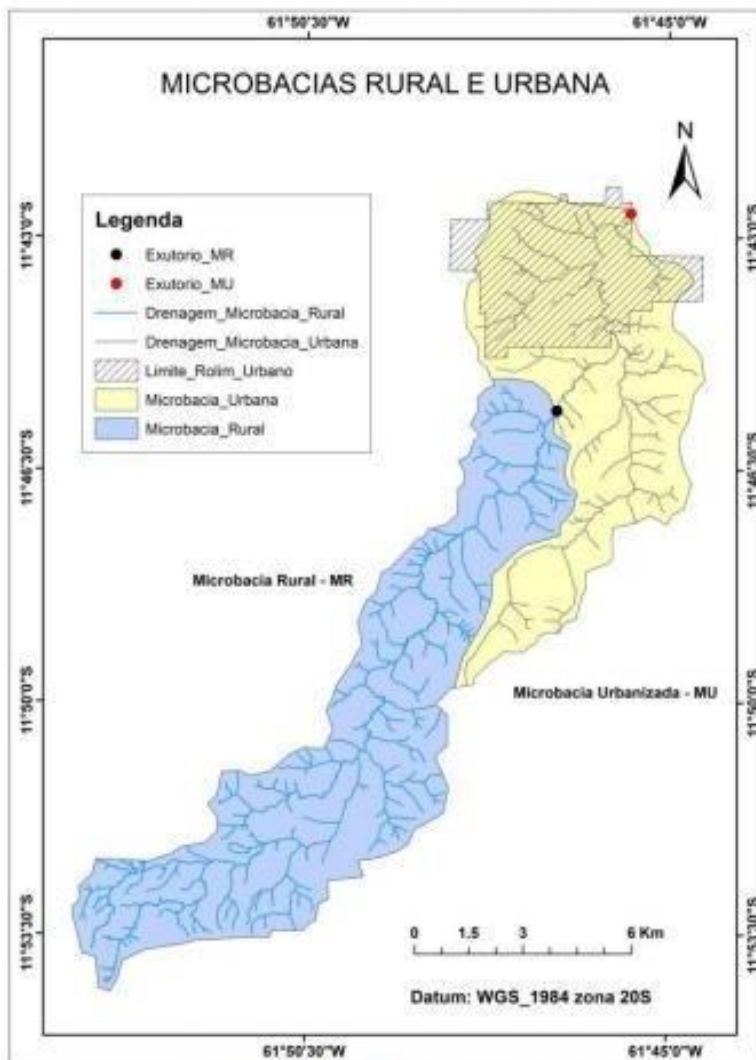
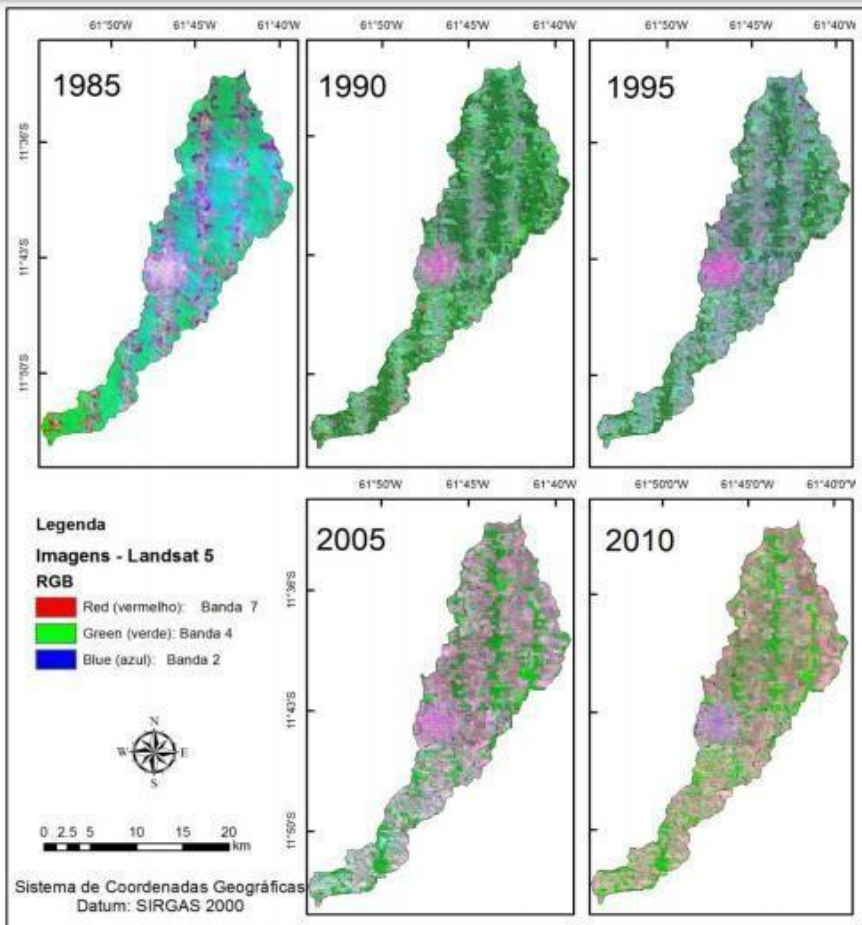


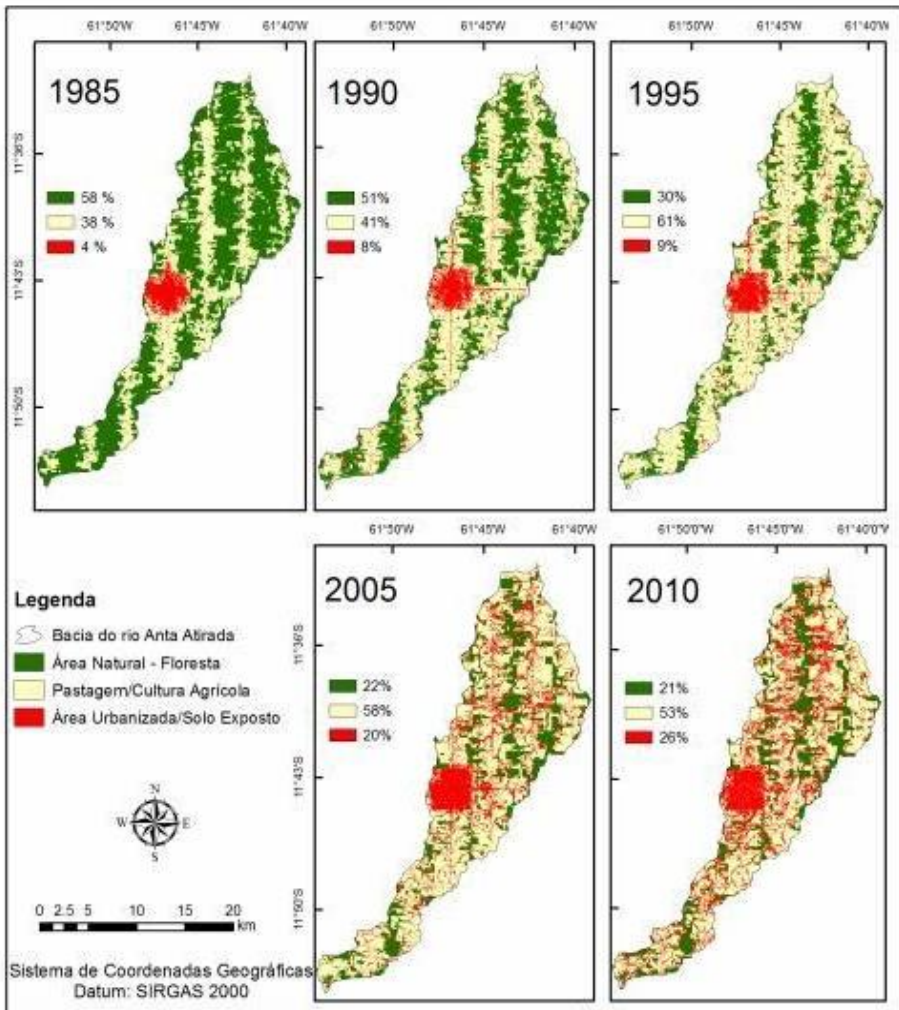
Figura 01 – Microbacias delimitadas.

**ANEXO III: IMAGENS DE SATÉLITE DEMONSTRANDO A DEGRADAÇÃO TEMPORAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANTA ATIRADA. FONTE: PAULA; BAUMHARDT, (2013).**



**Figura 2:** Imagens do satélite Landsat 5 com composição colorida RGB: 7,4,2, sobre a bacia do Rio Anta Atirada

**ANEXO IV: IMAGENS DE SATÉLITE MOSTRANDO A EVOLUÇÃO TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANTA. FONTE: PAULA; BAUMHARDT, (2013).**



**Figura 3:** Evolução temporal do uso e ocupação do solo, por meio de imagens do satélite Landsat 5, sobre a bacia do Rio Anta Atirada

## CAPÍTULO 50

### ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA A PARTIR DE DADOS DE ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS DA BACIA DO RIO JAMARI- RONDÔNIA

**Gabriel Henrique Colombo<sup>180</sup>, Glauco Rodrigo Kozerski<sup>181</sup>,  
Rafael Ranconi Bezerra<sup>182</sup>, Walleson Higor Corrêa Jordão<sup>183</sup> &  
Elisabete Lourdes do Nascimento<sup>184</sup>**

#### 1. INTRODUÇÃO

No Brasil as águas superficiais são classificadas de acordo com suas condições ambientais associadas aos diversos usos previstos. A classificação é feita em cinco classes diferentes, que varia desde classes especiais, ou seja, locais não alterados por atividades humanas, até usos apenas de navegação, a qual requer menores condições de qualidade ambiental. A legislação que rege o enquadramento dos corpos d'água superficiais nestas classes é a Resolução Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente) n.º 357 de 2005. Neste sentido, a avaliação de qualidade dos recursos hídricos é de grande importância para a identificação dos ecossistemas ameaçados, permitindo a aplicação de medidas de proteção eficazes (FARIA, 2020).

---

<sup>180</sup> Mestrando em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Rondônia (ProfªÁgua) – UNIR. gabrielhenriquecolombo@gmail.com

<sup>181</sup> Mestrando ProfªÁgua – UNIR. glaucork2016@gmail.com

<sup>182</sup> Mestrando ProfªÁgua. UNIR. rafaelranconi@hotmail.com

<sup>183</sup> Mestrando ProfªÁgua – UNIR. wallesonjordao@gmail.com

<sup>184</sup> Doutora em Ciências Biológicas-Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho - IBCCF, Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ. Professora do ProfªÁgua – UNIR. elisabetenascimento05@gmail.com



A maior parte das águas nacionais não se encontram classificadas, haja vista a carência da obtenção de informações acerca de dados de qualidade da água devido às dificuldades metodológicas, institucionais e financeiras na gestão hídrica (HERREIRA; PIZELLA, 2020). Embora existam inúmeras lacunas, em diferentes regiões do país, referentes às informações sobre a qualidade das águas superficiais, é possível verificar que existem políticas públicas direcionadas a ampliar as medidas de controle dos recursos hídricos. Assim, a implantação de sistemas de informação, aliada à criação de uma base de dados referentes à qualidade das águas, possibilita aos órgãos gestores de recursos hídricos a adoção de diretrizes visando garantir a preservação e qualidade das águas.

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) – entidade federal de implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) –, visando atender às lacunas de informação e a necessidade de prover à sociedade conhecimento adequado sobre a qualidade das águas superficiais brasileiras, instituiu a Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade da Água (RNQA) no âmbito do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA), por meio da Resolução ANA n.º 903/2013. A RNQA possui como finalidades a avaliação da qualidade atual das águas e o atendimento aos usos estabelecidos pelo enquadramento dos corpos d'água superficiais, além de apoiar ações de planejamento, outorga, licenciamento e fiscalização (ANA, 2013).

Pela criação da RNQA, a ANA, além de possuir o Portal Hidroweb, ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos (SNIRH), criou o Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água (QualiÁgua), por meio da Resolução ANA n.º1040/2014, posteriormente alterada pela Resolução ANA n.º 643/2016. O objetivo do QualiÁgua é contribuir para o fortalecimento e

estruturação dos órgãos gestores de recursos hídricos para que realizem e promovam o monitoramento e divulgação dos dados de qualidade das águas superficiais no Brasil (ANA, 2016).

No estado de Rondônia, o órgão gestor responsável pela execução do programa QualiÁgua é a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM), a qual atua no monitoramento de parâmetros físico-químicos das águas superficiais visando gerar um banco de dados de forma a subsidiar ações do poder público em relação à gestão dos recursos hídricos, principalmente no que se relaciona à qualidade de água.

Neste sentido, o estudo da qualidade da água é fundamental, tanto para se caracterizar as consequências de uma determinada atividade poluidora, quanto para estabelecer os meios para que se satisfaça determinado uso da água (VON SPERLING, 2005). Assim, a análise de parâmetros que são monitorados pelos programas QualiÁgua/SEDAM e Hidroweb/ANA, como oxigênio dissolvido, nitrato, nitrogênio amoniacal, pH, turbidez e cloreto, podem ser importantes indicadores que relacionam o crescimento populacional e a intensificação dos usos dos recursos hídricos com a crescente degradação dos corpos hídricos superficiais.

Portanto, de modo a contribuir com a geração de informações a partir de dados obtidos pelos programas QualiÁgua e Hidroweb, o presente trabalho aborda aspectos qualitativos da água na bacia do rio Jamari, visando subsidiar tomadas de decisões e compor referencial técnico voltado à gestão da bacia hidrográfica.

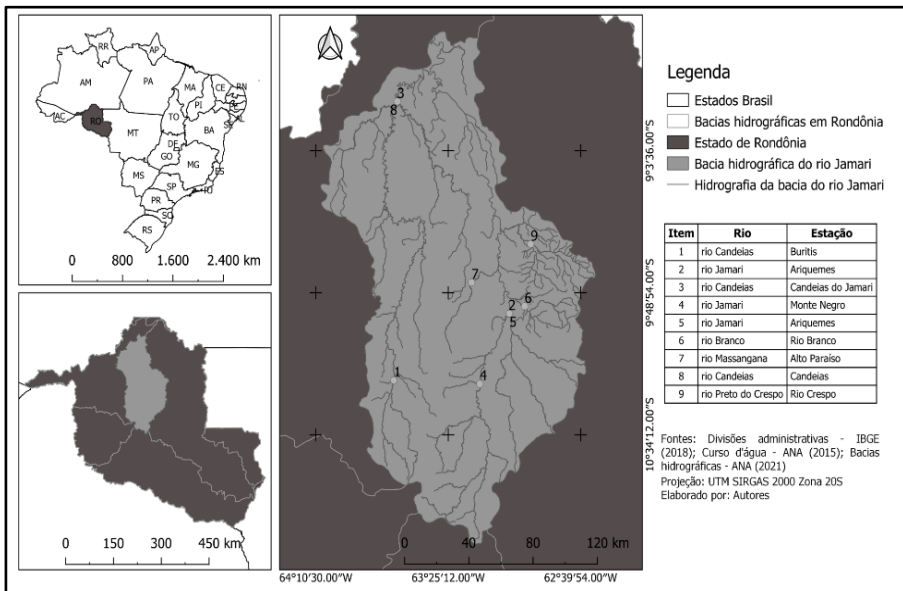
## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

A bacia hidrográfica do rio Jamari possui uma área de 29.087 km<sup>2</sup> e tem uma usina hidrelétrica dentro de seus limites, a Usina

Hidrelétrica de Samuel, que entrou em funcionamento em 1989. Abrange 17 municípios e, segundo o estabelecido pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos de Rondônia (PERH), divide-se em quatro Unidades Hidrográficas de Gestão (UHG), sendo Alto Rio Jamari, Margem Direita do Rio Jamari, Margem Esquerda do Rio Jamari e Baixo Rio Jamari.

O rio Jamari tem por seu principal afluente o rio Candeias, e juntos deságuam no rio Madeira, um dos principais tributários do rio Amazonas (MARTINS, 2009). Na Figura 1 é apresentada a localização da referida bacia e a localização das nove estações fluviométricas utilizadas no estudo. As estações em questão são operadas pela SEDAM e pela ANA, e estão instaladas nos cinco principais rios da bacia hidrográfica.



**Figura 1** - Localização da bacia do rio Jamari e das estações fluviométricas, 2021.

As informações das estações utilizadas no presente estudo estão descritas na Tabela 1. Tais estações são parte das estações existentes na bacia que dispõem dos dados de variáveis de

qualidade de água abordadas neste estudo. As estações 2, 3 e 4 são estações com dados da SEDAM (QualiÁgua), e as estações 1, 5, 6, 7, 8 e 9, com dados da ANA (Hidroweb).

**Tabela 1** - Dados das estações fluviométricas utilizadas da bacia do rio Jamari.

Item	Nome	Código	Município	Latitude	Longitude	Rio
01	Buritis	15490500	Buritis	10°16'50.16"S	63°43'50.88"O	Candeias
02	Ariquemes	15430001	Ariquemes	9°55'32.00"S	63°4'17.0"O	Jamari
03	Candeias do Jamari	15550001	Candeias do Jamari	8°47'55.00"S	63°42'38.0"O	Candeias
04	Monte Negro	15408500	Monte Negro	10°17'57.00"S	63°14'25.0"O	Jamari
05	Ariquemes	15430000	Ariquemes	9°55'32.00"S	63°4'17.00"O	Jamari
06	Ariquemes	15431000	Ariquemes	9°53'12.84"S	62°59'4.92"O	Branco
07	Alto Paraíso	15432000	Alto Paraíso	9°57'58.52"S	63°15'35.99"O	Massangana
08	Candeias do Jamari	15550000	Candeias do Jamari	8°47'54.96"S	63°42'38.16"O	Candeias
09	Rio Crespo	15445000	Rio Crespo	9°33'24.05"S	62°57'1.08"O	Preto do Crespo

Como principais usos existentes na bacia do rio Jamari tem-se a pecuária e a agricultura (Rondônia, 2002). Além do citado, Menezes (2008) aponta outros usos, tais como as áreas de mineração e ocupação ribeirinha.

## 2.2 Métodos

No presente trabalho foram utilizados dados de qualidade de água constantes no Programa de Informações de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental - SEDAM (QualiÁgua) e do portal Hidroweb da Agência Nacional de

Águas e Saneamento Básico - ANA. As variáveis utilizadas e os períodos hidrológicos estão descritos na Tabela 2.

**Tabela 2** - Variáveis utilizadas e períodos hidrológicos.

<b>Período</b>	<b>Meses</b>	<b>Variáveis</b>
Cheia	jan/fev/mar	
Vazante	abr/mai/jun	Oxigênio Dissolvido, pH, Turbidez, Nitrato, Cloreto e Nitrogênio Amoniacal
Seca	jul/ago/set	
Enchente	out/nov/dez	

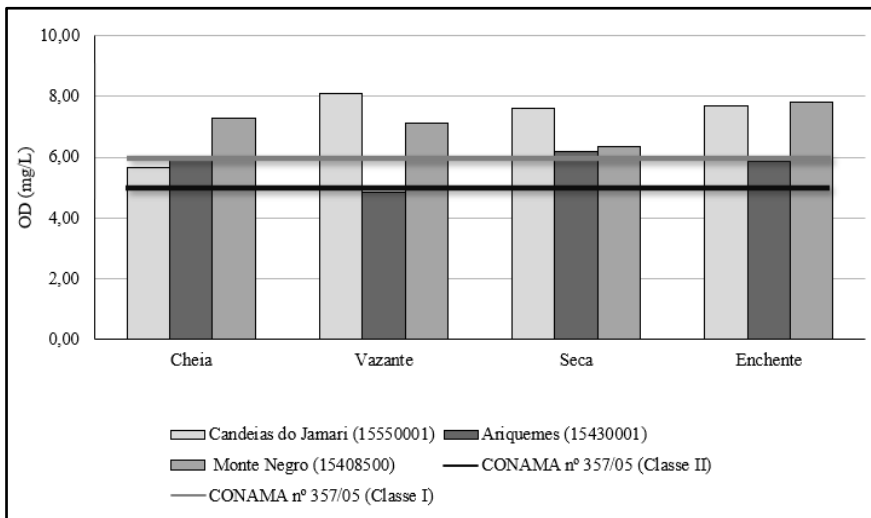
A divisão da sazonalidade foi realizada conforme o descrito por Gomes et al. (2015). Posteriormente foram calculadas as médias trimestrais, as quais foram comparadas com os valores orientadores para águas de classes I e II estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05. Dos bancos de dados utilizados, foram utilizados dados apenas dos últimos 5 (cinco) anos (2016-2020), salientando-se que os períodos de vazante, para nitrato e cloreto, e vazante e seca, para nitrogênio amoniacal, não foram utilizados pelo motivo de irregularidade temporal das amostragens. Além disso, não foram registrados dados de pH, OD e turbidez no período de cheia da estação de Rio Crespo.

A partir dos dados disponibilizados nos portais da SEDAM (QualiÁgua) e da ANA (Hidroweb), foram gerados gráficos das médias das variáveis por períodos hidrológicos com a indicação de valores de referência da Resolução CONAMA 357/05 organizados em variáveis, conforme abordados abaixo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Níveis de oxigênio dissolvido em ambiente aquático condicionam a vida no meio, assim como influenciam diretamente no processo de degradação de matéria orgânica, também conhecido por processo de autodepuração (CETESB, 2021).

Os dados do QualiÁgua para o parâmetro oxigênio dissolvido na bacia do rio Jamari estão apresentados na Figura 2. É possível verificar que a maioria das estações apresentaram valores superiores a 5 mg/L, valor de referência para a classe II preconizado pela Resolução CONAMA 357/05. Somente a estação Ariquemes (15430001) apresentou valor de OD ligeiramente menor que 5 mg/L (4,8 mg/L), no período da vazante.

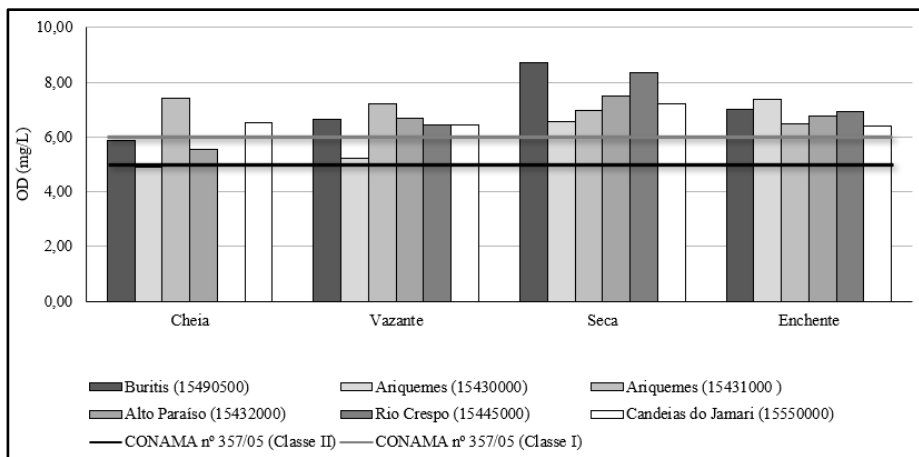


**Figura 2** - Concentrações de OD das estações fluviométricas do QualiÁgua/SEDAM, entre 2016 e 2019.

É importante citar que a estação Monte Negro (15408500) apresentou concentrações de OD sempre acima do valor de referência para cursos d'água de classe I. Comportamento similar foi encontrado por Assis (2019) ao registrar concentrações de OD

no Rio Jaru acima de 6 mg/L em três dos quatro períodos hidrológicos.

Quanto aos dados existentes no portal Hidroweb da ANA, extraíram-se dados de qualidade de água para outras seis estações existentes na bacia, conforme a Figura 3, mas ressaltando que no período de cheia não foram registradas concentrações na estação de Rio Crespo (15445000).



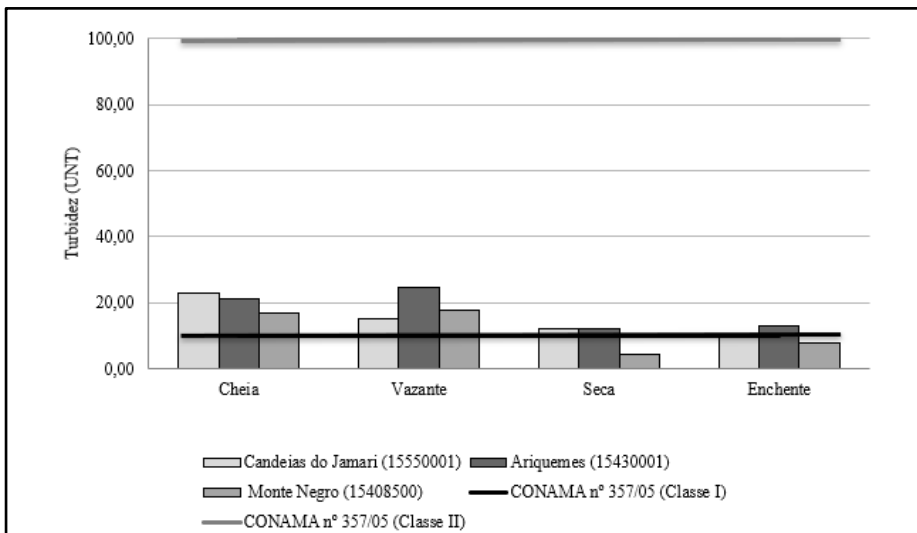
**Figura 3** - Concentrações de OD das estações fluviométricas do Hidroweb/ANA, entre 2016 e 2020.

Em análise da Figura 3 foi possível verificar que no período de cheia também foram encontradas concentrações de OD menores quando comparado com outros períodos hidrológicos. As menores médias foram encontradas nas estações Aniquemes (15430000) e Alto Paraíso (15432000), sendo 4,89mg/L e 5,53mg/L, respectivamente. As menores concentrações de OD podem estar relacionadas com o carreamento de material para o curso d'água, como matéria orgânica, que influencia diretamente na utilização de OD para sua degradação.

Salienta-se que a antropização de uma bacia interfere diretamente na qualidade da água. Neste sentido, destaca-se que Aniquemes é a maior cidade da bacia do Jamari. A cidade possui

cobertura de esgoto de apenas 2,57% (AMR, 2021) e maior número de indústrias dentre as outras cidades da bacia. Possui suas atividades econômicas voltadas para agropecuária, piscicultura e mineração, bem como dois barramentos por Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH`s), um no rio Jamari e outro no seu afluente, o rio Canaã.

Para o parâmetro turbidez, os maiores valores para as estações constantes do QualiÁgua/SEDAM (Figura 4) foram registrados nos períodos de cheia (23,11 UNT) e vazante (24,4 UNT), nas estações Candeias do Jamari (15550001) e Ariquemes (15430001), respectivamente. Nos períodos de seca e enchente foram registrados valores de 4,36 e 8,04 UNT, respectivamente, na estação Monte Negro (15408500).

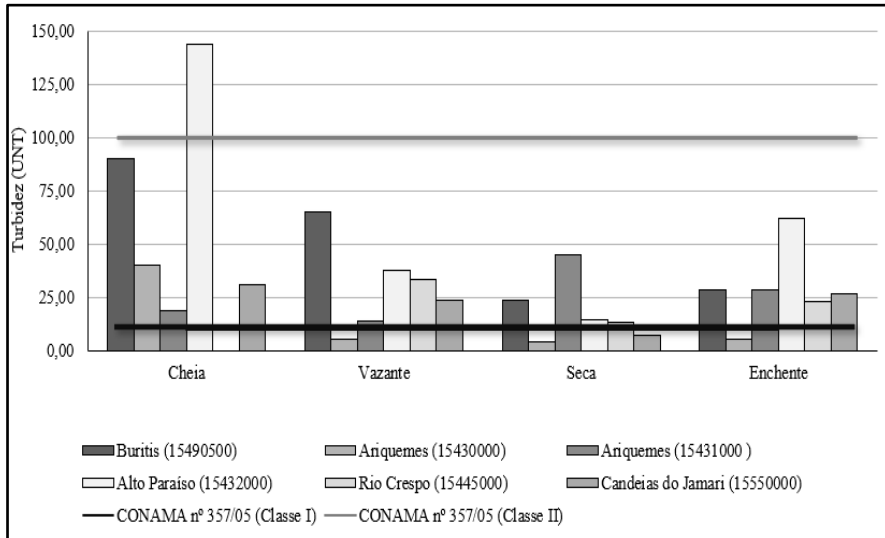


**Figura 4** - Valores de turbidez das estações fluviométricas do QualiÁgua/SEDAM, entre 2016 e 2019.

Pelo exposto na Figura 4, foi observado que os valores de turbidez, tanto acima quanto abaixo dos valores preconizados pela CONAMA 357/2005 para águas de classe I, estão mais próximos do valor de referência para curso d'água classe I (10 UNT) nos períodos de seca e enchente. Ambientes com valores de turbidez



mais baixos podem influenciar no aumento da atividade fotossintética do ambiente aquático, reflexo direto do desenvolvimento do fitoplâncton no meio aquático. No período de cheia não foram registrados valores para a estação de Rio Crespo (15445000). Na Figura 5 têm-se os dados de turbidez das estações do portal Hidroweb/ANA.

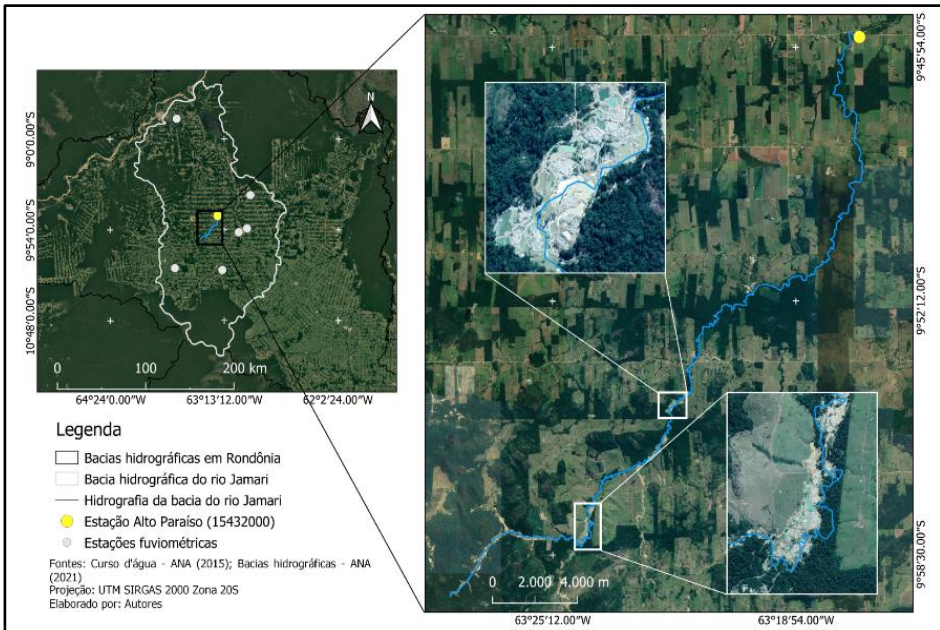


**Figura 5** - Valores de turbidez das estações fluviométricas do Hidroweb/ANA, entre 2016 e 2020.

A estação Alto Paraíso (15432000) apresentou valor médio elevado de turbidez no período de cheia (143,75 UNT), valor acima do preconizado para águas de classe I e II pela CONAMA 357/2005. Na cheia também se destaca o valor médio apresentado para a estação de Buritis (15490500), que foi de 90,10 UNT. Em virtude do maior volume de água que entra no sistema em decorrência das chuvas, há maior carregamento de partículas que refletem nos maiores valores de turbidez, o que explica o maior resultado destes parâmetros em todas as estações.

No período de enchente, a estação de Alto Paraíso também apresentou maior média (62,22 UNT) dentre as estações analisadas.

Esta estação está localizada no rio Massangana, e à montante da mesma há exploração garimpeira de cassiterita, com muitas lavras no leito do rio (Figura 6), ocasionando o lançamento de rejeitos que certamente contribuem para o aumento da turbidez do rio Massangana.



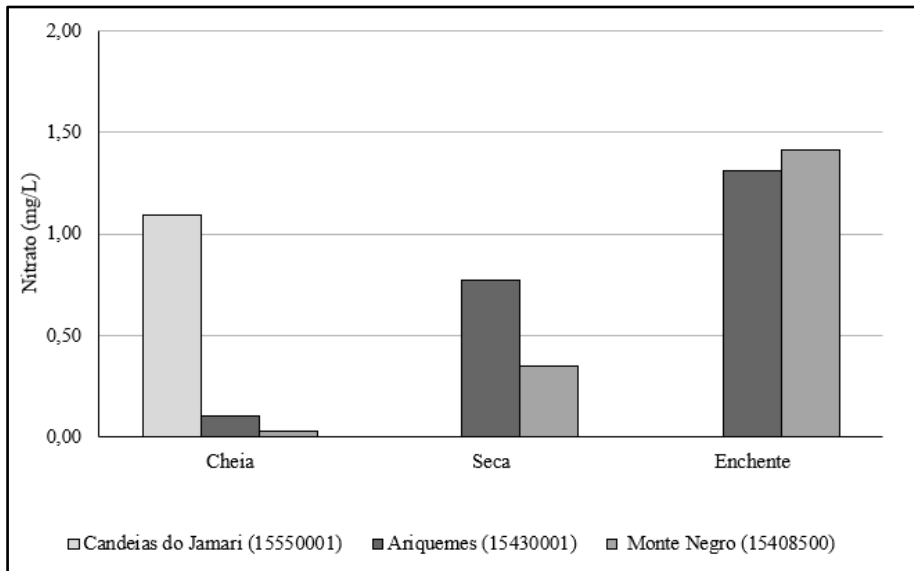
**Figura 6** - Detalhe da degradação ambiental do rio Massangana por atividade de garimpo de cassiterita à montante da estação fluviométrica de Alto Paraíso.

Esteves (1998) conceitua que o nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo dos ecossistemas aquáticos, principalmente devido à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Ele está disponível de diferentes formas, entretanto, destaca-se o nitrato, uma vez que representa a principal fonte de nitrogênio para os produtores primários.

Dados de nitrato só estão disponíveis nas estações do QualiÁgua/SEDAM. Ressalta-se que não foram registrados dados

em nenhuma estação para o período de vazante, além disso, para os períodos de seca e enchente a estação de Candeias do Jamari (15550001) também não apresentou dados. Observou-se que, na série temporal estudada, em todos os períodos do ciclo hidrológico as concentrações estavam abaixo do limite preconizado para águas de classe II da Resolução CONAMA 357/05 (10 mg/L).

Entretanto, Nascimento (2012) registrou, no reservatório da UHE Samuel localizado no rio Jamari, concentração média de nitrato na zona eufótica de 1,145 mg/L, valor próximo dos dados do QualiÁgua/SEDAM. A referida autora constatou a presença de cianobactérias tóxicas no reservatório de Samuel, e associou o aumento da densidade de cianobactérias tóxicas e síntese de cianotoxinas (microcistinas) às concentrações de nutrientes nitrato, ortofosfato e ferro. Desta forma, destaca-se que, apesar das baixas concentrações de nitrato registradas pelo QualiÁgua, a somatória de outros fatores ambientais, associados à degradação da bacia, podem ocasionar a formação de florações de cianobactérias tóxicas, comprometendo a qualidade da água.



**Figura 7** - Concentrações de nitrato nas estações fluviométricas do QualiÁgua/SEDAM, entre 2016 e 2019.

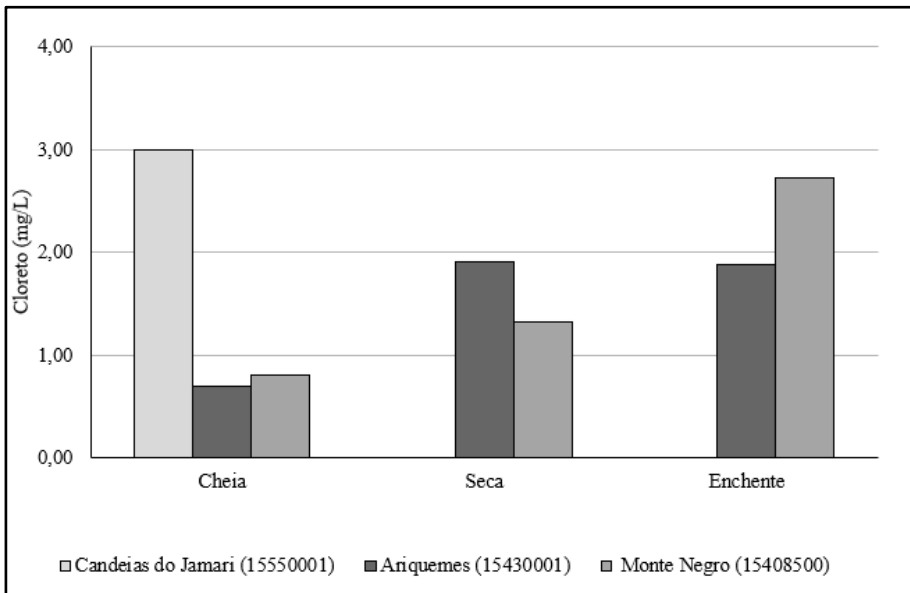
Ao realizar um estudo sobre a qualidade da água na bacia do rio Machado, Silva (2018) também observou maiores concentrações no período de cheia, com média na concentração de nitrato de 32,00mg/L relacionada ao maior aporte de matéria orgânica ao sistema. No período de seca também foram observadas nesta bacia as menores concentrações, com média de 1,02mg/L, em virtude de menor aporte de matéria orgânica.

O íon cloreto exerce um papel fundamental na dinâmica dos ecossistemas aquáticos, em virtude de sua influência nos processos fisiológicos dos organismos, como a troca entre o meio extracelular e intracelular (PIRATOBA et al, 2017).

Semelhante ao parâmetro nitrato, não foram obtidos dados de cloreto no período de vazante em nenhuma estação, sendo que nos períodos de seca e enchente também não foram obtidos dados para a estação de Candeias do Jamari (15550001).

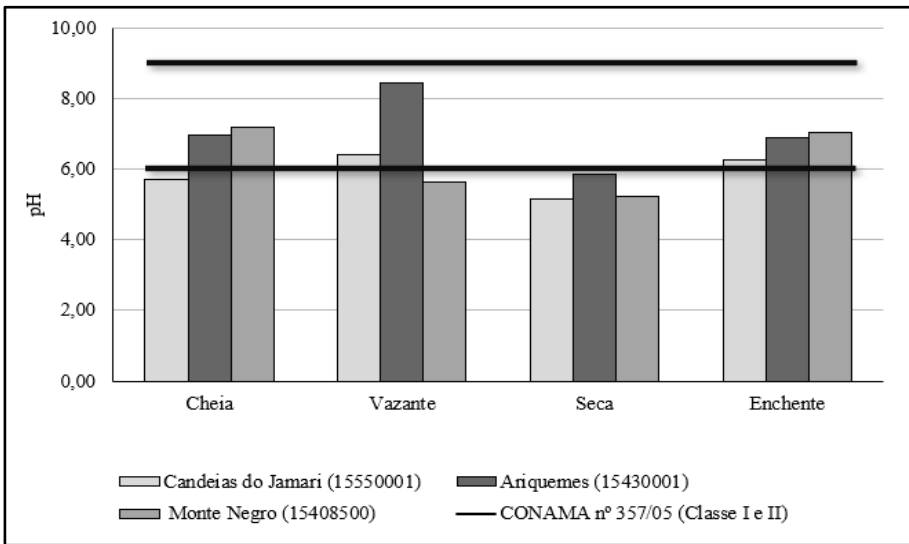
O valor máximo para cloreto de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, tanto para a classe I quanto para a classe II, é de 250 mg/L. A partir dessa referência, e em análise dos dados constantes na Figura 8, constatou-se que as concentrações estão abaixo do limite estabelecido, haja vista que a maior concentração foi de 3 mg/L no período da cheia na estação de Candeias do Jamari (15550001).

O pH afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas, e alterações nos seus valores também podem aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos, tais como os metais pesados (ANA, 2021). A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece que para as classes I e II, que implicam na proteção da vida aquática, o pH deve estar entre 6 e 9 (ANA, 2021).



**Figura 8** - Concentrações de cloro das estações fluviométricas do QualiÁgua/SEDAM, entre 2016 e 2019.

Em análise da Figura 9, a qual apresenta os dados de pH das estações do QualiÁgua/SEDAM, constataram-se cinco resultados menores que 6, ou seja, abaixo do limite mínimo da Resolução CONAMA 357/2005. As estações que apresentaram tais valores foram: no período de cheia, a estação de Candeias (15550001), 5,69; no período de vazante, a estação de Monte Negro (15408500), 5,64; e no período de seca, as estações Candeias (15550001), 5,14, Ariquemes (15430001), 5,87, e Monte Negro (15408500), 5,24. Destaca-se também o registro da estação de Ariquemes (15430001) no período de vazante, que apresentou pH de 8,43. Os demais valores constantes da Figura 9 se apresentaram dentro da faixa estabelecida pela resolução, variando de 6,26 a 7,18.

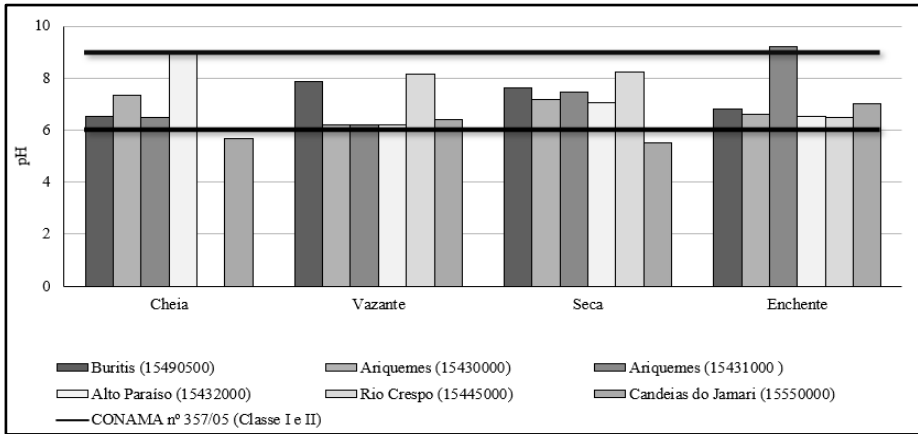


**Figura 9** - Valores de pH das estações fluviométricas do QualiÁgua/SEDAM, entre 2016 e 2019.

Conforme o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Rondônia (2018), observou-se que das 32 estações de monitoramento de qualidade da água operacionais e com dados disponíveis instaladas nas bacias hidrográficas do estado, 28 estações apresentaram valores de pH mínimo abaixo de 6, demonstrando uma característica mais ácida das águas da região.

A Figura 10 apresenta os dados de pH registrados para as estações do Hidroweb/ANA na bacia em estudo. No que tange à análise dos dados destas estações, verificou-se que a maioria das estações em todos os períodos hidrológicos apresentaram pH conforme a faixa da Resolução CONAMA 357/2005. Entretanto, dois valores apresentaram pH abaixo do limite para águas de classe II (6), sendo a estação de Candeias (15550000), no período de cheia (5,66) e no período de seca (5,52). Também se destacam a estação de Ariquemes (15431000), com valores acima da faixa preconizada (6-9) no período de enchente, registrando pH de 9,20, e a estação de Alto Paraíso (15432000), com valores próximos a 9 no período de

cheia, sendo registrado o pH de 8,93. Para a estação de Rio Crespo (15445000) não foram registrados valores no período de cheia.



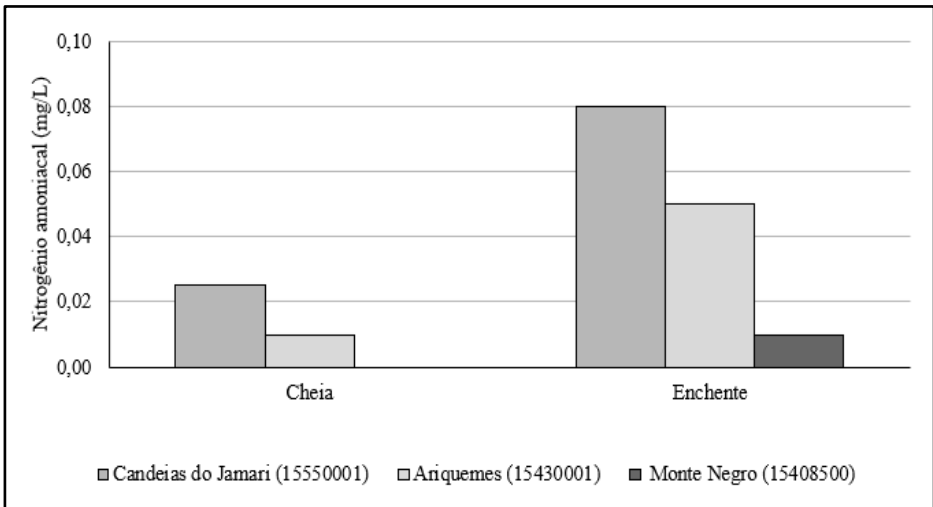
**Figura 10** - Valores de pH das estações fluviométricas do Hidroweb/ANA, entre 2016 e 2019.

Conforme Von Sperling (2005), os valores de pH estão relacionados a fatores naturais, como dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, e a fatores antropogênicos, pelo despejo de esgotos domésticos e industriais, devido à oxidação da matéria orgânica e à lavagem ácida de tanques, respectivamente. Desta forma, para compreender a variação de pH, principalmente para estações que registraram valores fora da faixa da Resolução CONAMA 357/2005, se faz necessário aprofundamento dos estudos, com caracterização do uso e ocupação do solo e análise de toda gama de parâmetros que se correlacionam com o pH.

Quanto ao nitrogênio amoniacal, o mesmo tem efeitos ambientais nocivos ao promover o crescimento abundante de algas e plantas aquáticas, causar déficit de oxigênio nos corpos receptores e apresentar toxicidade às formas de vida aquática. Este pode atingir rapidamente concentrações tóxicas em sistemas intensivos mal manejados, causando redução da sobrevivência, do crescimento e até mesmo a morte dos animais. As determinações

do CONAMA quanto às concentrações de amônia objetivam assegurar a qualidade das águas dos corpos hídricos, protegendo-os da eutrofização e preservando a vida de peixes (URBINATI; CARNEIRO, 2004).

Conforme Resolução CONAMA 357/2005, os valores limites de nitrogênio amoniacal variam conforme faixa de pH, e todos os registros de nitrogênio amoniacal pelas estações QualiÁgua/SEDAM estão correlacionados com  $\text{pH} \leq 7,5$ , que estabelece o limite máximo de 3,7 mg/L de nitrogênio amoniacal. A maior concentração de nitrogênio amoniacal foi registrada na estação Candeias (15550001), 0,08 mg/L (Figura 11).



**Figura 11** - Concentrações de nitrogênio amoniacal das estações fluviométricas do QualiÁgua/SEDAM, entre 2016 e 2019.

O parâmetro de nitrogênio amoniacal só está disponível nas estações do QualiÁgua/SEDAM, não sendo mensurado para as estações disponíveis na plataforma do Hidroweb/ANA. Em dois períodos hidrológicos (vazante e seca) não houve registros de medida do nitrogênio amoniacal, além disso, no período de cheia, a estação de Monte Negro (15408500) não registrou valores. No rio Urupá (Ji-Paraná), também foram registradas baixas



concentrações deste nutriente nos pontos analisados (BANDEIRA, 2018). A variação encontrada ao longo de um ciclo hidrológico foi de 0,005 mg/L (início do período de enchente) a 0,045 mg/L (final do período de enchente).

## **CONCLUSÃO**

No desenvolvimento do presente estudo foi possível verificar que alguns parâmetros da qualidade da água apresentaram resultados que não atenderam aos padrões da Resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe II, sendo eles: o oxigênio dissolvido, com 5,71% dos resultados que não atingiram o mínimo estabelecido (5,0 mg/L) e a turbidez, com 2,85% dos resultados ultrapassando o limite estabelecido (100 UNT). Ressalta-se que tais valores ocorreram em estações fluviométricas com influência de maior antropização da bacia do rio Jamari.

Os resultados de pH, em sua maioria, 77,8%, se apresentaram dentro da faixa estabelecida pela CONAMA 357/2005 (pH 6-9), 19,4% dos valores estiveram abaixo de 6 e 2,8% dos valores estiveram acima de 9. Tudo indica que os resultados de pH fora dos padrões estão relacionados a aspectos naturais, geoquímicos e pedológicos da bacia, que precisam ser aprofundados em outros estudos.

Os parâmetros nitrato, nitrogênio amoniacal e cloreto apresentaram concentrações dentro dos limites estabelecidos pela CONAMA 357/2005. Entretanto, é importante destacar que, na bacia do rio Jamari, já foram identificados o aumento da densidade de cianobactérias, bem como a presença de cianotoxinas na água, com concentrações de nutrientes similares aos apresentados no presente estudo, mas em ambiente lântico.

Destaca-se também que estações fluviométricas de áreas mais antropizadas da bacia, a exemplo da estação de Alto Paraíso, requerem um estudo mais amplo, em virtude dos possíveis

impactos à qualidade da água em decorrência das atividades de mineração. Diante disso, é de grande importância a elaboração e implementação do Plano de Bacia Hidrográfica para a bacia do rio Jamari, com a discussão dos usos preponderantes e enquadramento específicos dos rios, tendo em vista a disponibilidade de dados quantitativos que a bacia tem e que foram utilizados no presente estudo.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE n.º 2717/2015. Ao campus Ji-Paraná da Fundação Universidade Federal de Rondônia. Às professoras da disciplina de qualidade de águas em rios e reservatórios, Dr<sup>a</sup> Ana Lúcia Denardin da Rosa, Dr<sup>a</sup> Beatriz Machado Gomes e Dr<sup>a</sup> Elisabete Lourdes do Nascimento.

## **REFERÊNCIAS**

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.

**Resolução n° 903, de 22 de julho de 2013.** Cria a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais – RNQA e estabelece suas diretrizes. Diário Oficial da União, Brasília, 06 de agosto de 2013.

\_\_\_\_\_. **Resolução n° 1040, de 21 de julho de 2014.** Cria o Programa de Estimulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água – QUALIÁGUA e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2014.

\_\_\_\_\_. **Resolução n° 643, de 27 de junho de 2016.** Altera o Programa de Estimulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água – QUALIÁGUA e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2016.

----- **Monitoramento da qualidade de água em rios e reservatórios.** Disponível em:

<[https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2227/3/Unidade\\_3.pdf](https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2227/3/Unidade_3.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2021.

----- Portal da qualidade das águas. Disponível em:

<[http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#\\_ftn3](http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn3)>. Acesso em: 21 jun. 2021.

AMR – Agência Municipal de Regulação de Ariquemes. Índice de Cobertura de Esgotamento Sanitário em Ariquemes. Mensagem recebida pelo e-mail: amr.presidencia@gmail.com, em 09/07/2021.

ASSIS, J. P. M. **Caracterização Limnológica e Elementos-Traços na Reserva Biológica do Jarú (RO).** 2019. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental). Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR. Ji-Paraná, 2019.

BANDEIRA, I. M. S. **Ocorrência de florações de cianobactérias no rio Urupá (Rondônia): uma abordagem ambiental e de saúde pública.** 2021. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos) Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, Rondônia, 2021

BRASIL. **Lei Federal N.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União, Brasília, 9 jan. 1997.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

**Mortandade de peixes.** Disponível em:

<<https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/oxigenio-dissolvido/>>. Acesso em: 20 jun. 2021

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

ESTEVEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2 ed., Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FARIA, R. F. **Proposição do enquadramento de corpos hídricos a partir da política da comunidade europeia: uma análise documental**. 2020. Dissertação Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Universidade de Brasília. Brasília-DF, 2020.

GOMES, J. B.; WEBLER, A. D.; AGUIAR, R. G.; AGUIAR, L. J. G.; NUÑES, M. L. A. Conversão de florestas tropicais em sistemas pecuários na Amazônia: quais as implicações no microclima da região? **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, 2015.

HERREIRA, B. N.; PIZELLA, D. G. Gestão da qualidade hídrica na bacia hidrográfica do Rio Tietê (SP): Dificuldades para o enquadramento das águas doces superficiais. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**. Florianópolis, p. 221-355, 2020.

MARTINS, A. S. **Avaliação das águas superficiais sob uso e ocupação na sub-bacia do rio Candeias / RO- Amazônia Ocidental**. 123f., 2009. Dissertação. (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) Universidade Federal de Rondônia -UNIR, Porto Velho, Rondônia, 2009.

MENEZES, S. F. M. **Sistemas Agroflorestais e Fertilidade dos Solos: uma Análise da Microrregião de Ariquemes, Rondônia**. 190f., 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, Rondônia. 2008.

NASCIMENTO, E. L. **Fatores ambientais reguladores da dinâmica de cianobactérias no reservatório da usina hidrelétrica de Samuel - Rondônia (Amazônia Ocidental, Brasil)**. 2012, Tese (Doutorado em Ciência Biológica - Biofísica). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.

PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GONÇALVES, W. G. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, v. 12 n. 3, 2017.

RONDÔNIA - PERH RO - **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia. Relatório Final.** Governo de Rondônia / Ministério do Meio Ambiente, Porto Velho, 2018. Disponível em: <<http://coreh.sedam.ro.gov.br/plano-estadual-de-recursos-hidricos>>. Acesso em: 21 jun 2021.

----- - Secretaria de Estado de planejamento e coordenação geral. ITERON - Instituto de terras e colonização de Rondônia. ZSEE - RO - Zoneamento Socioeconômico Ecológico do Estado de Rondônia. Sistema Geral de Informação em GIS ARC/INFO: Curso dos Aplicativos do Sistema. Consórcio TECNOSOLO-DHV-EPTISA. Porto Velho, RO. 21 a 25 de outubro de 2002.

SALES, M.S. **Dinâmica do mercúrio total e metil mercúrio na água do médio Rio Machado e principais afluentes (Rondônia).** 2020. Dissertação. (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos) Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, Rondônia, 2020.

URBINATI, E. C.; CARNEIRO, P. C. F. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropicas intensiva. TecArt, São Paulo,** p. 171-194, 2004.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3.ed. Belo Horizonte: UFMG/ Departamento de Engenharia Sanitária, v.1, 452p., 2005.

## CAPÍTULO 51

### ANÁLISE DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS E FLUVIOMÉTRICOS DAS ESTAÇÕES MOCIDADE E FAZENDA PARAÍSO – RIOS URARICOERA E TACUTU EM RORAIMA

**Alexandre Gustavo Brands<sup>185</sup>, Giovana Adélia Ausier Oliveira  
Bezerra<sup>186</sup>, Jeisiane de Sousa Galvão<sup>187</sup>, Nalim Lourenco  
Rodrigues<sup>188</sup> & Pedro Alves da Silva Filho<sup>189</sup>**

#### INTRODUÇÃO

O estudo da pluviometria de determinada região visa medir a quantidade e intensidade das chuvas que ocorrem, sendo uma das variáveis mais importantes para os estudos climáticos, enquanto o estudo da fluviometria é voltado para a medição de níveis d'água, velocidades, vazões, dentre outras variáveis relacionadas a corpos hídricos.

Segundo o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), o El Niño e a La Niña são partes de um mesmo fenômeno atmosférico-oceânico que acontece no oceano Pacífico Equatorial, El Niño Oscilação Sul (ENOS). Quando o oceano Pacífico Equatorial apresenta uma temperatura mais alta ou mais baixa que a média normal histórica, denomina-se ENOS: quando está mais quente é o El Niño e quando está mais frio é La Niña.

---

<sup>185</sup> Universidade Federal de Roraima. jeisianegalvao4@gmail.com

<sup>186</sup> Universidade Federal de Roraima. alexandregb@gmail.com

<sup>187</sup> Universidade Federal de Roraima. giovanaausier@gmail.com

<sup>188</sup> Universidade Federal de Roraima. nalimlourenco@gmail.com

<sup>189</sup> Universidade Federal de Roraima. pedro.filho@ufr.br

Conforme Oliveira (2001), é notória a preocupação de meteorologistas e climatologistas devido à ocorrência de eventos do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), pois este origina-se na mudança das relações entre o oceano e a atmosfera no Oceano Pacífico, mas provoca variações nas dinâmicas atmosféricas tanto em escala global como regional. A ocorrência do fenômeno ENOS (El Niño e La Niña) pode ser considerada como causadora de anomalias climáticas em diversas áreas do planeta, influenciando vários setores da sociedade e da economia por agir diretamente sobre as precipitações. Admite-se que existem cerca de vinte regiões do mundo cujo clima seja afetado pelo ENOS (MINUZZI, 2010).

Nesta pesquisa foi realizada a análise e comparação de dados pluviométricos e fluviométricos, dando enfoque para a vazão dos rios, de duas estações localizadas na bacia do rio Branco, mais especificamente dos rios Tacutu e Uraricoera, sendo posteriormente realizada a verificação quanto à provável incidência dos fenômenos El Niño e La Niña nos dados coletados das referidas estações.

O rio Branco é o principal sistema de drenagem de Roraima. Segundo Carvalho (2015), sua bacia hidrográfica abrange 83% do estado, com 187.540 km<sup>2</sup>. A junção que dá origem ao rio Branco é formada a mais ou menos 30 km à montante de Boa Vista pelos rios Uraricoera e Tacutu, formando uma planície fluvial de 3.419 km<sup>2</sup>.

O rio Tacutu nasce na região da serra Wamuriaktawa na Guiana. Sua bacia hidrográfica está localizada a nordeste de Roraima, no flanco esquerdo da alta bacia hidrográfica do rio Branco. Seus maiores afluentes são os rios Surumu e Cotingo (CARVALHO, 2015).

Na confluência do rio Parima com o Inajá nasce o rio Uraricoera, sua bacia fica a noroeste do estado de Roraima e ocupa a lateral direita da alta bacia do rio Branco. É no complexo das serras do Parima, do Auaris e Urutanin (fronteira Brasil -

Venezuela) que estão localizadas suas nascentes (CARVALHO, 2015).

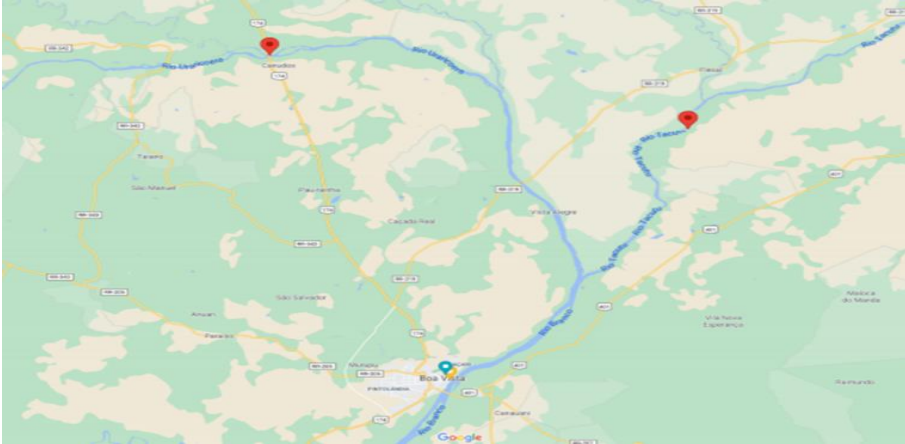
## **DESENVOLVIMENTO**

Este estudo tem como característica uma pesquisa descritiva, exploratória e bibliográfica.

Os dados das estações pluviométricas e fluviométricas analisados neste estudo foram obtidos a partir do sistema HidroWeb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Para a análise da influência dos eventos ENOS nas chuvas e vazões da região, foram considerados os dados CPC (2021) e CPTEC (2021).

A área de estudo foi realizada nas estações Mocidade e Fazenda Paraíso – rio Uraricoera e Tacutu, localizadas no estado de Roraima. A estação utilizada para a aferição dos dados hidrológicos necessários referentes ao rio Tacutu foi a da Fazenda Paraíso, localizada no município de Bonfim, tendo como código fluviométrico 14558000 com latitude 3°19'4.08" Norte e longitude 60°20'41.21" Oeste, e código pluviométrico 08360008 com as mesmas coordenadas geográficas da estação citada anteriormente. Já para o rio Uraricoera, utilizou-se a estação Mocidade, no município de Boa Vista. Seu código fluviométrico é 14500000, com latitude 3°27'51.84" Norte e longitude 60°54'34.92" Oeste, e o pluviométrico: 08360003, de latitude 3°27'48.96" Norte e longitude 60°54'34.92" Oeste.





**Figura 1** - Localização das estações em estudo

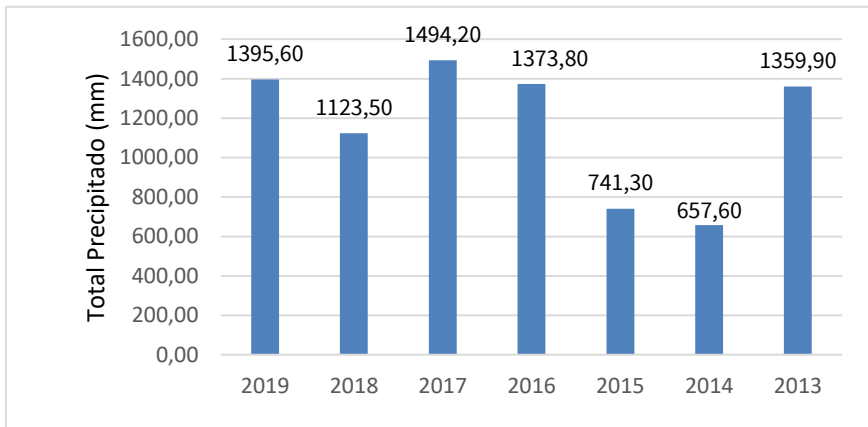
**Fonte:** Google Maps, acesso em 21/06/2021.

Para a estação mocidade, localizada na município de Boa Vista, estão disponíveis os dados fluviométricos e pluviométricos do período compreendido entre os anos de 1975 e 2019. Entretanto alguns anos não apresentavam dados, sendo desconsiderados para verificação das médias fluviométricas anuais. Em relação à estação Fazenda Paraíso, localizada no município de Bonfim, os dados estavam disponíveis para o período compreendido entre 2012 e 2019, entretanto o ano de 2012 apresentava poucos meses com dados completos, tendo sido desconsiderado para fins de cálculo das médias anuais fluviométricas.

Os dados foram organizados de forma a possibilitar a elaboração de gráfico de colunas com vistas a identificar a média histórica anual de precipitação, assim como a média histórica mensal. Para as vazões, foram elaborados gráficos de forma a apresentar a vazão anual média, a vazão mensal média e os picos de cheias ocorridos ao longo dos anos, com os dados disponíveis.

## DADOS PLUVIOMÉTRICOS E FLUVIOMÉTRICOS DAS ESTAÇÕES MOCIDADE E FAZENDA PARAÍSO

A seguir é apresentada a Figura 3 referente à série histórica anual de precipitação relacionada aos dados da Fazenda Paraíso, localizada às margens do rio Tacutu, sendo considerados para sua elaboração apenas os anos em que os dados se encontravam completos.



**Figura 2** - Série histórica anual pluviométrica (valor médio histórico) da Estação Fazenda Paraíso.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

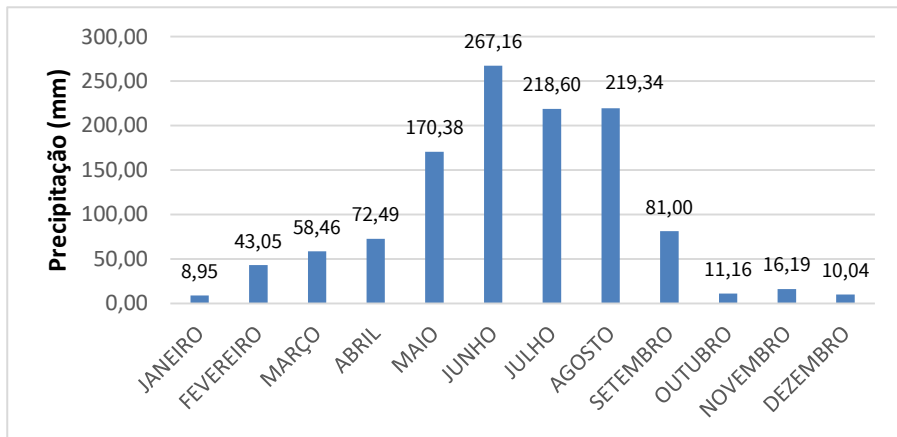
Na Figura 2 é possível verificar que há uma grande variação anual na intensidade de precipitação, sendo que no ano de máxima chuva (2017) a precipitação total foi cerca de 2,27 vezes maior do que no ano de mínima (2014).

Os eventos extremos de precipitação consistem em um dos principais agentes na deflagração de desastres naturais, principalmente em ambientes de clima tropical.

Em regiões tropicais e litorâneas, fatores como a latitude, o relevo e a alta umidade que se desloca do oceano para o continente podem interferir no clima local. Tal configuração proporciona uma distribuição das chuvas peculiar, não sendo possível estabelecer uma estação seca, e há a ocorrência de eventos

extremos. Estes eventos podem ocorrer em várias escalas de tempo, de diária a mensal e sazonal (CAVALCANTI, 2012). As inundações e escorregamentos ocorrem quando, principalmente em área urbana, os excessos de chuvas (relacionados a células convectivas profundas, muitas vezes embutidos em sistemas sinóticos que podem persistir sobre a área) são combinados com alta impermeabilização do solo e ocupação em áreas de alta susceptibilidade aos escorregamentos, causando perdas e danos, não somente materiais, mas também humanos.

Para levantamento da média histórica mensal de precipitação, foram considerados todos os anos com dados disponíveis, inclusive aqueles que apresentavam alguns de seus meses sem dados cadastrados, como o ano de 2012. Conforme a Figura 3, é possível verificar que o período de estação úmida no local em estudo se trata do mês de maio e vai até o mês de setembro, iniciando a estação seca.



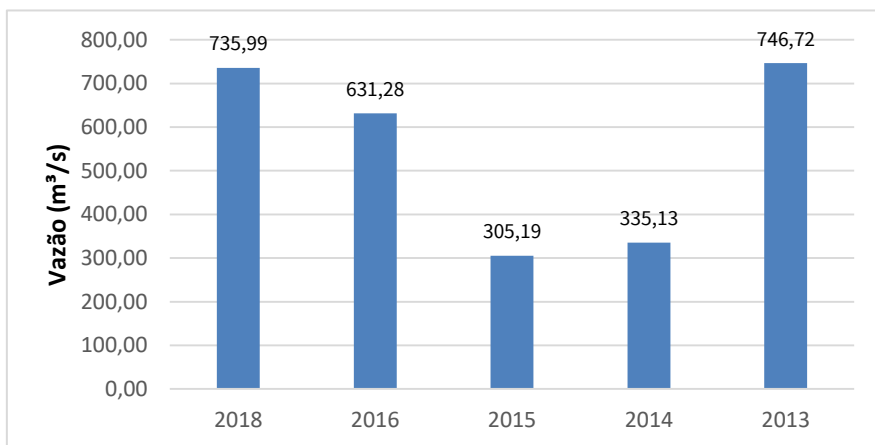
**Figura 3** - Média histórica mensal pluviométrica (2019 - 2012) da estação Fazenda Paraíso.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

O clima corresponde ao somatório do comportamento atmosférico durante um período mínimo de 30 anos sobre determinada localidade (AYOADE, 1992). O tempo corresponde à descrição instantânea do comportamento atmosférico, envolvendo

precipitação, temperatura, pressão, concentração de vapor e velocidade e direção do vento (PEREIRA et al., 2007). A compreensão adequada das variáveis do tempo e do clima é importante para a realização de estudos climatológicos que visem conforto ambiental e que melhorem, por sua vez, o relacionamento entre os seres humanos e o meio natural (ZAVATTINI, 2009).

A seguir é apresentada a Figura 4, referente à série histórica anual de vazões do rio Tacutu, sendo considerados, para sua elaboração, apenas os anos cujos dados se encontravam completos, sendo que não foram considerados os dados dos anos de 2018 e 2012. De acordo com a Figura 4, assim como ocorre com as precipitações, a intensidade das vazões tem variação significativa ao longo dos anos, podendo ser verificado que a relação entre a vazão média máxima verificada no período, e que se refere ao ano de 2018, é 2,40 vezes maior do que a vazão média mínima observada no ano de 2015.



**Figura 4** - Série histórica anual (valor médio histórico 2018-2013), estação Fazenda Paraíso.

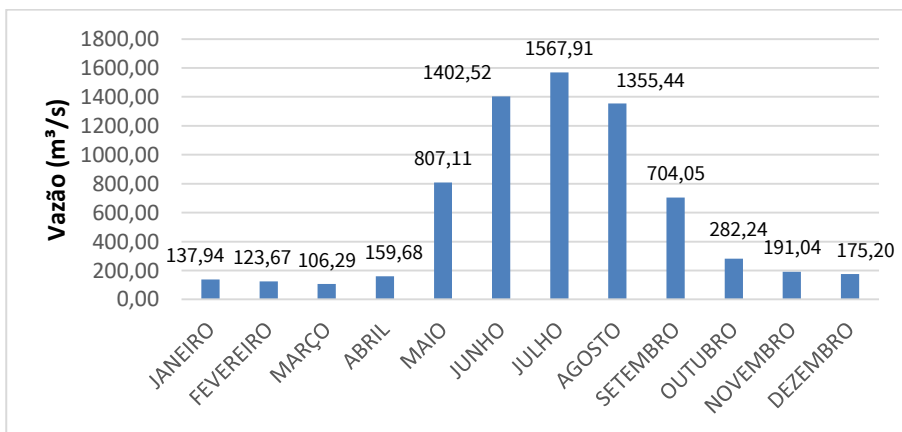
**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Para levantamento da média histórica mensal de vazões, foram considerados todos os anos com dados disponíveis, inclusive

aqueles que apresentavam alguns de seus meses sem dados cadastrados.

Em estudos de regionalização destinados a auxiliar o desenvolvimento de projetos de uso da água, como o abastecimento de água, a produção de energia elétrica, a irrigação, a navegação, dentre outros usos, busca-se determinar a vazão média de longo período, vazão correspondente à média das vazões da série histórica disponível em certa bacia (BAENA, 2002). A vazão média geralmente apresenta uma correlação muito boa com a área da bacia, por meio de uma função de potência, e seu conhecimento, bem como o conhecimento de suas variações sazonais, é importante para a estimativa da disponibilidade hídrica da bacia (TUCCI, 2002; BAENA, 2002).

Depreende-se da Figura 5 que, assim como com as precipitações, as vazões se intensificam a partir do mês de maio até o mês de setembro, onde se encerra o período úmido.



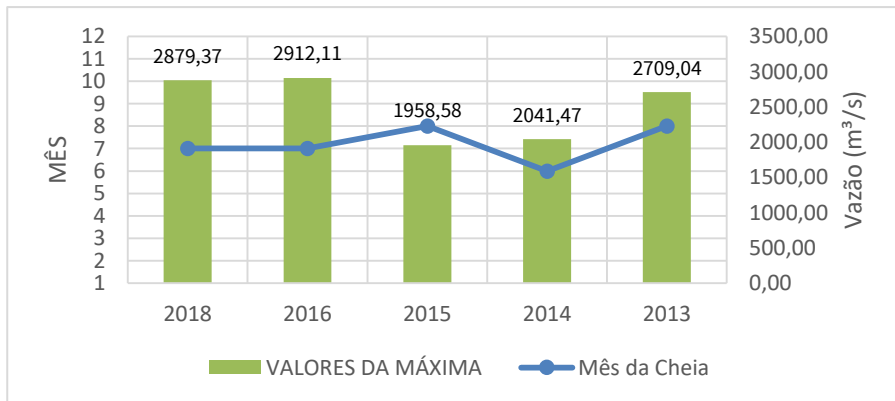
**Figura 5** - Média histórica mensal de vazões (2019-2012) da estação Fazenda Paraíso.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

As vazões mínimas correspondem aos menores valores de vazão dentro de uma série histórica (TUCCI, 2002). O

conhecimento da vazão mínima e de sua distribuição temporal e espacial, segundo Baena (2002), é crucial para o planejamento regional em setores como geração de energia elétrica, navegação, projetos setoriais de abastecimento, regularização artificial, outorga de uso da água, qualidade de água, estudos de autodepuração, na diluição de efluentes em corpos d'água, entre outros. O autor ainda observa que as vazões mínimas de estiagem são utilizadas nestes estudos para os fins de análise, projeto, previsão, estimativa, regulamentação legal, operação e planejamento.

A Figura 6 apresenta a vazão máxima observada em cada ano com dados completos disponíveis, sendo possível verificar que a máxima ocorre dentro do período úmido, sendo principalmente observada nos meses em que são registrados maiores índices pluviométricos, variando entre junho e agosto.



**Figura 6** - Picos de cheias e os meses em que ocorreram no rio Tacutu.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Para verificação dos picos de cheia, também foram considerados apenas os anos que se encontravam com dados completos. Segundo Evangelista, Sander e Wankler (2008), o rio Tacutu, na estação Bonfim, apresenta um comportamento hidrológico com marcantes diferenças entre os valores de vazão no período de águas baixas e os de águas altas. A grande diferença

entre as vazões mínima e máxima já registradas reforçam essa afirmação.

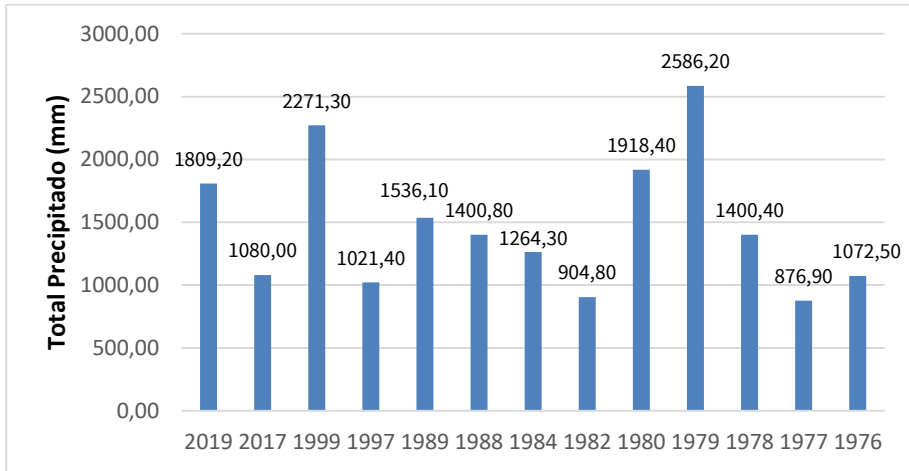
A vazão máxima é entendida como a maior vazão que ocorre numa seção de um rio num período definido, e representa as condições de inundação do local. A previsão de vazões máximas de longo prazo, num determinado lugar, é realizada estatisticamente, ou seja, é determinada a probabilidade de que ocorra um nível ou vazão com base em dados históricos registrados anteriormente naquele local (TUCCI, 2002).

Segundo Tucci (2002), a vazão mínima é caracterizada por dois fatores: a quantidade de água e a duração. Baena (2002) sustenta que, na prática, a vazão mínima instantânea tem pouca utilidade, sendo utilizadas, normalmente, vazões com durações maiores, como sete ou trinta dias, uma vez que a sequência de vazões baixas é que representa uma situação desfavorável para a demanda ou para as condições de conservação ambiental.

### **ESTAÇÃO MOCIDADE (BOA VISTA)**

A estação Mocidade, localizada às margens do rio Uraricoera, possui maior quantidade de dados em relação à estação Fazenda Paraíso, analisada anteriormente. Entretanto, muitos dos anos disponíveis não possuíam dados completos, sendo que, dos 23 anos com dados disponíveis, apenas 13 se encontravam completos.

A seguir é apresentada a Figura 7, com o gráfico de colunas referente à série histórica anual de precipitação, tendo sido considerados, para sua elaboração, apenas os anos em que os dados se encontravam completos.



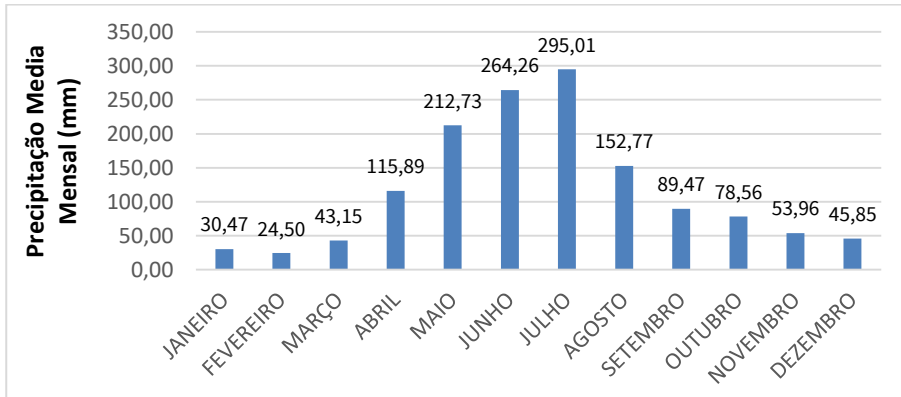
**Figura 7-** Série histórica anual (valor médio histórico) na estação Mocidade.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Assim como ocorreu com os dados da estação Fazenda Paraíso, a quantidade de precipitação que ocorre na bacia tem grande variação de intensidade ao longo dos anos, sendo a máxima observada no ano de 1979, com um total precipitado de 2.586,20 mm de coluna d'água, enquanto a mínima ocorreu em 1982, com 904,80 mm.

Para o levantamento da média histórica mensal de precipitação, foram considerados todos os anos com dados disponíveis, inclusive aqueles que apresentavam alguns de seus meses sem dados cadastrados. Conforme a Figura 8, a estação úmida se inicia em abril e encerra em agosto, tendo ainda uma quantidade considerável de chuvas nos meses de setembro e outubro, em comparação com a estação Fazenda Paraíso, do rio Tacutu.



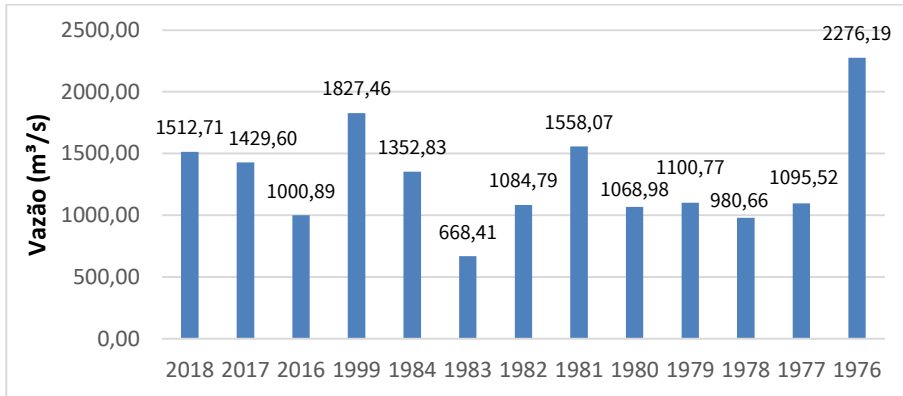


**Figura 8** - Média histórica mensal pluviométrica (2019-1975) na estação Mocidade.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

As chuvas naturais são fenômenos aleatórios e têm distribuição irregular no tempo e no espaço. As chuvas intensas representam um estudo à parte no campo hidrossedimentológico, com importante contribuição em estudos associados a: erosão do solo, inundações, perdas agrícolas, dimensionamento de estruturas hidráulicas e reservatórios, dentre outras utilizações (ELSEBAIE, 2012).

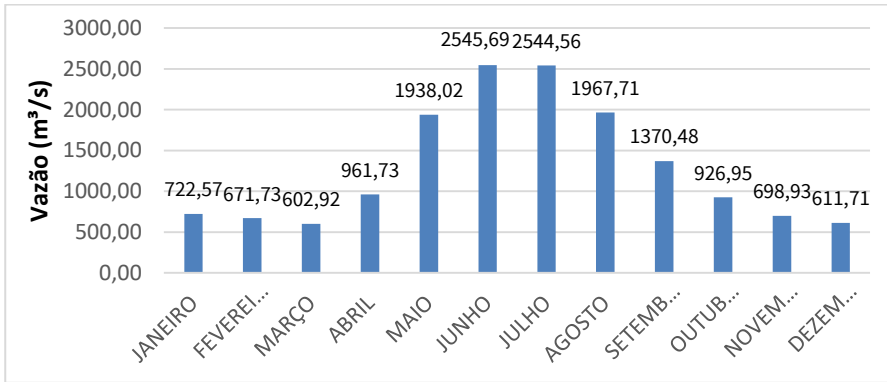
A seguir é apresentada a Figura 9, com o gráfico referente à série histórica anual de vazões do rio Uraricoera na estação em estudo, sendo considerados, para sua elaboração, apenas os anos em que os dados se encontravam completos.



**Figura 9** - Série histórica anual (valor médio histórico 2018-1976) na estação Mocidade.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

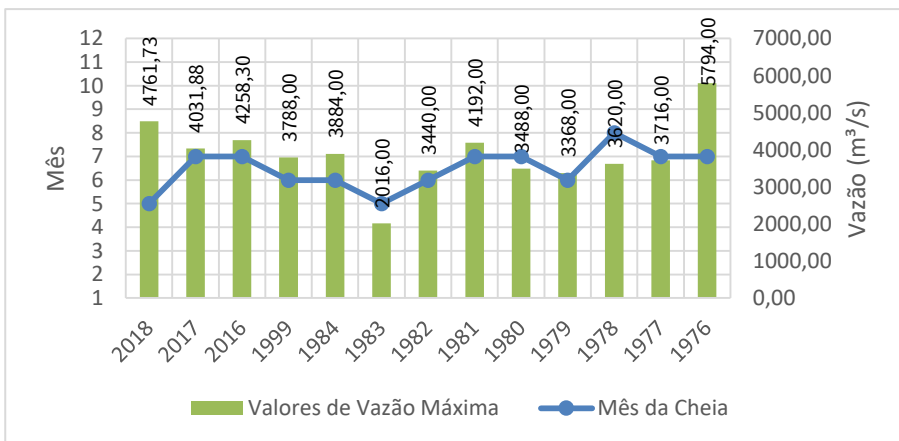
Para o levantamento da média histórica mensal de vazões, foram considerados todos os anos com dados disponíveis, inclusive aqueles que apresentavam alguns de seus meses sem dados cadastrados. Depreende-se da Figura 10 que, assim como com as precipitações, as vazões se intensificam a partir do mês de maio até o mês de setembro, quando se encerra o período úmido. Contudo, as grandes cheias, que acontecem com uma recorrência menor, de décadas ou séculos, atingem uma área conhecida como leitor maior excepcional (CUNHA, 1995). Estas cheias são conhecidas pela sua capacidade catastrófica, causando grandes perdas financeiras, estruturais e humanas. Tais eventos se tornam ainda mais catastróficos quando da instalação de estruturas urbanas sobre tais ambientes (SUGUIO; BIGARELLA, 1990), situação comum a diversas cidades brasileiras.



**Figura 10** - Média histórica mensal fluviométrica (2019-1975) na estação Mocidade.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Para a verificação dos picos de cheia, também foram considerados apenas os anos que se encontravam com dados completos. A Figura 11 apresenta a vazão máxima observada em cada ano com dados completos disponíveis, sendo possível verificar que a máxima ocorre dentro do período úmido, sendo principalmente observada nos meses em que são registrados maiores índices pluviométricos, variando entre maio e agosto.



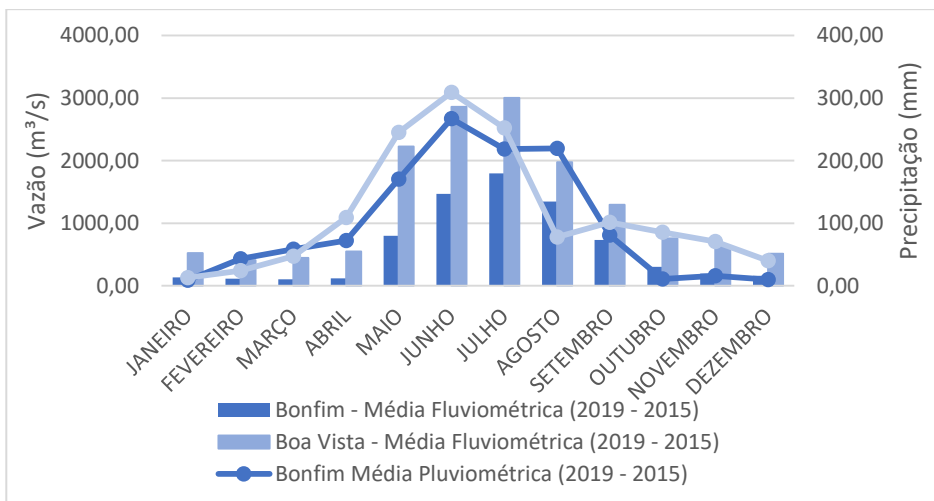
**Figura 11** - Picos de cheias e os meses em que ocorreram no rio Uraricoera.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Para Evangelista, Sander e Wankler (2008), cheias, enchentes ou inundações, fenômenos comuns a todos os sistemas fluviais, correspondem à resposta destes a um determinado volume de água ofertado à rede de drenagem. Contudo, o nível das cheias é variável e depende de diversos fatores, como características da bacia hidrográfica (tamanho, forma, nível de dissecação/geomorfologia, formas das vertentes, perfil transversal e longitudinal, e capacidade do canal).

## COMPARATIVO ENTRE AS ESTAÇÕES

Para a comparação entre as duas estações em estudo, foi elaborada a Figura 12, com um gráfico comparativo utilizando-se os dados completos disponíveis para o período compreendido entre os anos de 2015 e 2019, tanto para a análise das precipitações, quanto para a vazão dos rios.



**Figura 12** - Comparativo entre as duas estações nos municípios de Bonfim e Boa Vista.

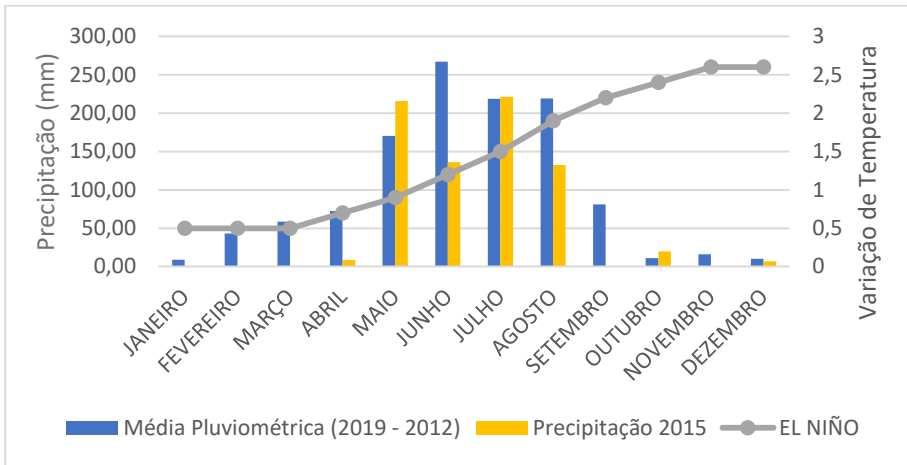
**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Conforme se observa no gráfico da Figura 12, as duas estações possuem índices pluviométricos parecidos, entretanto o período chuvoso começa com mais intensidade em abril, em relação à estação Mocidade (Boa Vista), e tendo uma intensidade menor já no mês de agosto, em comparação com os dados da estação Fazenda Paraíso (Bonfim). Ainda, os índices pluviométricos em Boa Vista são relativamente maiores do que as precipitações de Bonfim, verificando-se menor intensidade apenas no mês de agosto.

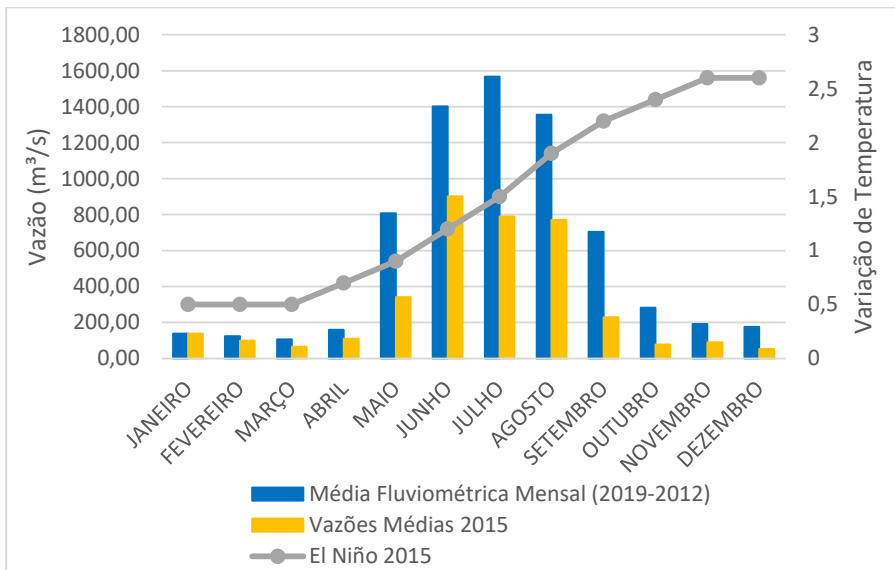
## **ANÁLISE DOS EVENTOS ENOS**

Para verificação da influência de eventos ENOS nas chuvas e vazões dos pontos em estudo foram analisados e comparados os dados médios de chuva, anual e mensal, com os dados de eventos ENOS nos anos em que eles efetivamente ocorreram.

Pode-se verificar que quando este evento ocorreu com maior incidência nos meses iniciais e finais do ano, mais precisamente no período seco do ano, não houve alteração significativa nos dados de vazão e precipitação analisados. Entretanto, à exemplo do ano de 2015, quando ocorreu o fenômeno El Niño com maior intensidade, conforme Figura 13 e Figura 14, verifica-se na estação Fazenda Paraíso, referente ao rio Tacutu, que tanto o volume precipitado quanto a vazão do rio tiveram uma redução considerável em relação à média histórica em análise. A média histórica anual de precipitação na região foi determinada, de acordo com os dados, em 1.163,70 mm de coluna d'água precipitada anualmente, sendo que no ano de 2015 a precipitação total foi de 741,30 mm.



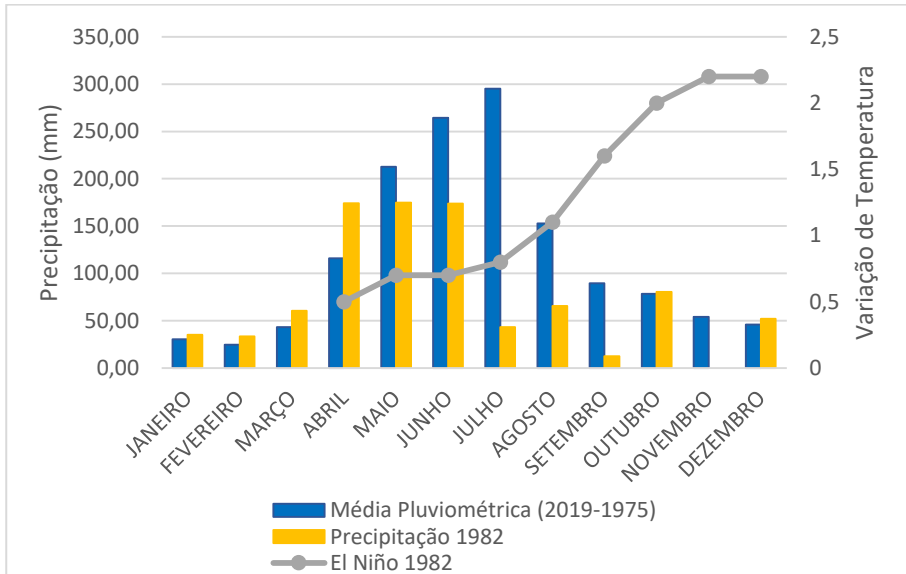
**Figura 13** - Comparativo Média Pluviométrica Mensal x Precipitação de 2015 com incidência de El Niño (estação Fazenda Paraíso - Bonfim).



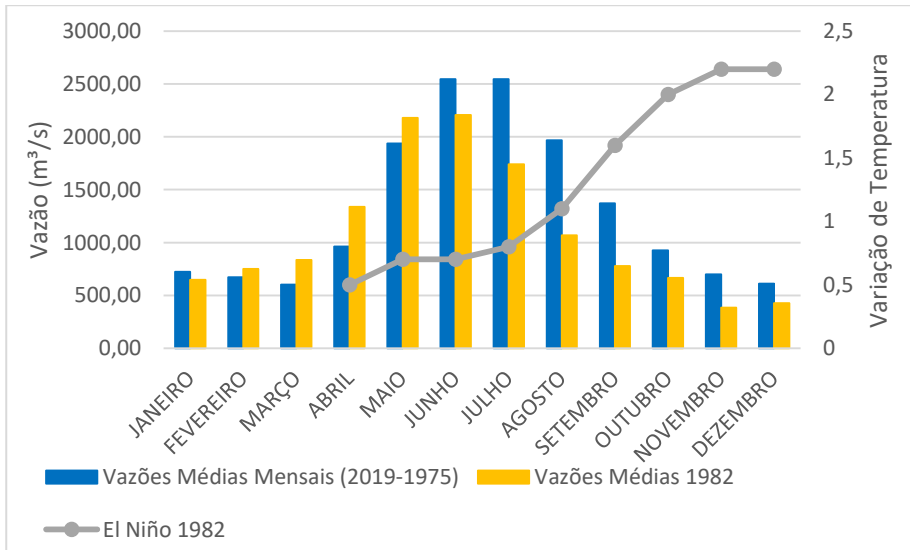
**Figura 14** - Comparativo Vazão Média Mensal x Vazões de 2015 com incidência de El Niño (estação Fazenda Paraíso - Bonfim).

Evento semelhante pode ser verificado no rio Uraricoera, na estação Mocidade, conforme Figura 15 e Figura 16, no ano de 1982.

Verifica-se o efeito negativo do evento El Niño, tanto em questão de precipitação quanto em relação à vazão do rio.



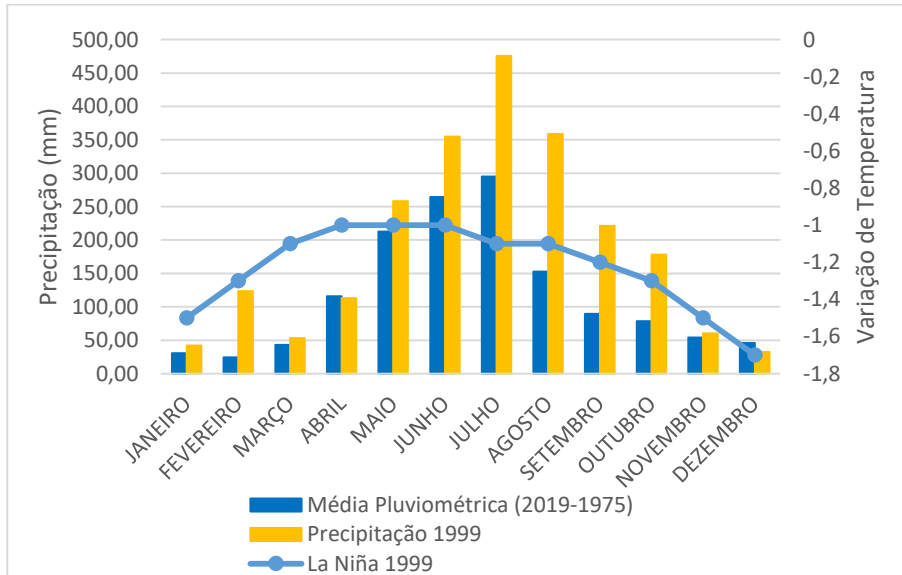
**Figura 15 - Comparativo Média Pluviométrica Mensal x Precipitação de 1982 com incidência de El Niño (estação Mocidade – Boa Vista).**



**Figura 16 - Comparativo Vazão Média Mensal x Vazões de 1982 com incidência de El Niño (estação Mocidade – Boa Vista).**

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Em sentido oposto, pode ser verificado que, quando da incidência do evento La Niña, em que há diminuição de temperatura do Oceano Pacífico, as precipitações e as vazões do rio Uraricoera são majoradas significativamente, conforme Figura 17 e Figura 18, sendo que se verificou que a precipitação anual média registrada é de 1.406,62 mm de coluna d'água, enquanto que a precipitação total do ano de 1999 foi de 2.271,30 mm.

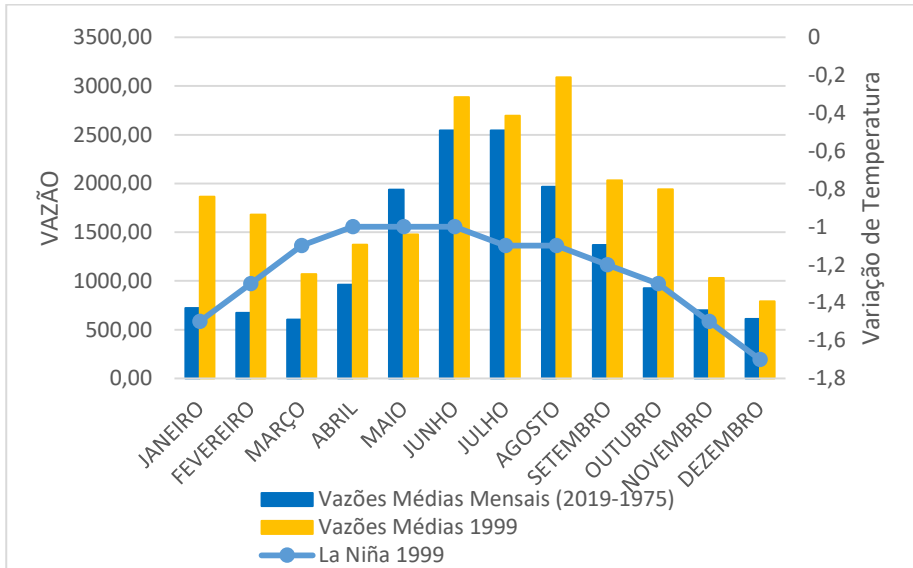


**Figura 17** - Comparativo Média Pluviométrica Mensal x Precipitação de 1999 com incidência de La Niña. (estação Mocidade – Boa Vista).

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Em relação às vazões observadas, conforme Figura 18, verifica-se que apenas no mês de maio a vazão registrada em 1999 foi menor do que a média histórica. Entretanto, todos os demais meses ficaram acima das médias registradas, principalmente nos meses em que se observa o período seco, que vai de outubro a março.





**Figura 18** - Comparativo Vazão Média Mensal x Vazões de 1999 com incidência de La Niña (estação Mocidade – Boa Vista).

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

## CONCLUSÃO

A hidrologia amazônica apresenta vazões bem definidas e sazonais, com períodos de cheias e vazantes regulares quanto ao seu tempo de ocorrência no ano hidrológico. A dinâmica fluvial é condicionada basicamente pela ação e disposição da zona de convergência intertropical junto às bacias amazônicas.

As áreas estudadas, de um modo geral, apresentaram grandes variabilidades, considerando os totais tanto de cheias fluviométricas quanto de precipitações pluviométricas.

Se levarmos em consideração os aspectos analisados, conclui-se que os eventos dos ciclos ENOS influenciam tanto a precipitação como a vazão das estações analisadas, quando estes ocorrem com forte intensidade, sendo que o El Niño tende a causar impactos mais significativos quando ocorre no período chuvoso, que compreende os meses de abril a setembro, ocasionando

menores precipitações e vazões quando comparado a anos neutros.

Em contrapartida, nos anos com forte influência do La Niña observa-se um aumento tanto nas precipitações como nas vazões, em comparação com anos neutros, inclusive quando ocorre nos períodos de estiagem.

Este comportamento está fundamentalmente relacionado aos aspectos naturais e sociais como: ocorrência de rede hidrográfica com características de cabeceiras associada a um regime hidrológico marcado pela alta sazonalidade, baixa permeabilidade de seus solos e intensificação do desmatamento na região, em sua maioria, com pecuária extensiva.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia dos Trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.

BAENA, L. G. N. **Regionalização de vazões para a bacia do rio Paraíba do Sul, a montante de Volta Redonda, a partir do modelo digital de elevação hidrologicamente consistente**. 135 f., 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2002.

CARVALHO, T.M. Síntese dos aspectos hidrogeomorfológicos do Estado de Roraima, Brasil. *In*. GORAYEB, P. LIMA, A. (eds.). **Contribuições à geologia da Amazônia. Belém: SBG-Núcleo Norte**, 2015. v. 9, p. 435-450.

CPC – CLIMATE PREDICTION CENTER. **Sistema de registro de episódios de ENOS**. Disponível em < <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/> >. Acesso em: 10 mai. 2021.

CPTEC - CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. **Condições da última semana, 2021**. Disponível em <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 28 mai. 2021.

CUNHA, S. B. da. Geomorfologia fluvial. *In*: GUERRA, A. J. T., CUNHA, S. B. da (Org). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

ELSEBAIE, I. H. Developing rainfall intensity-duration-frequency relationship for two regions in Saudi Arabia. **Journal of King Saud University**, v.24, p.131-140, 2012.

EVANGELISTA; SANDER, C.; WANKLER, F. Capítulo, **Regime hidrológico da bacia do alto rio Branco**, 2008.

MINUZZI, R. B. Chuvas em Santa Catarina durante eventos do El Niño Oscilação Sul. **Geosul, Florianópolis**, v. 25, n. 50, p. 107-127, 2010.

OLIVEIRA, G. S.. **O El Niño e Você - o fenômeno climático**. Editora Transtec, São José dos Campos, 2001.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Apostila de Meteorologia Agrícola**. (Edição revista e ampliada). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ. Departamento de Ciências Exatas, Piracicaba, SP. Fevereiro de 2007. Disponível em: <[www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce306/MeteorAgricola\\_Apostila2007.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce306/MeteorAgricola_Apostila2007.pdf)>. Acesso em: 28 mai. 2021.

PORTAL HIDROWEB. **Séries históricas de estações**. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em: 10 mai. 2021.

SUGUIO, K. S.; BIGARELLA, J. J. **Ambientes Fluviais. Florianópolis**: Editora da UFSC/Editora da UFPR, 1990.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de Vazões**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 256p., 2002.

ZAVATTINI, J. A.; **As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática** [online]. São Paulo: Editora UNESP; 212 p., 2009.

## CAPÍTULO 52

### **INSTRUMENTO PARA GESTÃO HÍDRICA: SISTEMA DE INFORMAÇÕES DA PRODUÇÃO IRRIGADA NO ESTADO DE RONDÔNIA**

**Thiago Castro de Oliveira<sup>190</sup>, Magda Aparecida Leonardelli  
Darós<sup>191</sup> & Nubia Caramello<sup>192</sup>**

#### **INTRODUÇÃO**

O Uso da Água na Agricultura - Atlas Irrigação foi produzido e disponibilizado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (2021), porém, os dados sobre as tipologias de irrigação nos municípios do estado de Rondônia, e suas respectivas quantidades, não estão dispostos de maneira sintetizada e otimizada, em mecanismos de pesquisas mais abrangentes. Partindo dessa premissa, se faz necessária a proposta da *startup* Sistema de Informações da Produção Irrigada - IPI, no estado de Rondônia, abordando também a conexão com quatro temas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS apresentados em 2015 pela Organização das Nações Unidas – ONU (ONU, 2015), sendo eles apresentado no Quadro 1:

---

<sup>190</sup> Mestrando do Mestrado profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) – UNIR. castrobr@hotmail.com

<sup>191</sup> Mestranda ProfÁgua – UNIR. magdadaros9@hotmail.com

<sup>192</sup> Professora do Mestrado ProfÁgua – UNIR. nubia.araujo@unir.br

### Quadro 1. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável adotados no projeto

	<p><b>Fome zero e agricultura sustentável</b> - Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável (ONU, 2015). A sustentabilidade na agricultura envolve entre vários fatores a irrigação eficiente, o acesso a água para os usos múltiplos.</p>
	<p><b>Educação de qualidade</b> - Assegurar a educação inclusiva, equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos (ONU, 2015). Contempla a solicitação da Agenda 21, para que a educação seja pensada de forma a promover a sustentabilidade, aproximar a sociedade das temáticas envolvendo a gestão de recursos hídricos, contemplar todos os níveis de ensino, e ampliar também para uma Educação Ambiental não formal.</p>
	<p><b>Água potável e saneamento</b> - Garantir a disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos (ONU, 2015). Uma realidade com grande lacuna no estado de Rondônia, considerando-se a implantação de coleta e tratamento de esgoto.</p>
	<p><b>Consumo e produção responsáveis</b> - Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis (ONU, 2015). O ciclo de vida do produto precisa ser pensado pelo consumidor, iniciando-se desde sua reprodução sustentável. Sendo a água a mola propulsora da produção de diversos setores, a outorga se converte em um indicador de como este recurso natural e econômico vem sendo distribuído e aplicado.</p>

**Fonte:** ONU, 2015.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável citados acima contemplam também os capítulos da Agenda 21, entre os quais está a Educação Ambiental como um importante instrumento para a gestão ambiental compartilhada. As áreas de programas descritas no capítulo 36 do referido documento ressaltam a promoção do ensino voltado ao desenvolvimento sustentável, da conscientização pública e do treinamento promovido constantemente (MMA, 1992). Para Caramello, Saurí e Stachiw (2018), a agenda da gestão de recursos hídricos deve integrar os espaços educativos e extrapolá-los. Como também salienta Silva, Medeiros e Caramello (2021), o acesso à informação de recursos hídricos amplia a integração do diálogo sobre as águas e os rios do estado de Rondônia e região Amazônica como um todo.

A Lei N.º 9.433/97 apresenta os Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos em seu capítulo, entre os quais consta o Sistema de Informação, que pode ser considerado como instrumento norteador — já que todos estão vinculados a ele — para a aplicabilidade de ações sustentáveis com economia de recursos públicos e privados, ampliação do diálogo entre a sociedade e outros setores. Todavia, a educação ambiental proposta na Agenda 21, e reforçada pela Agenda 2030, somente se torna possível a partir da disponibilidade de dados à sociedade, de forma acessível a todos os setores representativos e autorrepresentativos.

Neste aspecto, disponibilizar os dados para que sejam utilizados como referência e em tomadas de decisão, torna-se impreterível. Essas informações servirão até para a tomada de decisão dos órgãos gestores competentes para emissão de Outorgas e afins. Irão oferecer, de modo atrativo e ao alcance da maioria dos cidadãos, uma abundante bagagem de informações sobre os mais variados âmbitos da realidade.

Diante do exposto, o presente artigo tem como objetivo apresentar a fase executada da proposta da *startup* IPI – Sistema de Informações da Produção Irrigada no Estado de Rondônia,

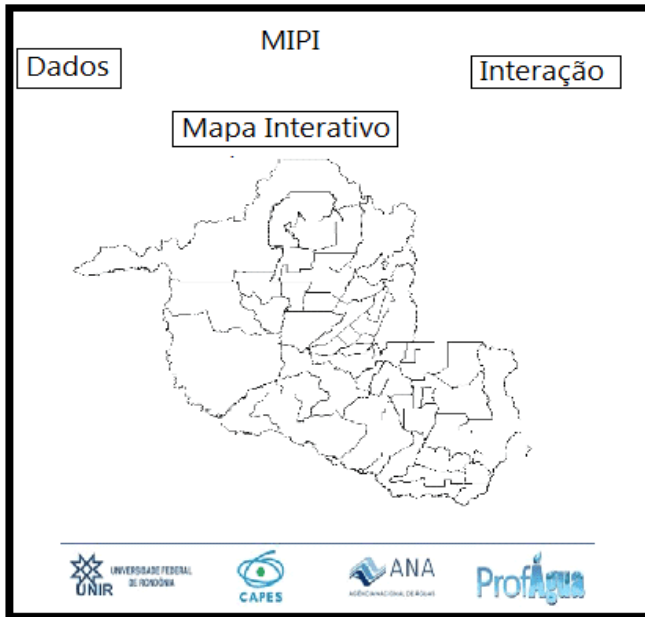
divulgando o produto e o cenário da irrigação, apresentado por ele como instrumento de contribuição para a ampliação acessível da temática, para todos os setores da sociedade interessados.

## **METODOLOGIA**

O público-alvo da proposta da *startup* Sistema de Informações da Produção Irrigada – IPI, no estado de Rondônia, são profissionais ligados ao setor ambiental, e principalmente aqueles que realizam projetos para licença de outorga e projetos de irrigação. Pode-se mencionar a sociedade em geral, como também produtores rurais que utilizam água no processo produtivo, associações e cooperativas do agronegócio, bem como órgãos gestores e comitês de bacias. Irá abranger também o público acadêmico dos cursos de graduação em Engenharia Florestal e Engenharia Agrônômica, ofertados pela Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR.

O sistema digital de informação de dados sobre irrigação no estado de Rondônia a ser criado segue a metodologia do Atlas da Irrigação da ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2020), observando a quantidade da área irrigada e seus respectivos cultivos, como apresentado na Figura 1.





**Figura 1** - Protótipo da proposta de *layout* do sistema de acesso.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

- Na parte de dados: ao clicar, será acessada uma base de dados com a descrição;
- No mapa, clicar no município desejado abrirá uma “aba” com descrições da quantidade total de área irrigada;
- Na área de interação, poderão ser enviadas mensagens, bem como, ter-se um manual de como utilizar as ferramentas do aplicativo.

O desenvolvimento da *startup* sócio-hidrológica é experimental e tem a filosofia de que podem ser desenvolvidas ações empreendedoras socioambientais com objetivo direto de promover informação, o que difere das *startups* criadas com o objetivo de ampliar o capital.

O método da aplicabilidade proposto é a pesquisa-ação para o desenvolvimento local, como proposto por Dionne (2007). Para o referido autor, o procedimento da pesquisa-ação recorre a um ciclo

de quatro fases “[...] Identificação da situação – Projetação das ações - Realização, na qual possibilita uma integração entre a problemática a ser analisada e a elaboração de ações a serem aplicadas”. As ações foram definidas na apresentação do plano global das ações e atores envolvidos em cada etapa, que estrutura do nascimento da proposta à aprovação do produto final. Portanto, para efeito de conhecimento das etapas, é importante a apresentação das ações integradas de todos os componentes da proposta, como apresentado no Quadro 2 a seguir:

**Quadro 2** - Plano de ação global da execução do projeto de extensão

<b>A ação</b>	<b>Atores envolvidos</b>	<b>Data</b>
Elaboração do Projeto <i>startup</i> IPI-RO	Magda e Thiago	Maio a Julho/2021
Orientação do desenvolvimento do Projeto	Nubia	Maio a Agosto/2021
Oficina para divulgação da proposta da <i>startup</i> IPI-RO	Magda e Thiago	Julho/2021
Avaliação dos resultados da oficina	Magda, Thiago, Nubia	Julho/2021
Desenvolvimento do sistema digital	Thiago	Julho/2021
Aplicabilidade experimental do projeto	Thiago	Julho/2021
Aplicabilidade do questionário (identificação e opiniões dos usuários)	Magda	Agosto/2021
Lançamento da <i>startup</i>	Magda e Thiago	Agosto/2021
Análise do perfil dos usuários que acessaram a plataforma, e produção do relatório final	Magda, Thiago, Nubia	Dezembro/2021

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

A proposta base é alimentada de recursos humanos via processo de cooperação com pesquisadores e possíveis

colaboradores, tendo como diretrizes os pressupostos dos ODS e da Agenda 2030. O custo inicial é de aproximadamente R\$ 2.000 (dois mil reais), o que demonstra a viabilidade da proposta.

## **O PRODUTO E AS INFORMAÇÕES GLOBAIS**

A agricultura é uma atividade que demanda o uso da água para a cultura dos alimentos e a manutenção das lavouras em diferentes regiões do mundo. De acordo com o Fundo das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO, 2021), a agricultura mundial consome 70% do montante de toda a água consumida no planeta. No Brasil este número sobe para 72% e cresce à medida que o país é menos desenvolvido. Esse fator pode estar vinculado à ausência de investimento em tecnologia e na sistemática capacitação do setor rural, fato que motivou a Agenda 2030 a propor os ODS 2 e 4.

Cientes da origem do alimento que chega às mesas dos quase 8 bilhões de habitantes do planeta, é inquestionável que a agricultura é necessária para a sociedade. Sem ela, não é possível produzir a maioria dos alimentos e produtos primários. Assim, a perspectiva da sustentabilidade é importante para a agricultura e para a preservação da natureza em geral.

Destarte, o propósito da elaboração e criação de um Sistema de Informações da Produção Irrigada – IPI se deu principalmente para apresentar o uso legal da água e sua importância, tanto para os usuários de interesse quanto para a sociedade em geral. A transparência dessas informações atribui ao estado de Rondônia o uso responsável e organizado, de forma a preservar principalmente os recursos hídricos, contribuindo, assim, para a demanda das diversas culturas cultivadas na região.

## A DINÂMICA DE CONSTRUÇÃO DO PRODUTO

Na elaboração da proposta, optou-se por disponibilizar os dados por município. O banco de dados que alimentou o sistema de informação disponível é o sistema de informação da ANA, contido na base de dados (metadados) do sistema do Atlas da Irrigação.

Para o desenvolvimento da *startup* IPI, foram utilizadas quatro tecnologias, sendo o programa Excel, o programa Power BI, o programa Photo Shop e o WIX. Sendo assim, a organização de dados foi executada por meio do programa Excel, a fim de estruturar e importar os dados para o programa Power BI. Já com a base de metadados estruturada, as informações foram organizadas e alinhadas para serem inseridas no programa Power BI, de acordo com o objetivo de sintetização do conteúdo, propondo aos usuários uma melhor visualização e identificação das áreas de interesse. Para obter um design harmônico, foi utilizado o programa Photo Shop.

Após o processo de execução e finalização dos dados nos programas citados anteriormente, houve a necessidade de expor as informações, sendo assim, para a visualização externa, foi utilizada a plataforma Wix.com, delineando-se o sistema em formato de website, que ficou com a interface que pode ser observada na Figura 2.



**Figura 2** - Layout da página da *startup*.  
**Fonte:** <https://ipi-ro.wixsite.com/ipi-ro>

O Sistema IPI descreve as informações dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 (Figura 3), especificamente os ODS 2, 4, 6 e 12, bem como um breve relato da proposta da *startup*, de forma que todos os usuários que visitarem a página com o objetivo de consultá-la poderão interagir com a ideologia de seus criadores.



**Figura 3** - Apresentação da ideologia da *startup* para os usuários.  
**Fonte:** <https://ipi-ro.wixsite.com/ipi-ro>

Para a produção dos mapas, foi delimitado um ponto para cada município, e a integração dos dados teve como resultado o Mapa Interativo. Acessando o ícone Relatório, o usuário acessará a página com o banco de dados (Figura 4), podendo obter uma visão panorâmica da espacialização da irrigação no estado de Rondônia e a tendência da aplicabilidade da mesma.



**Figura 4** - Imagem dos ícones para acesso aos dados.

**Fonte:** <https://ipi-ro.wixsite.com/ipi-ro>

Na análise geral, ao passar o cursor (*mouse*) pelos municípios do mapa, são apresentados automaticamente os dados destes, informando os temas propostos sobre irrigação (Figura 5). Em Tipologia, vem identificado como se dá a irrigação: se é por aspersão, gotejamento ou pivô central. Outras informações pertinentes estão disponíveis no IPI, como, por exemplo, se o uso é oriundo da água superficial ou não, bem como a cultura dos alimentos e a manutenção das lavouras, como podemos constatar a seguir:



**Figura 5** – Imagem dos dados apresentados na plataforma.

**Fonte:** <https://ipi-ro.wixsite.com/ipi-ro>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em uma análise global do banco de dados, foi possível verificar que no estado de Rondônia 61,04% do total das culturas irrigadas é destinado à produção da cultura do café, e 38,21% é voltado à produção de outras culturas, como pastagem, frutíferas ou outras não especificadas.

Estruturar um sistema de informação de tipologias de irrigação desenvolvida no estado de Rondônia poderá ampliar o direito do acesso à informação, como também integrar conhecimento à gestão dos territórios fluviais, por meio dos seus comitês de bacia hidrográfica ou diretamente à gestão municipal.

Os dados obtidos são relevantes para a tomada de decisão, como propõe a Lei N.º 9.433/97, atribuindo um melhor desenvolvimento, principalmente econômico e sustentável, ao estado e à região, de forma que estará contribuindo diretamente com os ODS adotados como suporte à ideologia da *startup*, que objetivou uma educação de qualidade voltada à sustentabilidade, à produção e ao consumo consciente. Para isso, é primordial conhecer a estrutura do ambiente e a espacialização dos recursos naturais utilizados. No caso da presente *startup*, temos a água de origem superficial e subterrânea como foco.

Salientamos ainda a importância das informações supracitadas e a viabilidade de disponibilizá-las de maneira gratuita e com a confiabilidade dos dados. Dessa forma, ainda existe a possibilidade de caracterização da utilização da água para irrigação do estado de Rondônia, contribuindo para a reflexão sobre os usos múltiplos e as demandas. A *startup* está em fase experimental, e pretende-se ampliar as possibilidades de integração do seu banco de dados com outros indicadores que venham ampliar a contribuição para os usuários que dela fizerem uso.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – Prof.Água, Projeto CAPES/ANA AUXPE nº 2717/2015. Ao *campus* Ji-Paraná da Fundação Universidade Federal de Rondônia.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – **Atlas da Irrigação**.

BRASIL. **Lei 9.433/97**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm)>. Acesso em: 10 maio 2021.

CARMELLO, N.; SAURI, D.; STACHIW, R. O rio e a água: atores hidrográficos e suas percepções a partir da história ambiental. *In*: SANTOS, L. C. A.; SEABRA, G. F.;

CASTRO, C. E. (org.). **Geografia: trabalho, sociedade e meio ambiente**. São Luís: Eduema, p. 6-29, 2018.

DIONE, H. **A pesquisa-ação para o desenvolvimento local**. Série Pesquisa. Editora: Liber Livro. Brasília, 2007.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 Global**. Responsabilidade Socioambiental. 1992. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidadesocioambiental/agenda-21/agenda-21-global>>. Acesso em: 10 maio 2021.

ONU BR - Nações Unidas no Brasil. **A Agenda 2030**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 13 jun. 2021.

SILVA, D. P. P.; MEDEIROS, P. S. M.; CARMELLO, N. **Nossas Águas, Nossos Rios: educação ambiental para a Amazônia**. Editora Zion, 2021. Disponível em: <<https://editorazion.oncartx.io/products/nossasaguasnossosrios>> Acesso em: 13 jun. 2021.

## CAPÍTULO 53

### **CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DA MICROBACIA URBANA DO IGARAPÉ DOIS DE ABRIL, JI-PARANÁ (RO)**

**Caryne Ferreira Ramos<sup>193</sup>, Josilena de Jesus Laureano<sup>194</sup>, Daíse da Silva Lopes<sup>195</sup>, Ana Lúcia Denardin da Rosa<sup>196</sup> & Elisabete Lourdes do Nascimento<sup>197</sup>**

#### **INTRODUÇÃO**

Solucionar os impactos ocasionados na água subterrânea é um dos problemas atuais de todo o mundo, os quais prejudicam diretamente a população que capta a água subterrânea para seu uso, gerando riscos e impactos à saúde (TUCCI; CABRAL, 2003).

A qualidade da água é o principal fator em questão quando se trata de impactos à saúde decorrentes do consumo da água subterrânea, sendo os parâmetros físico-químicos importantes de serem avaliados, pois parâmetros como pH e temperatura determinam os procedimentos de tratamento da água, como tempo de contato na desinfecção. O parâmetro turbidez indica possibilidade de presença de microrganismos, assim como se os sólidos que conferem o valor da turbidez não forem retirados no

---

<sup>193</sup> Mestranda do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) - UNIR, Campus Ji-Paraná/RO. caryne.framos@gmail.com

<sup>194</sup> Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. josij.laureano@hotmail.com

<sup>195</sup> Engenheira Ambiental e Sanitarista. daise\_dsl2@hotmail.com

<sup>196</sup> Professora do Departamento de Engenharia Ambiental, UNIR, Campus Ji-Paraná/RO. eng.analucia@yahoo.com.br

<sup>197</sup> Professora do Departamento de Engenharia Ambiental, UNIR, Campus Ji-Paraná/RO. elisabetenascimento05@gmail.com

tratamento, dificultam a remoção desses microrganismos (VON-SPERLING, 2014; BRASIL, 2021).

Diante do exposto, a apresentação dos resultados neste trabalho tem como objetivo caracterizar a água subterrânea da microbacia do Igarapé Dois de Abril de acordo com parâmetros físico-químicos e identificar a possível existência de diferença significativa entre os períodos hidrológicos analisados.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A área de estudo compreende a microbacia do Igarapé Dois de Abril do município de Ji-Paraná, localizado na região centro-leste do estado de Rondônia. A microbacia do Igarapé Dois de Abril é de contribuição da margem esquerda do rio Machado, o qual se encontra inserido na região hidrográfica do Amazonas. O relevo desta região hidrográfica caracteriza-se como depressão da Amazônia Meridional, com embasamentos em estilos complexos (IBGE, 2006).

Quanto ao regime hidrogeológico, a microbacia do Dois de Abril encontra-se sob o embasamento cristalino pré-cambriano, denominado de complexo Jamari (SILVA, 2008).

Como procedimento da pesquisa, foi realizada a coleta das amostras em residências que utilizam poços para captação de água destinada ao consumo humano na área da microbacia e cujos responsáveis aceitaram participar da pesquisa mediante assinatura do termo de livre consentimento.

Foram realizadas duas coletas, uma no período de águas altas – AA, em fevereiro e março – devido a evento de chuva no momento da coleta, a mesma foi iniciada em um dia e finalizada em outro –, e uma no período de águas baixas – AB, em setembro de 2019, em 15 poços, sendo 14 poços Amazonas e 1 tubular.

A coleta da água dos poços foi realizada utilizando-se um coletor para água subterrânea, coletada diretamente do poço. Por se tratar de variáveis físico-químicas, o recipiente de coleta foi rinsado com água destilada e com a própria amostra.

As variáveis físico-químicas foram determinadas por meio de sondas específicas para cada parâmetro. A condutividade elétrica – CE, medida com condutivímetro (Amber Science, modelo 2052); a temperatura e o potencial hidrogênioônico – pH, mensuradas com pHmetro (ORION, modelo 250 A) no momento da coleta. As análises de turbidez foram realizadas com o auxílio de turbidímetro de bancada (HACH, modelo 2100 P) no Laboratório de Limnologia e Microbiologia – LABLIM da Universidade Federal de Rondônia, campus Ji-Paraná, posterior ao término da coleta. Até então, as amostras foram armazenadas em garrafas de água mineral lacradas até a coleta, e acondicionadas em caixa térmica com gelo.

O oxigênio dissolvido – OD foi determinado pelo método titulométrico (Winkler, 1969 descrito em APHA, 1995), em que as amostras foram fixadas em campo com solução de sulfato manganoso e azida sódica, e acidificadas com ácido sulfúrico 50%, e, em laboratório, tituladas com uma solução de tiosulfato de sódio, posteriormente ao término da coleta. Até então as amostras foram acondicionadas em frasco de vidro próprio para OD de tampa esmerilhada.

Os dados foram analisados por meio do teste não paramétrico para comparação entre as médias dos períodos, Wilcoxon, com auxílio do programa Action, versão 2.8.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Dentre as variáveis físico-químicas analisadas da água subterrânea da microbacia do igarapé Dois de Abril, encontra-se a temperatura. No período de águas altas – AA foi observado valor

médio igual a 28,6°C. No período de águas baixas – AB observou-se que a amplitude da temperatura foi maior (Tabela 1), apresentando média de 29,3°C.

**Tabela 1.** Valores de temperatura, condutividade elétrica – CE, pH, oxigênio dissolvido – OD e turbidez para a água subterrânea da microbacia do igarapé Dois de Abril nos períodos de Águas Altas – AA e Águas Baixas – AB

Poços	Temperatura		CE		pH		OD		Turbidez	
	(°C)		(uS.cm <sup>-1</sup> )				(mg.L <sup>-1</sup> )		(uT)	
	AA	AB	AA	AB	AA	AB	AA	AB	AA	AB
1	27,5	28,5	369,2	228,0	7,0	5,9	3,3	3,3	4,3	0,9
2	29,2	28,8	208,9	208,0	6,2	4,8	1,1	7,1	13,2	7,1
3	28,3	28,7	334,2	348,0	5,1	4,9	0,9	2,5	1,1	0,9
4	28,5	29,9	222,9	253,0	6,4	6,1	3,3	6,7	1,4	1,0
5	29,9	27,9	178,5	146,0	6,1	5,7	0,6	4,6	1,3	1,0
6	28,5	29,2	186,5	182,2	6,5	6,0	2,3	3,3	15,3	1,0
7	28,2	28,9	37,9	70,2	5,3	5,2	1,5	1,7	0,5	1,3
8	27,5	29,3	156,6	207,0	5,4	5,0	1,3	2,1	0,6	0,6
9	29,8	31,4	132	212,0	5,9	4,9	1,9	2,9	2,0	0,5
10	29,1	31,6	192,4	322,0	5,0	4,9	1,1	3,3	1,0	0,4
11	29,4	30,9	190,3	173,5	5,2	5,1	1,8	1,7	1,3	1,1
12	28,8	29,3	196,2	243,0	5,9	5,3	2,3	2,1	1,0	0,6
13	28,6	27,8	61,4	31,1	5,2	3,6	3,9	3,7	4,5	0,9
14	27,6	27,3	246	189,5	6,4	5,9	3,4	4,2	2,0	0,6
15	27,7	29,6	156	81,3	4,3	4,2	4,3	2,1	1,8	0,4
<b>MÉDIA</b>	<b>28,6</b>	<b>29,3</b>	<b>191,3</b>	<b>192,9</b>	<b>5,2</b>	<b>4,6</b>	<b>2,2</b>	<b>3,4</b>	<b>3,4</b>	<b>1,2</b>
<b>P-valor</b>	<b>0,05</b>		<b>0,98</b>		<b>0,00</b>		<b>0,02</b>		<b>0,005</b>	
<b>Temperatura Média do dia</b>			<b>AA = 26,64°C<sup>1</sup></b>		<b>AB = 32,75°C<sup>1</sup></b>					

<sup>1</sup> Agritempo, 2021.

Apesar da diferença de 0,7°C entre as médias dos períodos analisados, aplicando-se o teste não paramétrico de Wilcoxon, não foi constatada diferença significativa ( $p$ -valor  $> 0,05$ ) entre os períodos de AA e AB.

Laureano et al. (2020) também observaram maior amplitude da temperatura da água subterrânea no período de AB na microbacia do igarapé Nazaré (Ji-Paraná/RO), estando entre 28,4°C e 34,1°C, e entre 27,5°C e 30,5°C, no período de AA.

Quanto à condutividade elétrica – CE, verificou-se média de 191,27uS.cm<sup>-1</sup> no período de AA, e 192,9uS.cm<sup>-1</sup> nas AB. Por meio do teste estatístico foi verificada a inexistência de diferença significativa entre os períodos analisados, ou seja, a variação do período hidrológico não exerceu interferência no comportamento desta variável na água subterrânea da microbacia no ano em estudo.

Com relação à variável pH, observou-se uma média igual a 5,18 no período de AA e de 4,60 no período de AB. Por meio do teste estatístico foi possível constatar que há diferença significativa ( $p$ -valor  $< 0,05$ ) entre as médias dos períodos analisados. No período de AB as águas subterrâneas da microbacia do igarapé Dois de Abril tendem a ser mais ácidas, o que pode estar relacionado à maior concentração de matéria orgânica na água.

Em comparação com os demais resultados de pH para água subterrânea estudada em outros locais em Rondônia, verificou-se que Silva et al. (2009), para água subterrânea do bairro Nova Brasília (Ji-Paraná/RO), Cremonese et al. (2015) e Martins et al. (2015), para a região do lixão desativado de Ji-Paraná – hoje instituído como bairro Boa Esperança –, e Laureano et al. (2020), na bacia hidrográfica do Nazaré em Ji-Paraná/RO, também encontraram valores de pH com predominância em torno de 4 e 5, caracterizando a água como ácida a levemente ácida devido à característica de ambientes drasticamente lixiviados e de clima tropical.

Sobre a variável oxigênio dissolvido – OD, identificaram-se médias de 2,21 mg.L<sup>-1</sup> e 3,41mg.L<sup>-1</sup> para AA e AB, respectivamente. Por meio do teste estatístico foi verificada diferença significativa (p-valor < 0,05) entre as médias, ou seja, os períodos hidrológicos exerceram influência na variação da concentração de OD na água subterrânea da microbacia do igarapé Dois de Abril no ano estudado.

Laureano et al. (2020) também observaram menor concentração de OD no período de águas altas para a água subterrânea da microbacia do igarapé Nazaré, também contribuinte do rio Machado no município de Ji-Paraná. Para esta pesquisa relaciona-se este dado ao nível de água do poço, mais próximo à superfície no período de AA, resultando em menor influência do método na oxigenação da água subterrânea.

Com relação à variável turbidez, observou-se que as médias encontradas foram de 3,41uT (AA) e 1,24uT (AB). Por meio do teste estatístico de Wilcoxon foi verificada diferença significativa entre as médias (p-valor < 0,05), logo a turbidez da água subterrânea da microbacia do igarapé Dois de Abril é maior no período de AA.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com base nas análises realizadas verificou-se que a água subterrânea da microbacia do igarapé Dois de Abril apresenta característica levemente ácida a ácida, com temperaturas características da região e condutividade elétrica pouco variáveis entre os poços. As características físico-químicas apresentadas, quando analisadas isoladamente, não indicam contaminação, e sim tendência para a água subterrânea da microbacia em análise.

Constatou-se que o ciclo hidrológico exerceu influência nos valores de pH, oxigênio dissolvido e turbidez, visto que no período de águas altas possivelmente ocorre menor presença de matéria orgânica, o que explica os maiores valores de pH. Este período

também contribui para menor influência do método de coleta devido à água mais próxima da superfície, justificando as menores concentrações de OD. Isso indicando a necessidade do monitoramento dessas variáveis ao longo do ano por período hidrológico.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos - ProfÁgua, projeto CAPES/ANA AUXPE nº 2717/2015, e à Fundação Universidade Federal de Rondônia, Campus Ji-Paraná.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico.**

Disponível em: <

<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/PesquisaClima/index.jsp?siglaUF=RO>>. Acesso em: 19 ago. 2021.

APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** Edition 19. Washington, 1995.

BRASIL. **Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021.** Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, n. 85, 04 maio, 127p., 2021.

CREMONESE, E.R; NASCIMENTO, E.L; ROSA, A.L.D; LAUREANO, J.J; OLIVEIRA, G.A; FERREIRA, R.F; MENDONÇA, A.P; NARCISO, F.D.S; BASTOS, W.R. **Avaliação da concentração de mercúrio total em águas subterrâneas dos lixões ativo e desativado do município de Ji-Paraná – RO.** In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 21., 2015, Brasília. Anais... Brasília: ABRH, 2015.



IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geociências – Cartas e Mapas – Brasil: Informações Ambientais – Unidades de Relevo – Relevo\_2006.pdf. Disponível em: < [https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15827-unidades-de-relevo.html?=&t=do\\_wnloads](https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15827-unidades-de-relevo.html?=&t=do_wnloads) >. Acesso em: 30 nov. 2020.

LAUREANO, J.J; MENDONÇA, A. G; LOPES, D.S; SOUSA, L. M; LIMA, T. O; ROSA, A. L. D; BASTOS, W. R; NASCIMENTO, E.L. Análise da qualidade da água subterrânea: Estudo de caso na microbacia do Igarapé Nazaré (Rondônia, Amazônia ocidental). **Revista Brasileira de Águas Subterrâneas**, Seção de Estudos de Caso e Notas Técnicas, 2020.

MARTINS, I.A.V; NASCIMENTO, E.L; ROSA, A.L.D; OLIVEIRA, G.A; BASTOS, W.R; MALM, O; MENDONÇA, A.P; RECKTENVALD, M.C.N.N; SANTOS, A.M. **Avaliação da qualidade da água subterrânea em área de influência do lixão inativo no bairro Boa Esperança (Ji-Paraná/RO)**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 21., 2015, Brasília. Anais... Brasília: ABRH, 2015.

SILVA, A.C.S; DOURADO, J.C; KRUSCHE, A.V; GOMES, B.M. Impacto físico-químico da deposição de esgotos em fossas sobre as águas de aquífero freático em Ji-Paraná – RO. **Revista de estudos ambientais (online)**, v. 11, n.2, p. 101-112, 2009.

TUCCI, C. E. M; CABRAL, J. J. S. P. **Qualidade da Água Subterrânea**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 2003.

VON-SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. UFMG/Belo Horizonte-MG, 470p, 2014.

## CAPÍTULO 54

### **CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NO AÇUDE JATOBÁ, PATOS, PARAÍBA**

**José Lucas dos Santos Oliveira<sup>198</sup>, Thayná Kelly Formiga de  
Medeiros<sup>199</sup>, Cynthia Arielly Alves de Sousa<sup>200</sup>, Eliane Alves  
Lustosa<sup>201</sup> & Edevaldo da Silva<sup>202</sup>**

#### **INTRODUÇÃO**

A água é um recurso natural primordial à manutenção da biodiversidade da vida e da sobrevivência das espécies. Dessa forma, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei 9.333 de 1997, define a água como bem de domínio público, estabelecendo que a gestão desse recurso natural deve atender todos os usos múltiplos da sociedade (BRASIL, 1997).

Contudo, embora o Brasil seja um país com grande disponibilidade de água, esse recurso natural não está disponível de forma equitativa no território brasileiro (MONTROYA; FINAMORE, 2020). Associado a isso, o crescimento desordenado das áreas urbanas resultou em grande nível de degradação dos recursos hídricos, proveniente das dinâmicas insustentáveis de

---

<sup>198</sup> Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal da Paraíba. lucasoliveira.ufcg@gmail.com

<sup>199</sup> Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais – Universidade Federal de Campina Grande. thaynak98@gmail.com

<sup>200</sup> Mestre em Horticultura Tropical – Universidade Federal de Campina Grande. cynthiaarielly@gmail.com

<sup>201</sup> Graduanda em Ciências Biológicas na Universidade Federal de Campina Grande. elianelustosa18@hotmail.com

<sup>202</sup> Professor da Universidade Federal de Campina Grande. edevaldos@yahoo.com.br

funcionamento das cidades, que interferiram no equilíbrio do ciclo hidrológico (PEREIRA et al., 2021).

Os recursos hídricos estão suscetíveis a diversos tipos de contaminação, como, por exemplo, a contaminação química por agrotóxicos que podem comprometer a qualidade da água de reservatórios urbanos utilizados para o abastecimento de cidades (SILVA; SCHIMIDT; SANTOS, 2021). Além disso, Leite et al. (2020) também citam o descarte inadequado dos resíduos sólidos como uma importante fonte de poluição dos recursos hídricos no Brasil.

Nesse contexto, a sociedade moderna tem vivenciado uma grande problemática na atualidade, pautada na dificuldade de conciliar as demandas econômicas e sociais pela água com a escassez e degradação desse recurso natural (MONTROYA; FINAMORE, 2020).

Como exposto, os impactos nos recursos hídricos podem ocorrer de diferentes formas, compreendendo rios, lagos e açudes. É nessa problemática que esta pesquisa se apresenta, especialmente no contexto da degradação ambiental sofrida por açudes urbanos que são utilizados para o abastecimento humano e, mesmo assim, não recebem gestão adequada.

O objetivo desse resumo foi caracterizar, de forma preliminar, os impactos ambientais existentes no açude Jatobá, na cidade de Patos, Paraíba.

## **METODOLOGIA**

A cidade de Patos, Paraíba, integra o bioma Caatinga e a mesorregião do sertão paraibano, e possui população estimada em 108.192 habitantes (IBGE, 2020). O açude Jatobá foi construído no ano de 1954 pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), e se localiza na zona sul da cidade de Patos, possuindo capacidade máxima de armazenamento de 17.516.000 m<sup>3</sup> de água (IBGE, 2021).

Para a coleta de dados qualitativos, foi realizada visita ao açude Jatobá, no início do segundo semestre de 2021 (período de seca da região), para identificação preliminar de possíveis impactos ambientais, por meio de caminhadas em seu entorno. Registros fotográficos foram arquivados para posteriores análises.

## DESENVOLVIMENTO

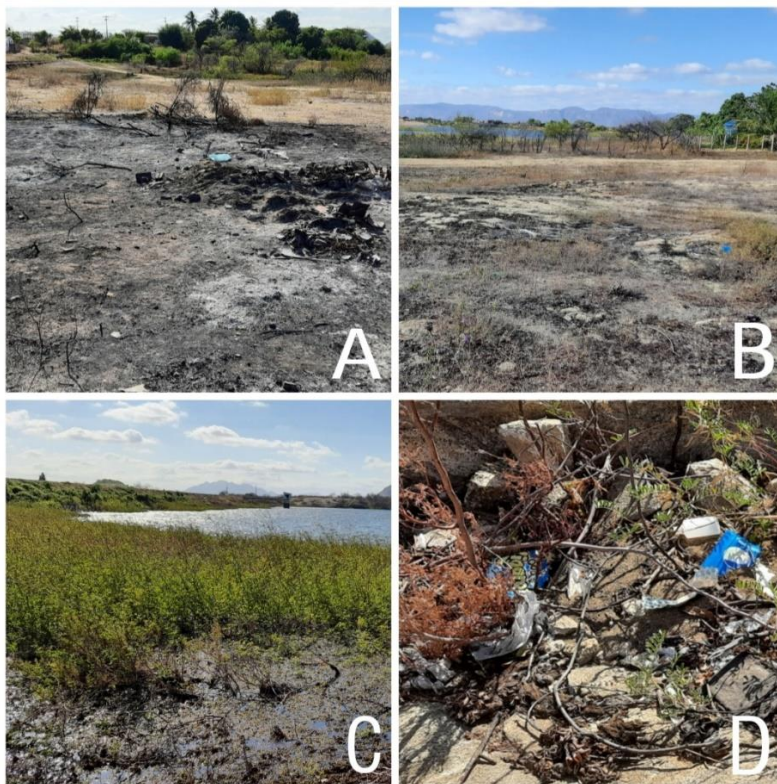
O açude Jatobá foi construído na cidade de Patos com o objetivo de atender as necessidades de abastecimento de água da população da cidade e de regiões imediatas (IBGE, 2021). Desde a sua criação, até os dias atuais, ele ainda tem realizado o abastecimento da população da cidade de Patos, exercendo importante contribuição na disponibilidade de água para consumo na cidade.

Foi observado que o açude Jatobá apresentava baixa disponibilidade de água, resultado da pouca quantidade de chuvas na região durante os últimos meses. Associado a essa problemática, foi possível observar que a estrutura que compõe o sangradouro do açude apresentava indícios de desgaste (Figura 1).



**Figura 1** – Desgaste identificado na estrutura do sangradouro do açude Jatobá, Patos, Paraíba.

Apesar da grande dependência da população da cidade da água do açude Jatobá, foi possível observar que o açude tem sofrido com a falta de manutenção da área pelo poder público, sendo observada, em suas margens, a presença de solo compactado, resíduos sólidos, queimadas, supressão da vegetação, construções de alvenaria e indício de assoreamento (Figura 2).



**Figura 2** – Impactos ambientais visivelmente identificados no açude Jatobá, Patos, Paraíba: A. Queimadas; B. Supressão da vegetação; C. Acúmulo de vegetação rasteira dentro da água do açude; D. Poluição do reservatório.

A ausência de vegetação nas margens do açude tem contribuído para o assoreamento do mesmo, bem como para que resíduos sólidos e superficiais sejam arrastados das margens para dentro do reservatório no período de chuvas.

Nesse sentido, Araújo, Júnior e Oliveira (2020) destacam que a retirada da vegetação é um precursor para o estabelecimento de diferentes outros impactos ambientais, como, por exemplo, processos erosivos e assoreamento de reservatórios de água, alterando todo o funcionamento do ecossistema.

A pesquisa de Oliveira et al. (2018) também identificou vulnerabilidades ambientais no rio Piancó, Pombal, Paraíba, que é utilizado para o abastecimento humano e que, mesmo assim, recebe efluentes das comunidades ribeirinhas que residem no local.

De acordo com Fernandes et al. (2021), a seca meteorológica é um fenômeno que se caracteriza predominantemente pela ausência ou escassez de chuvas em determinada região, possuindo índices pluviométricos abaixo das médias previstas para a época. No semiárido, essa seca ocorre continuamente, afetando o volume de reservatórios da região.

Dessa forma, pode-se observar que a situação atual do açude Jatobá é preocupante, especialmente pela importância que ele exerce para a manutenção do abastecimento de boa parte das residências que integram a cidade de Patos. Por isso, medidas de intervenção visando a melhoria da estrutura física do açude, bem como dos impactos ambientais, devem ser adotadas.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O açude Jatobá apresenta impactos ambientais diversos, como a presença de resíduos sólidos na água e nas margens do açude. A vegetação em torno do açude já está ausente em quase toda a sua extensão, e o solo apresenta-se compactado. Associado a isso, estruturas físicas como o sangradouro demonstram a necessidade de reparos, como requisito necessário para a garantia da segurança do local.



A gestão ambiental adequada do açude Jatobá pode contribuir para a garantia da qualidade no abastecimento da água da cidade de Patos, e, além disso, reduzir ações degradantes desenvolvidas pela população local, por meio da implementação de ações de sensibilização e educação ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, P. A.; JUNIOR, R. R. S.; OLIVEIRA, I. P. Crescimento urbano desordenado no bairro de Messejana, Fortaleza/CE: a educação ambiental como mitigadora dos impactos ambientais. **Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, n. 12, p. 55-65, 2020.

BRASIL. **Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm)>. Acesso em: 25 ago. 2021.

FERNANDES, V. R.; CUNHA, A. P. M. A.; PINEDA, L. A. C.; LEAL, K. R. D.; COSTA, L. C. O.; BROEDEL, E.; FRANÇA, D. A.; ALVALÁ, R. C. S.; SELUCHI, M. E.; MARENGO, J. Secas e os impactos na região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, n. 17, p. 561-584, 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Biblioteca, 2021. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=449856>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

\_\_\_\_\_. **IBGE Cidades**. 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/patos/panorama>>. Acesso em: 25 de agosto de 2021.

LEITE, N. M. G.; PINHEIRO, A. R. S.; MADEIRA, C. S. R.; BRITO, R. M.; SOUZA, M. O. A. J.; ARAÚJO, C. H. N. L.; MELO, J. U. L.; RIBEIRO, G. N. A influência da disposição final dos resíduos

sólidos nos recursos hídricos: uma revisão sistemática. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n. 2, p. 12997-13006, 2021.

MONTOYA, M. A.; FINAMORE, E. B. Os recursos hídricos no agronegócio brasileiro: Uma análise insumo-produto do uso, consumo, eficiência e intensidade. **Revista Brasileira de Economia**, v. 74, n. 4, p. 441-464, 2020.

OLIVEIRIA, J. L. S.; SOUSA, C. A. A.; PALMEIRA, M. C.; SANTOS, T. M. M. SILVA, E. Percepção ambiental de agricultores sobre o uso sustentável do solo e os recursos hídricos do Rio Piancó, Pombal, Paraíba. **Educação Ambiental em Ação**, n. 65, 2018.

PEREIRA, M. C. S.; MARTINS, J. R. S.; NOGUEIRA, F. F.; MAGALHÃES, A. A. B.; SILVA, F. P. Melhoria da qualidade da água de rios urbanos: novos paradigmas a explorar – Bacia hidrográfica do rio Pinheiros em São Paulo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 3, p. 577-590, 2021.

SILVA, L. B.; SCHIMIDT, F.; SANTOS, A. M. Ciência ambiental: reflexões sobre o monitoramento de resíduos de agrotóxicos em água potável, superficial e subterrânea. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 2, p. 193-200, 2021.



## CAPÍTULO 55

# A IMPORTÂNCIA DO USO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

**Fabiane Ferreira Rabelo<sup>203</sup>, Alex Pires Carneiro<sup>204</sup>, Juliana dos Santos<sup>205</sup> & Viviane Francis Silva Correia<sup>206</sup>**

### INTRODUÇÃO

O termo indicador é originário do latim *indicare*, que significa descobrir, apontar, anunciar, estimar (HAMMOND, 1995). Segundo Fidalgo (2003), os indicadores ambientais priorizam os aspectos ambientais e consideram os aspectos sociais e econômicos na medida em que esses se apresentam diretamente relacionados entre si.

Os indicadores devem propor dados de forma a possibilitar análises e avaliações da transformação do meio físico e social, buscando a elaboração e formulação de políticas e ações urbanas (MIRANDA; TEIXEIRA, 2004).

Considerando a importância da água para a manutenção da

---

<sup>203</sup> Engenheira Ambiental. Mestranda do Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua - UFBA. [fabianeferreira@ufba.br](mailto:fabianeferreira@ufba.br)

<sup>204</sup> Engenheiro Civil. Mestre em Engenharia Ambiental Urbana pela UFBA. Doutor em Sostenibilidad, Tecnología y Humanism - Universitat Politècnica de Catalunya - Barcelona. [alexpires@ufba.br](mailto:alexpires@ufba.br)

<sup>205</sup> Bióloga. Mestranda do ProfÁgua - UFBA. [js@ufba.br](mailto:js@ufba.br)

<sup>206</sup> Bacharel em Direito. Mestranda do ProfÁgua - UFBA. [viviane.correia@ufba.br](mailto:viviane.correia@ufba.br)

vida no planeta, é necessário que haja o controle da sua qualidade e da sua disponibilidade, acompanhamento sistemático das suas condições e conhecimento sobre os fatores que comprometem o seu uso sustentável. Para tanto, é imprescindível a utilização de ferramentas capazes de representar a realidade dos recursos hídricos permitindo atuar na gestão efetiva desses recursos.

Segundo Cabral e Santos (2007), para uma gestão racional dos recursos hídricos subterrâneos, o uso de indicadores proporciona condições de análises consistentes para o processo de tomada de decisão.

A gestão dos recursos hídricos é fator primordial para o desenvolvimento territorial e econômico de uma sociedade. É imprescindível a gestão participativa para regular a demanda e compartilhar os usos múltiplos, por meio da definição de indicadores de uso sustentável da água (TUNDISI, 2013).

No Brasil, a exploração das águas subterrâneas vem se intensificando, exigindo, portanto, definição e quantificação de indicadores da sustentabilidade de um aquífero, visto que nas últimas décadas as taxas de bombeamento das águas subterrâneas aumentaram consideravelmente, devido às maiores demandas e às novas tecnologias que permitem atingir maiores profundidades e obter maiores vazões. A outra razão é que estando fora da visão das pessoas, fica mais difícil avaliar se o uso das águas subterrâneas está dentro dos limites sustentáveis (CAVALCANTI; MONTENEGRO, 2009).

No que diz respeito às águas superficiais, o uso de indicadores consuntivo, a exemplo do estresse hídrico, possibilita reduzir a complexidade do sistema através da comparação espacial entre os mananciais superficiais. Neste sentido, Galvão (2008) *apud* Durães e outros (2015) destaca que o estresse hidrológico pode se estabelecer a partir de um indicador que estima o nível de impacto ao qual o curso d'água está submetido, por meio de um balanço entre a oferta e a demanda, levando-se em consideração tanto os

efeitos da extração da água como também as variações a que estão submetidos os corpos hídricos.

O indicador de estresse hidrológico considera tanto os efeitos de qualidade quanto de quantidade de água, identifica a situação e diagnóstico de determinado manancial, assegurando a demanda futura de água com o objetivo de reduzir os impactos ambientais. Desta forma, através do indicador de estresse hídrico, permite-se um melhor gerenciamento das águas superficiais para a prestação de serviço de abastecimento humano, onde, a depender das ações realizadas, se possa adotar medidas de planejamento que visem a recuperação ou que minimizem os efeitos dos conflitos pelo uso da água naquele manancial.

Considerando estas análises, o objetivo principal desta pesquisa é avaliar a importância do uso dos indicadores de sustentabilidade estresse hídrico e qualidade de água para auxiliar os tomadores de decisão no que diz respeito à gestão dos recursos hídricos (águas subterrâneas e superficiais) para abastecimento público.

## **DESENVOLVIMENTO**

A proposta metodológica desta pesquisa consistiu em uma pesquisa exploratória aliada à revisão de literatura, com posterior análise comparativa das soluções encontradas nas publicações nacionais e internacionais. Durante o processo de seleção dos trabalhos acadêmicos foi aplicado o processo de identificação e triagem do conteúdo com base na leitura da íntegra dos trabalhos selecionados.

As autoras analisaram trabalhos acadêmicos por completo, os quais foram selecionados por conter os seguintes termos: indicadores, sustentabilidade, aquíferos, gestão das águas, estresse hídrico, qualidade da água, segurança hídrica, indicadores de águas subterrâneas, e estando os mesmos relacionados com o

objetivo pretendido. Por fim, foi realizada uma análise comparativa e avaliativa das informações encontradas quanto à importância do uso de indicadores de sustentabilidade como instrumentos de gestão dos recursos hídricos para abastecimento público.

### **Uso de indicadores na gestão de recursos hídricos subterrâneos**

A exploração descontrolada do recurso hídrico subterrâneo coloca em risco a manutenção dos níveis de água e a consequente contaminação do aquífero. Se este nível sofrer quedas acentuadas, poderá ocorrer a interrupção da capacidade de fornecimento de água para abastecimento público, com grandes impactos socioeconômicos e de saúde pública à população.

O recurso hídrico subterrâneo está cada vez mais sujeito aos impactos ambientais ocasionados através da contaminação que ocorre pela ocupação inadequada de uma área, ou pela superexploração dos aquíferos, com a extração de água subterrânea ultrapassando os limites de produção das reservas do aquífero, provocando danos ao meio ambiente e ao próprio recurso. Portanto, são necessárias medidas condicionadas a estudos prévios do volume armazenado no subsolo, das condições climáticas e geológicas de reposição, históricos de dados, tendências atuais e perspectivas futuras, com a implantação de indicadores de sustentabilidade que permitam identificar a necessidade destas informações de apoio à decisão e contribuir com uma decisão mais assertiva quanto à gestão desses recursos, de modo que a água subterrânea possa ser retirada de forma permanente e em volumes constantes, por muitos anos.

A possibilidade de contaminação das águas subterrâneas depende da estrutura do sistema do aquífero (que define seu grau de vulnerabilidade) e das características da fonte poluidora (abrangência e potencial poluente). Sendo assim, a avaliação dessas áreas potenciais de contaminação se faz necessária e

essencial para a redução dos impactos causados à população e a redução dos danos aos recursos ambientais.

O uso de indicadores relacionados à disponibilidade hídrica de aquífero indicam a condição do aquífero, identificando locais de maior exploração, que possam resultar num rebaixamento rápido e intenso do manancial hídrico subterrâneo, que são fundamentais para manutenção do volume armazenado e da capacidade de recarga. Permitem avaliar a capacidade de resposta do aquífero e a necessidade ou não de restrição de exploração de uma determinada área, contribuindo para decisões favoráveis à sustentabilidade por parte de gestores de abastecimento público.

Enquanto o uso de indicadores relacionados à caracterização da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos permite identificar condições do aquífero, áreas de vulnerabilidades de contaminação, acompanhar a qualidade da água ofertada para abastecimento público e identificar potenciais fontes de poluição, direcionando a ações coerentes de preservação e sustentabilidade desses aquíferos.

### **Indicador de estresse hídrico contribuindo para a tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos para abastecimento público**

A atual crise hídrica exige uma preocupação em garantir água de qualidade e em quantidade para as gerações atuais e futuras, pois a escassez não se refere tão somente à água bruta, quanto também ao acesso da água tratada por todos que a ela fazem jus. As intervenções do homem aliadas aos fenômenos naturais que incidem sobre o ciclo natural da água comprometem a disponibilidade do recurso em boa parte das regiões do país.

No que se refere à gestão dos recursos hídricos para fins de abastecimento público nos municípios, são necessários instrumentos e estudos em âmbito local que possam fornecer

subsídios técnico-científicos para o planejamento e a implantação de políticas públicas (SILVA, 2016). Para as águas superficiais, a análise da disponibilidade hídrica permite estimar a quantidade de água existente por meio da vazão de referência.

Segundo Conejo et al. (2009), com o acréscimo observado nas últimas décadas do uso e ocupação das bacias hidrográficas, as vazões observadas nas estações fluviométricas passaram a ser influenciadas pelas diversas retiradas de água na bacia, não mais representando a real disponibilidade de águas superficiais. Nestes casos, para as estimativas de disponibilidade de água, torna-se necessário calcular as interferências dos diversos usos sobre as vazões observadas para determinar as vazões naturais.

Dentre as tomadas de decisões possíveis relacionadas ao indicador de estresse hídrico, podemos elencar diversas situações. A depender do cenário apresentado pelo manancial, os gestores podem demandar ações nos sentidos de revitalizar o rio, por meio da recuperação das nascentes; de elaborar projetos e executar obras de engenharia que contribuam para melhorias da baixa disponibilidade hídrica existente; alocar recursos visando obras de esgotamento sanitário na bacia hidrográfica do respectivo manancial; e a feitura de um trabalho de educação ambiental promovido junto à comunidade, de forma a estimular o uso de outras fontes visando o aproveitamento do recurso, além de estimular de forma elucidativa a preservação dos mananciais e do meio em seu entorno.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As análises demonstraram que esses indicadores são importantes instrumentos de gestão dos recursos hídricos (águas subterrâneas e superficiais) para diagnosticar o estado do recurso hídrico e auxiliar os tomadores de decisão com condições de

análises consistentes no que diz respeito ao abastecimento público e com proposição de diretrizes de gestão destes recursos.

A água subterrânea vem se estabelecendo com participação efetiva como fonte suplementar ao abastecimento público para diversos fins. Portanto, a construção desses indicadores é de extrema relevância, e, em alguns estudos revisados na literatura, já é possível avaliar através dos indicadores a situação atual dos aquíferos existentes no que tange ao risco de se explorar descontroladamente os aquíferos, além de avaliar a disponibilidade das águas subterrâneas e condições de qualidade da respectiva região.

O indicador de estresse hídrico se mostrou simples e eficiente para demonstrar a situação de um manancial utilizado para fins de abastecimento público, mostrando-se como uma ferramenta relevante para o planejamento e para as deliberações dos gestores das empresas de saneamento.

Uma gestão que tenha como pilar a segurança hídrica contempla a garantia de uso da água para todos os usuários que dela necessite, seja pelo seu acesso por via subterrânea ou superficial, desde que se tenham quantidade e qualidade suficientes para permitir o uso potável do recurso, garantindo-o também para as gerações vindouras.

Cientes da sua importância, os gestores necessitam colocar em prática o uso dos indicadores, trazendo as informações e respectivos reflexos para as deliberações e planejamento, inerentes à atividade diária, pois observa-se, que infelizmente, por mais relevante que seja, estes indicadores são deixados de lado no momento da tomada da decisão, em preterimento a outros motivos que são insuficientes para demonstrar o verdadeiro cenário hídrico em questão.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE nº 2717/2015, pelo apoio técnico-científico aportado até o momento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CABRAL, J.J.S.P., SANTOS, S.M. **Indicadores de sustentabilidade na utilização de água subterrânea**: Considerações sobre a exploração sustentável em aquíferos costeiros. *In* XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, SP. 2007.

CAVALCANTI, G. MONTENEGRO, S. **Aplicação de Indicadores para águas subterrâneas como alerta para o Estado atual de exploração dos aquíferos intersticiais da região metropolitana do Recife – PE**. *In*: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, p. 22-26, 2009. Disponível em: <[https://abrh.s3.sa-east.amazonaws.com/Sumarios/110/a6535c7a74fc8962da6d6e1d4d37a77e\\_d3fd22ba897e193d1b69ebf9795bf806.pdf](https://abrh.s3.sa-east.amazonaws.com/Sumarios/110/a6535c7a74fc8962da6d6e1d4d37a77e_d3fd22ba897e193d1b69ebf9795bf806.pdf)>. Acesso em: 08 abr. 2021.

CONEJO, J.; MARANHÃO, N.; BURNETT, J.; ANTUNES, B. **Sobre um Índice de Disponibilidade Hídrica Aplicável à Gestão dos Recursos Hídricos**. *In* XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, p.1-20, 2009. Disponível em:<[https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/86d54c77ce6b54ec0e65aa3cfeae4825\\_c36373eaae96149566fd59126b7e2f24.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/86d54c77ce6b54ec0e65aa3cfeae4825_c36373eaae96149566fd59126b7e2f24.pdf)>. Acesso em: 14 de maio de 2021.

DURÃES, M. F.; DE MELLO, C. R.; BESKOW, S. Estresse hidrológico: aplicação às bacias dos rios Paraopeba e Sapucaí, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, p. 352-359, 2015.

FIDALGO, E.C.C. **Critérios para Análise de Métodos e Indicadores ambientais usados na Etapa de Diagnóstico de**



**Planejamentos Ambientais.** 2003. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, Brasil, 2003.

HAMMOND, A., et al. **Environmental indicators:** a systematic approach to the measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. Washington, D.C.: World Resources Institute, 1995.

MIRANDA, A. B. TEIXEIRA, B. A. Indicadores para monitoramento da sustentabilidade em sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. **Eng. Sanit. Ambiental.** V. 9, n. 4, p. 269-279, 2004.

SILVA, M. **Indicadores de sustentabilidade para a gestão do manancial de abastecimento público de Oliveira, Lavras, MG.** 191 p., 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

TUNDISI, J. G. Governança da água. **Revista UFMG**, Belo Horizonte, v. 20, n. 2, p. 222-235, 2013. Disponível em <<https://www.ufmg.br/revistaufmg/downloads/20-2/10-governanca-da-agua-jose-tundisi.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2021.

## CAPÍTULO 56

### CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MORFOMÉTRICA DA BACIA DO RIO PIRARARA – CACOAL/RO

**Gabriel Henrique Colombo<sup>207</sup>, Ana Caroline Caetano de Souza<sup>208</sup>,  
Luciane da Silva Carvalho Oliveira<sup>209</sup>, Nara Luísa Reis de  
Andrade<sup>210</sup> & Ana Cristina Santos Strava Correa<sup>211</sup>**

#### 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) possui como um de seus fundamentos o fato de que a bacia hidrográfica é a unidade de implementação de gestão de recursos hídricos. O conhecimento das características das microbacias hidrográficas é fundamental na implementação de ações para mitigar os efeitos de inundações e vulnerabilidade erosivas, sobretudo em ambientes urbanos. Além da função de prevenir desastres naturais, o conhecimento das características das unidades hidrográficas pode ser utilizado como ferramenta de planejamento e gerenciamento, compatibilizando os diversos usos e interesses pela água e garantindo sua disponibilidade em

---

<sup>207</sup> Mestrando do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) - UNIR, Campus Ji-Paraná/RO.

gabrielhenriquecolombo@gmail.com

<sup>208</sup> Mestranda do ProfÁgua - UNIR, Campus Ji-Paraná/RO.

anacaroline.c.souza@gmail.com

<sup>209</sup> Mestranda do ProfÁgua - UNIR, Campus Ji-Paraná/RO.

lucia\_necarvalho@hotmail.com

<sup>210</sup> Doutora em Física Ambiental. Docente do Departamento de Engenharia Ambiental - DEA. Coordenadora do ProfÁgua - UNIR, Campus Ji-Paraná/RO.

naraluisar@unir.br

<sup>211</sup> Doutora em Geotecnia pela Universidade de Brasília. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. astrava@ana.gov.br

quantidade e qualidade adequadas (BARBOSA; SILVA FILHO, 2018).

A utilização de geotecnologias tem possibilitado a aquisição de informações topográficas da superfície terrestre sem que haja o contato com os objetos. Assim, a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas pode ser realizada de forma automatizada, por meio de sistemas de informações geográficas (SIG) e modelos digitais de elevação (MDE) obtidos por imagens de satélite com sensores específicos (SILVA et al., 2021).

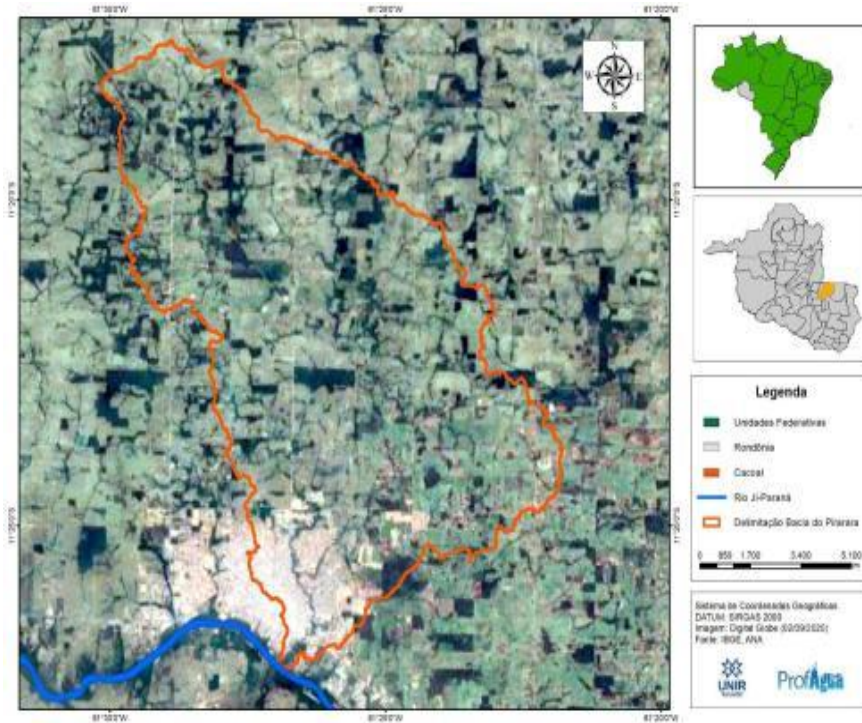
As bacias hidrográficas localizadas em áreas urbanas sofrem importantes alterações de uso e ocupação do solo, onde se destaca a impermeabilização do terreno por meio de edificações e vias de circulação, contribuindo assim para o incremento do escoamento superficial. Nesta perspectiva, o objetivo do presente estudo foi realizar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Pirarara, Cacoal-RO.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O presente estudo foi desenvolvido com base no emprego de técnicas de geoprocessamento aliadas ao levantamento de informações públicas e referenciais bibliográficos sobre a região em estudo.

### **2.1. Área de estudo**

O rio Pirarara é um afluente da margem direita do rio Ji-Paraná, localizado no município de Cacoal, região central do estado de Rondônia. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município de Cacoal possui área territorial de aproximadamente 3.793,000 km<sup>2</sup> e população de 78.574 habitantes, conforme o censo demográfico de 2010 (Figura 1).



**Figura 1** – Mapa de localização da bacia do rio Pirarara – RO  
**Fonte:** Autores, 2021.

A bacia em estudo está localizada entre os aquíferos dos Parecis e o cristalino. O aquífero dos Parecis ocupa uma área de aproximadamente 500.000 km<sup>2</sup>, entre os estados de Mato Grosso e Rondônia (RONDÔNIA, 2018). Por sua vez, o aquífero cristalino ocupa uma grande porção territorial no centro-norte e centro-oeste do estado de Rondônia. Embora a bacia hidrográfica possua área predominante na zona rural do município de Cacoal, seu exutório está localizado na zona urbana.

O clima predominantemente é o tropical, quente e úmido, com duas estações bem definidas: verão chuvoso e inverno seco. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Aw, predominando no período chuvoso um clima tropical com média de temperatura no mês mais frio superior a 18°C, e um período seco

bem definido durante a estação de inverno, com temperaturas entre 24 e 26°C (ALMEIDA, 2016).

Considerando os aspectos geológicos, a região da bacia hidrográfica está inserida na suíte intrusiva Cacoal e suíte intrusiva serra da Providência, unidades características da região central do estado. A unidade pedológica predominante na bacia é o argissolo vermelho eutrófico, sendo também encontradas porções de cambissolo háplico na região do exutório.

## **2.2. Caracterização hidrológica e morfométrica**

Para a caracterização do regime de chuvas no município, foram utilizados os dados da estação pluviométrica Vista Alegre, código 1161000. Para a composição da precipitação média mensal, foram utilizados os dados pluviométricos de 2000 até 2020. Os dados de vazão foram obtidos na estação fluviométrica Cacoal-RO, código 15558200, e compreendem o período de agosto de 2015 a novembro de 2020. Ambas as estações fazem parte do Sistema Nacional de Informações, sob responsabilidade da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

Para a caracterização morfométrica da bacia do Rio Pirarara foram utilizadas técnicas de geoprocessamento através de sistema de informações geográficas (SIG), o SIG ArcMap para o desenvolvimento e criação de mapas de localização e a delimitação dos limites da bacia hidrográfica, utilizando-se um modelo digital de elevação (MDE), obtido através do satélite Alos Palsar junto ao Serviço Geológico Americano (USGS), e informações de bancos de dados públicos dos seguintes órgãos: ANA, IBGE, Embrapa e INMET.

Ao se realizar a delimitação da área da bacia é possível obter diferentes informações que podem auxiliar na compreensão do comportamento e características da região em estudo. Para tanto, foram empregadas equações para a determinação de características específicas, dentre estas: coeficiente de

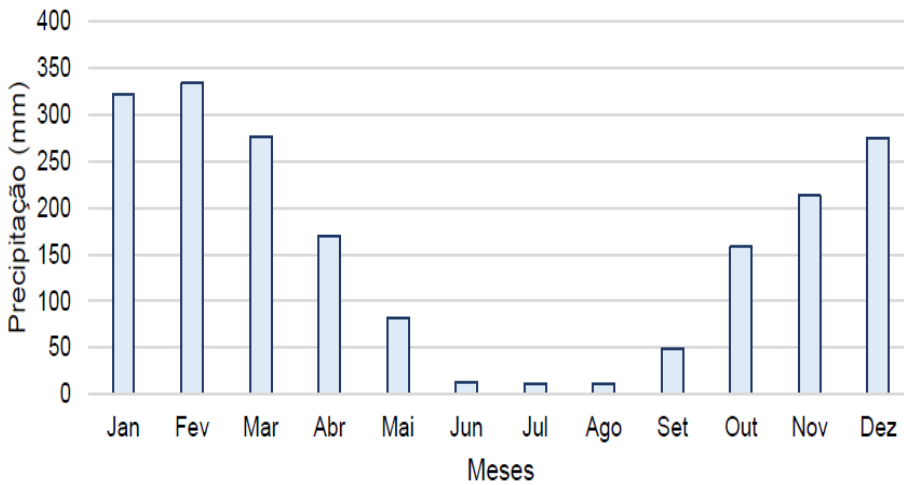
compacidade ( $K_c$ ), a qual relaciona a forma da bacia com um círculo, importante indicador na determinação de enchentes e fator de forma ( $F$ ), onde, segundo Vilela e Mattos (1975), uma bacia com fator de forma baixo apresenta menor susceptibilidade a enchentes que outra de mesmo tamanho porém com fator de forma maior.

Também foi analisada a densidade de drenagem ( $D_d$ ), a qual indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia, sendo expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais delimitados e a área total da bacia.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

É possível observar que nos meses de janeiro e fevereiro são registrados os maiores valores de precipitação mensal, acima de 300 mm, sendo que entre os meses de junho e agosto são obtidos os menores índices pluviométricos, com valores abaixo de 50 mm mensais. Considerando os dados obtidos, a média anual da precipitação no município foi de 1916 mm, valores próximos dos encontrados por Silva (2006) *apud* Barbosa (2012), que identificou valores entre 1600 e 2300 mm/ano na região. Os dados de vazão obtidos junto à estação fluviométrica Cacoal/RO apresentaram vazão mínima de  $0,009\text{m}^3/\text{s}$ , vazão média de  $2,228\text{m}^3/\text{s}$  e vazão máxima de  $9,494\text{m}^3/\text{s}$ .

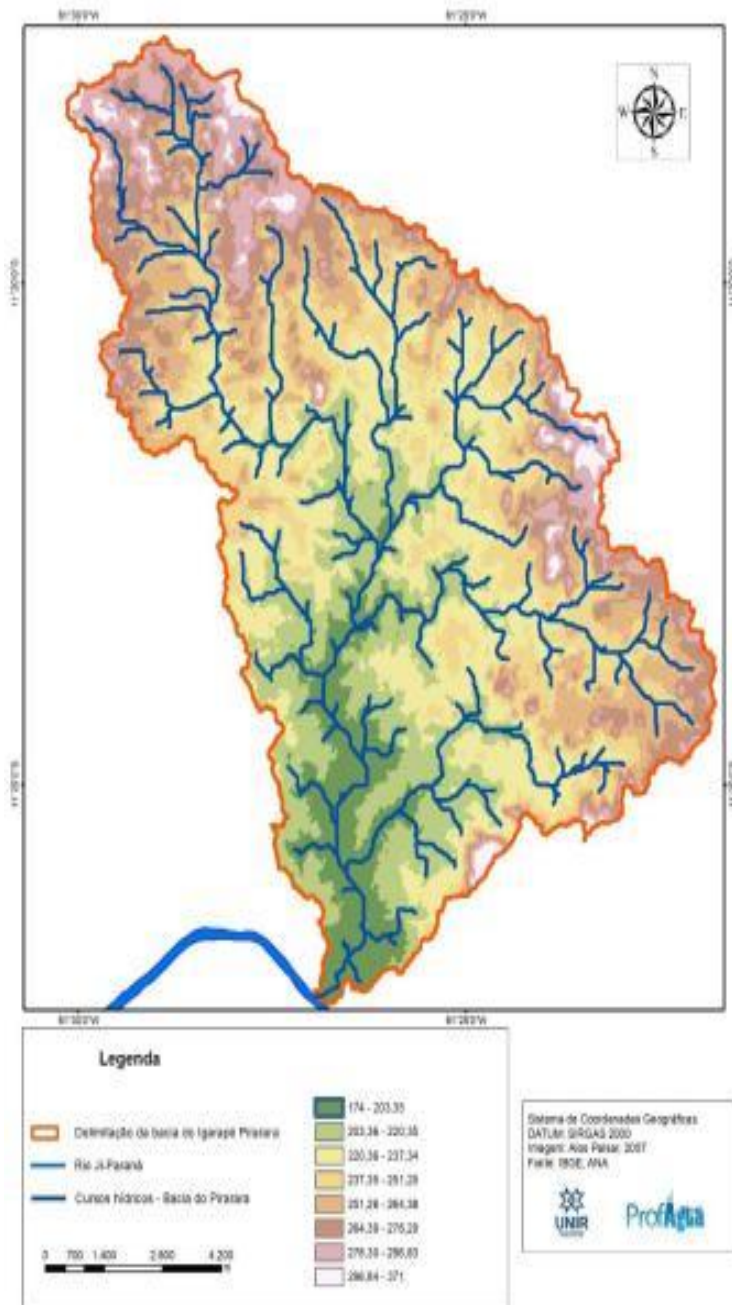
Com base nos dados da estação Vista Alegre, foram obtidos os resultados conforme a Figura 2.



**Figura 2** - Precipitação média mensal (mm) no município de Cacoal – Período de 2000 a 2020, estação pluviométrica Vista Alegre, código 1161000.

**Fonte:** Autores, base de dados da ANA.

A área de estudo está inserida na unidade morfológica da superfície de aplainamento nível II, possuindo altitudes próximas a 300 m, conforme Zoneamento Socioeconômico e Ecológico do Estado de Rondônia (ZSEE-RO, 2002). Especificamente em relação à bacia do Pirarara, constata-se que foram obtidas cotas de altitude máximas de 374m e mínimas de 174m, conforme Figura 3.



**Figura 3** – Representação morfométrica da bacia do Rio Pirarara, Cacoal - RO

**Fonte:** Autores, 2021.



As características morfométricas da bacia do rio Pirarara podem ser observadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características morfométricas da bacia do rio Pirarara, Cacoal - RO.

<b>Características físicas</b>	<b>Resultados</b>
Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	131,73
Perímetro (km)	88,93
Comprimento axial da bacia (km)	18,14
Largura média da bacia (km)	9,14
Extensão do rio principal (km)	17,56
Extensão de todos os cursos hídricos da bacia (km)	188,56
Índice de conformação	0,40
Fator de forma	0,50
Densidade de drenagem (km/km <sup>2</sup> )	1,43
Ordem da bacia	5
Declividade equivalente média do rio principal (m/m)	0,004
Altitude máxima da bacia	371
Altitude mínima da bacia	174
Altitude média da bacia	272,5

**Fonte:** Autores, 2021.

Os resultados obtidos das características morfométricas da bacia do rio Pirarara demonstraram que a bacia apresenta cursos d'água de ordem 5 e característica levemente alongada com drenagem regular. Isto representa menor probabilidade de enchentes em condições normais de precipitação, como demonstram os valores do índice de conformação – 0,40, do fator de forma – 0,50 e do índice de drenagem – 1,43 km/km<sup>2</sup>.

Apesar dos índices de forma da bacia, foi evidenciada por Barbosa et al. (2021) a ocorrência de pontos de alagamento e inundações em espacial próximo ao exutório, o qual está localizado em área urbana e onde ocorre a intensificação do escoamento superficial. Cabe salientar que a resposta de uma bacia hidrográfica depende de outros fatores, além de sua morfometria. Informações como o uso e ocupação e demandas hídricas são

elementos que devem ser considerados para melhor compreensão da dinâmica hídrica em uma bacia.

Nesse sentido, foi constatado que na bacia hidrográfica do Pirarara os principais usos da água são para a dessedentação de animais e irrigação de culturas agrícolas. Os principais aspectos associados à exploração das áreas da bacia observados foram a ausência de vegetação nas áreas de preservação permanente (APP), em grande parte da bacia de drenagem, além de receber a contribuição de efluentes, principalmente de serviços de limpeza e higienização de veículos, afetando assim a qualidade do curso hídrico.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Embora as características morfométricas da bacia do rio Pirarara evidenciem baixa susceptibilidade a inundações, a área urbana da bacia tem sido afetada por tais eventos.

As recomendações e soluções para a redução e minimização dos impactos gerados na bacia do rio Pirarara consistem no endosso para a implementação de políticas públicas visando a recuperação de APPs, bem como a utilização de dados morfométricos e hidrológicos com o objetivo de simular as condições atuais e, assim, propor medidas de intervenção e prevenção de eventos extremos na bacia em questão.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos - ProfÁgua, projeto CAPES/ANA AUXPE n.º 2717/2015, e à Universidade Federal de Rondônia (UNIR).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. R. Urbanização em Área De Risco: Diagnóstico dos Impactos Socioambientais do Rio Pirarara No Município De Cacoal Rondônia. **Revista Presença Geográfica**, v. 3, n. 2, p. 25-44, 2016.

ANA. Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. **Região Hidrográfica Amazônica**. Brasília, 2011.

BARBOSA, D. C.; SILVA, G. N. E.; CARAMELLO, N. Um rio e sua gente: Análise de variáveis para diagnóstico da identidade fluvial de ribeirinhos urbanos do rio Pirarara, Cacoal / RO. **Sociedade e Território**, v. 33, p. 188-208, 2021.

BARBOSA, L. S. **Análise da qualidade da água e o processo de uso e ocupação das terras na bacia hidrográfica do rio Pirarara no município de Cacoal - Rondônia**. 151f., 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia- Universidade Federal de Rondônia), Porto Velho, 2012.

BARBOSA, L. S.; SILVA FILHO, E. P. Influência do uso e ocupação na qualidade da água no Rio Pirarara, afluente do Rio Machado, Rondônia/Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.7, p.320-332, 2018.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/l9433.htm)>. Acesso em: 14 de maio. 2021.

HUMBERTO, G. S. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF. Embrapa, 356 p., 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ro/cacoal.html>>. Acesso em: 14 maio 2021.

RONDÔNIA. Governo do Estado de Rondônia. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral (SEPLAN/RO). **2ª Aproximação do Zoneamento Sócio-Econômico e Ecológico do Estado de Rondônia (ZSEE-RO)**. Porto Velho-RO, 2002.

RONDÔNIA. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia - PERH/RO**. 2018. Disponível em: <<http://coreh.sedam.ro.gov.br/wp-content/uploads/2019/08/RELATORIO-ETAPA-01.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2021.

SILVA, M. L. H. et al. Hidrogeomorfometria da microbacia do rio Cutia, Amazônia Sul-Occidental, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, e23810514964, 2021. Disponível em: <<file:///C:/Users/tiago/Downloads/2021.%20Hidrogeomorfometria%20da%20microbacia%20do%20rio%20Cutia.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2021.

## CAPÍTULO 57

### CARACTERIZAÇÃO DA QUANTIDADE DE OUTORGA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM MINAS GERAIS – ESTADO DA ARTE

**Romário Wanderson Martins de Moura<sup>212</sup>, Geovane Assis da Rocha<sup>213</sup>, Izabel Gonçalves Nogueira<sup>214</sup>, Roberto Cezar de Almeida Monte Mor<sup>215</sup> & Wesley Maia Cardoso<sup>216</sup>**

#### INTRODUÇÃO

A outorga é um dos instrumentos de gestão de recursos hídricos previstos na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), introduzida pela Lei Federal n. 9.433/1997. A aplicação do instrumento destina-se a disciplinar a demanda das águas superficiais e subterrâneas para as diversas finalidades de uso, indicando aos usuários de recursos hídricos a necessidade da adoção de práticas conservacionistas.

A Política Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais (PERH/MG), instituída por meio da Lei Estadual n. 13.199/1999, promove disposições consoantes o âmbito federal.

---

<sup>212</sup> Mestrando do mestrado profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) – UNIFEI. [rmartins.moura@hotmail.com](mailto:rmartins.moura@hotmail.com)

<sup>213</sup> Agrônoma. Universidade Federal de Itajubá- UNIFEI.  
[geovane0rocha@yahoo.com.br](mailto:geovane0rocha@yahoo.com.br)

<sup>214</sup> Bacharel em Geografia. Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI.  
[izanog@gmail.com](mailto:izanog@gmail.com)

<sup>215</sup> Engenheiro Elétrico. Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. Gestor Ambiental na Superintendência Regional de Meio Ambiente do Leste Mineiro.  
[rmontemor@unifei.edu.br](mailto:rmontemor@unifei.edu.br)

<sup>216</sup> Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Professor da Universidade Federal de Itajubá - Campus Itabira. Professor do ProfÁgua – UNIFEI.  
[wesley.supramlm@gmail.com](mailto:wesley.supramlm@gmail.com)

Contudo, o trabalho visa destacar os meios de exploração de águas subterrâneas no estado de Minas Gerais e, através de análises dos dados levantados, quantificar os números de outorgas e modos de uso deste recurso.

Assim, busca-se trazer informações atualizadas em relação ao uso dos recursos hídricos, através dos meios de exploração de água subterrânea das bacias hidrográficas para realização de uma gestão efetiva do recurso.

## **DESENVOLVIMENTO**

Em relação à gestão das águas subterrâneas, a Lei Estadual n. 13.771/2000 dispõe sobre a administração, a proteção e a conservação das águas subterrâneas de domínio do Estado. Contudo, de maneira geral, o gerenciamento das águas subterrâneas deve envolver (Minas Gerais, 2000):

1. Avaliação quantitativa e qualitativa e o planejamento de seu aproveitamento racional.
2. A outorga e a fiscalização dos direitos de uso;
3. A adoção de medidas relativas à sua conservação, preservação e recuperação.

O Estado de Minas Gerais possui duas normativas para regularização do direito ao uso: o Decreto Estadual n. 47.705, de 4 de setembro de 2019 - Estabelece normas e procedimentos para a regularização de uso de recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais, e a Portaria do Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM n. 48, de 4 de outubro de 2019 - Estabelece normas suplementares para a regularização dos recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2019).

Para exemplificar, na Figura 1, destaca-se a exploração de águas subterrâneas, e, abaixo, alguns modos de uso sujeitos à outorga de águas subterrâneas (MINAS GERAIS, 2019):

- exploração de água subterrânea;
- rebaixamento de nível de água;
- sistema de remediação para águas subterrâneas contaminadas;
- dragagem em cava aluvionar e outras intervenções que alterem regime, quantidade ou qualidade dos corpos de água.



**Figura 1** – Exemplos de exploração de água subterrânea. Em (A) Poços Manuais, (B) Cisternas, (C) Poços tubulares, (D e E) Nascentes e surgências.

**Fonte:** IGAM, 2010; Autores, 2021.

## **Teste para análise de águas subterrâneas (IGAM, 2010)**

**Teste de aquífero ou teste de interferência** - consiste em bombear água de um poço e observar os rebaixamentos ocasionados pelo bombeamento neste poço e em outros poços de observação nas circunvizinhanças.

**Testes de bombeamento** - consiste na obtenção dos dados de um poço em funcionamento para determinar os parâmetros hidrodinâmicos deste poço, sendo os mais importantes: a vazão, o rebaixamento e a recuperação medidos, e a vazão específica calculada.

**Testes de recuperação** - executado imediatamente após o teste de bombeamento de 24 horas, consiste na medida do nível de água no poço em intervalos periódicos de tempo até que ele alcance seu nível estático.

## **Restrição e Controle de Áreas – recursos hídricos subterrâneos**

As áreas de restrição e controle são aquelas onde existe a necessidade de disciplinar as intervenções em águas subterrâneas e as atividades potencialmente poluidoras, com ênfase na proteção, conservação, recuperação e no uso sustentável.

Conforme Deliberação Normativa Conjunta do Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM/Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais - CERH n. 5, de 14 de setembro de 2017 - Estabelece diretrizes e procedimentos para a definição de áreas de restrição e controle do uso das águas subterrâneas. Abaixo estão descritas as áreas que podem ser declaradas de Restrição e Controle (MINAS GERAIS, 2017):

1. Áreas de exploração de água subterrânea para o abastecimento público e outros usos prioritários;
2. Áreas vulneráveis à contaminação da água subterrânea;
3. Áreas com solo contaminado ou água subterrânea contaminada;



4. Áreas com indícios de superexploração ou com superexploração confirmada;
5. Áreas de risco geológico-geotécnico associado à exploração de água subterrânea;
6. Outras áreas vulneráveis em razão da exploração de água subterrânea.

### **Atuação do IGAM nas Áreas de Restrição e Controle Confirmadas**

O IGAM poderá atuar nas seguintes condições, conforme Deliberação Normativa Conjunta do COPAM-CERH n. 5, de 14 de setembro de 2017 (MINAS GERAIS, 2017; MELO, 2018):

- proibir novas intervenções em água subterrânea até que o aquífero se recupere ou até que deixe de existir o fato que determinou a restrição;
- proibir ou restringir as intervenções existentes em água subterrânea, estabelecendo, neste caso, o volume máximo total a ser extraído, os regimes de operação e os usos admissíveis;
- definir o distanciamento mínimo entre os poços;
- revogar ou suspender a outorga do direito de uso de recursos hídricos;
- controlar as fontes de poluição existentes, mediante programa específico de ações;
- estabelecer programas específicos de monitoramento e consequentes ações corretivas;
- proibir ou restringir a implantação de novas atividades potencialmente poluidoras; e
- adotar outras medidas correlatas que se fizerem necessárias.

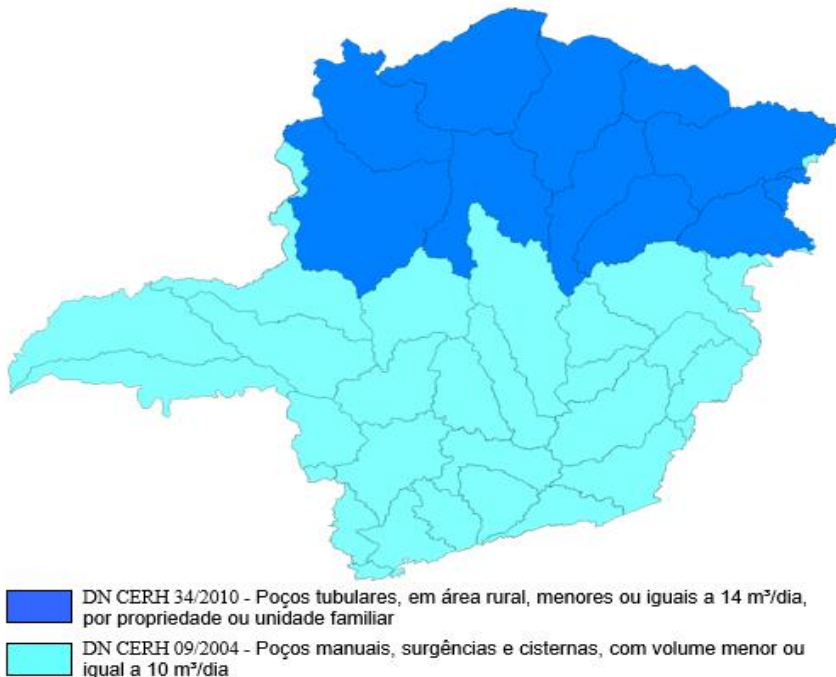
Contudo, pode-se citar alguns fatores que implicam na definição de áreas: risco geológico; contaminação antrópica;

características hidrogeoquímicas naturais e superexploração (MINAS GERAIS, 2017).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

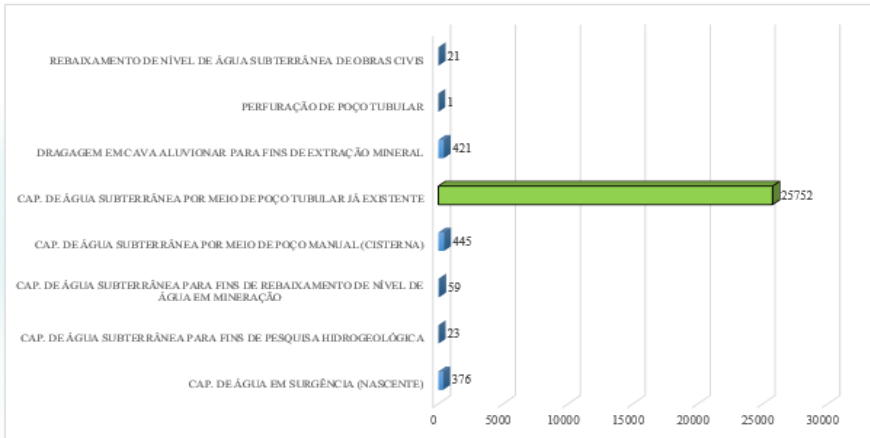
Foram realizadas as análises dos dados do período de 04/01/2010 a 20/05/2021, somando 27.098 outorgas, entre deferidas e renovadas, nas UPGRH/Circunscrições Hidrográficas, em Minas Gerais (IGAM, 2021).

Contudo, analisando as informações dos dados do IGAM (2021), entre os modos de uso do recurso hídrico subterrâneo no estado de Minas Gerais, destaca-se a captação de água subterrânea por meio de poço tubular já existente, **com 25.752 outorgas**, o que corresponde a **95,03%**, conforme Figuras 2 e 3.



**Figura 2** – Usos considerados insignificantes

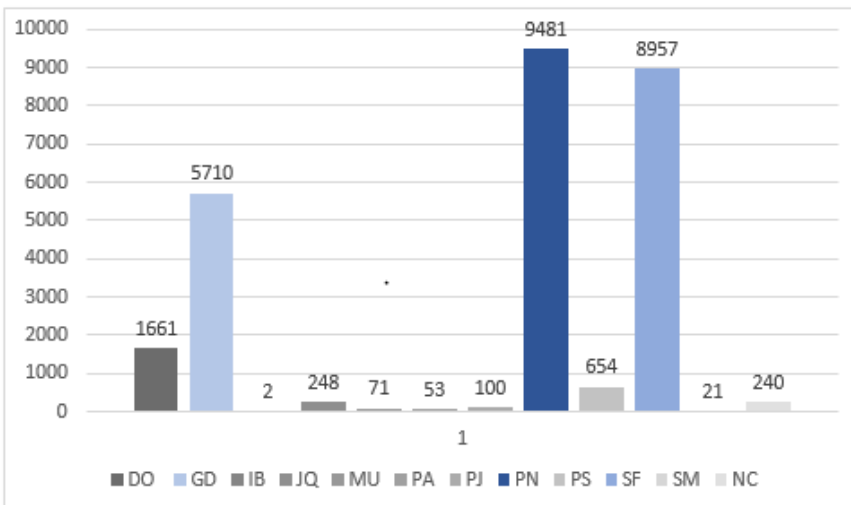
**Fonte:** Adaptado de IGAM, 2021.



**Figura 3** – Modo de uso do recurso hídrico em MG – 01/2010 a 05/2021.

**Fonte:** IGAM, 2021 - adaptados pelos autores

Em estudo, o número de outorga subterrâneas por circunscrições hidrográficas. A Figura 4 apresenta em primeiro lugar, com 9481 outorgas, a PN – bacia hidrográfica do Rio Paranaíba; respectivamente com 8957 outorgas, a SF – bacia hidrográfica do Rio São Francisco; e com 5710 outorgas, a GD – bacia hidrográfica do Rio Grande.



**Figura 4** – N.º de Outorgas Subterrâneas x Circunscrições Hidrográficas.

**Fonte:** IGAM, 2021 - adaptados pelos autores.

## CONCLUSÃO

Assim pode-se concluir que, com o desenvolvimento da pesquisa, destaca-se a importância dos principais fatores que implicam na definição de áreas de recursos hídricos subterrâneos, como por exemplo o monitoramento de águas subterrâneas, disponibilidade hídrica dos aquíferos, critérios e limites exploráveis por aquíferos, entre outros.

Contudo, precisa-se ter o aprimoramento no conhecimento da relação entre águas superficiais e subterrâneas nas bacias hidrográficas para alcançar dados a fim de realizar uma gestão integrada da água superficial e a água subterrânea de forma eficaz, que contribua para o uso racional do recurso hídrico disponível.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecimentos também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N.º 2717/2015, pelo apoio técnico-científico aportado até o momento.

Agradecemos também nossa colega de turma, Januária da Fonseca Malaquias, pelo auxílio quanto aos levantamentos e tratativas das informações no decorrer do desenvolvimento do estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Lei Federal n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX

do artigo 21 da CF, e altera o artigo 1º. da Lei n. 8.001, de 13.03.1990, que modificou a Lei n. 7.990, de 28.12.1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)>. Acesso em: 01 mai. 2021.

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas, maio de 2021. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/>>. Acesso em: 22 maio 2021.

\_\_\_\_\_. **Manual Técnico e Administrativo de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais (2010).**

Disponível em:

<<http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/864>>. Acesso em: 24 maio 2021.

MELO, M. C. **Regulação e Monitoramento de Água Subterrânea no Estado de Minas Gerais**, novembro de 2018. Apresentação de *PowerPoint*.

MINAS GERAIS. **Sistema de legislação Ambiental (SLA).**

Disponível em:

<<http://www.siam.mg.gov.br/sla/action/Consulta.do>>. Acesso em: 22 maio 2021.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999.** Política Estadual de Recursos Hídricos e dá Outras Providências. Belo Horizonte, MG.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 13.771 de 11 de dezembro de 2000.** Dispõe sobre a administração, a proteção e a conservação das águas subterrâneas de domínio do Estado e dá outras providências. Belo Horizonte, MG.

\_\_\_\_\_. **Deliberação Normativa CERH nº 34, de 16 de agosto de 2010.** Define o uso insignificante de poços tubulares localizados nas Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos que menciona e dá outras providências. Belo Horizonte, MG.

Disponível em:

<<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=14468>>.  
Acesso em: 21 de maio de 2021.

\_\_\_\_\_. **Deliberação Normativa CERH n° 09, Deliberação Normativa CERH - MG n° 09, de 16 de junho de 2004.** Define os usos insignificantes para as circunscrições hidrográficas no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=209>> . Acesso em: 21 de maio de 2021.

\_\_\_\_\_. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM n° 05, de 14 de setembro de 2017.** Estabelece diretrizes e procedimentos para a definição de áreas de restrição e controle do uso das águas subterrâneas e dá outras providências. Belo Horizonte, MG. Disponível em: <<https://cdn.agenciapeixe vivo.org.br/files/uploads/2017/10/DN-CONJUNTA-COPAM-CERH-N%C2%BA-05-DE-14-DE-SETEMBRO-DE-2017.pdf>> . Acesso em: 21 de maio de 2021.

\_\_\_\_\_. **Decreto n° 47.705, de 04 de setembro de 2019.** Estabelece normas e procedimentos para a regularização de uso de recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=49498>> . Acesso em: 22 de maio de 2021.

\_\_\_\_\_. **Portaria IGAM n° 48, de 04 de outubro de 2019.** Estabelece normas suplementares para a regularização dos recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Belo Horizonte, MG. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=49719>> . Acesso em: 21 de maio de 2021.

PORTAL INFOHIDRO. **Informações sobre recursos hídricos: Regulação de uso de recursos hídricos.** Disponível em: <<http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/regulacao-de-usos-de-recursos-hidricos>> . Acesso em: 22 maio e 2021.

## CAPÍTULO 58

# INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO MUNICÍPIO DE CANAVIEIRAS–BAHIA

Eulália Pessin Silva<sup>217</sup> & Davi Santiago Aquino<sup>218</sup>

### INTRODUÇÃO

No contexto do gerenciamento de recursos hídricos, a Lei Federal n.º 9.433 de 8 de janeiro de 1997 preconiza a bacia hidrográfica como a unidade territorial para a qual os planos de gestão resultantes da Política Nacional de Recursos Hídricos se aplicam (BRASIL, 1997). Logo, fatores que alterem o balanço hídrico nas bacias afetam, por conseguinte, a gestão e a disponibilidade destes recursos. Compreende-se bacia hidrográfica como um sistema físico no qual a precipitação constitui o volume de entrada, e a evaporação e o escoamento o volume de saída (SILVEIRA, 2015). No Brasil, dentre as diversas formas de precipitação existentes, a mais recorrente é a pluvial, ou seja: chuva. Como essa forma de precipitação representa uma importante fonte de recurso hídrico nas bacias hidrográficas do país, o estudo e a identificação de possíveis comportamentos anômalos das chuvas, tais como escassez ou abundância, podem auxiliar na caracterização de decorrentes alterações na disponibilidade hídrica regional.

---

<sup>217</sup> Graduanda em Engenharia Civil pelo IFBA Eunápolis. Bolsista FAPESB/IFBA. eulaliaps14@gmail.com

<sup>218</sup> Engenheiro Ambiental. Mestre em Engenharia Civil. Docente e coordenador do Laboratório de Hidráulica do IFBA Campus Eunápolis. davi.aquino@ifba.edu.br

Por se tratar de um fenômeno aleatório e de variabilidade espacial e temporal, as precipitações pluviais são estudadas no campo estatístico. Nesse contexto, uma das metodologias atualmente utilizadas no Brasil para a caracterização do regime de chuvas é o Índice de Anomalia de Chuvas (IAC). Os valores de IAC expressam anomalias positivas ou negativas, que correspondem a desvios relativos à precipitação média anual da série histórica estudada. Na ocorrência de anomalia positiva, tem-se a indicação de período mais úmido, ou com abundância de chuvas. Quando ocorre anomalia negativa, verifica-se período mais seco, ou com escassez de chuvas. A intensidade dessas anomalias será posteriormente classificada pelo presente estudo.

Na área urbana do município de Canavieiras, localizado no litoral sul do estado da Bahia, situa-se a foz da bacia hidrográfica do rio Pardo, cujo rio principal, homônimo à bacia, é a fonte de captação superficial de água para abastecimento público, além de ser manancial de outros usos para a comunidade local. Assim, possíveis alterações na intensidade e/ou frequência de aporte hídrico nessa bacia podem resultar em impactos sobre a gestão dos usos múltiplos de água na localidade.

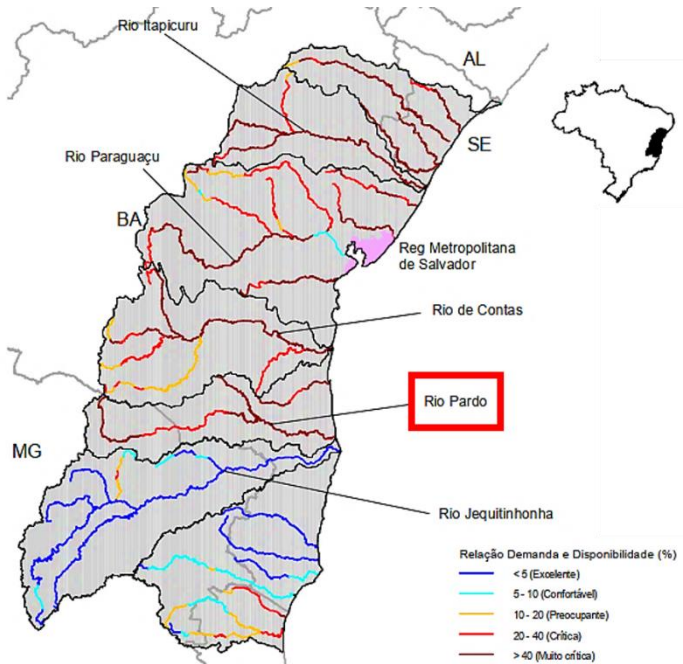
Como até o presente momento a literatura técnica da área não apresenta estudo específico sobre a caracterização do regime de chuvas em Canavieiras, este trabalho objetiva identificar, via determinação e análise dos valores anuais do IAC, possíveis tendências pluviométricas anômalas no referido município, além de fornecer informações que visam a auxiliar os tomadores de decisão na gestão dos recursos hídricos disponíveis.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A área de estudo do presente trabalho foi o município baiano de Canavieiras, no qual localiza-se a foz da bacia hidrográfica do Rio Pardo no Oceano Atlântico. No ano de 2005, a então Agência



Nacional de Águas (ANA) classificou o balanço entre disponibilidade e demanda de recursos hídricos na foz dessa bacia como “muito crítico, por apresentar relação percentual entre demanda e disponibilidade de água acima de 40%”, conforme se observa na Figura 1 (ANA, 2005).



**Figura 1-** Relação entre demanda e disponibilidade hídrica na região hidrográfica do Atlântico Leste, com destaque para o Rio Pardo.

**Fonte:** ANA,2005.

Como o principal aporte de água numa bacia hidrográfica no Brasil é a precipitação pluvial, conforme já abordado, pode-se estudar a disponibilidade hídrica quantitativa pela análise de possíveis tendências anômalas de chuva. Assim, o presente trabalho desenvolveu-se mediante a aplicação da metodologia do índice de anomalia de chuvas (IAC) desenvolvida originalmente por van Rooy (1965) e adaptada por Freitas (1998) para as condições típicas do Nordeste brasileiro.

Devido ao fato de o cálculo dos valores anuais de IAC requerer como dados de entrada alturas pluviométricas referentes à precipitação anual, foi necessária essa obtenção antes da aplicação da metodologia de IAC. Obtiveram-se os dados pluviométricos no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, referentes à estação meteorológica 83398, situada em Canavieiras, Bahia. A estação encontra-se no local cujas coordenadas são 15°40'23.7" de latitude Sul e 38°57'39.8" de longitude Oeste, a uma altitude de 4,71 m (INMET, 2020).

Foram obtidos dados de precipitação mensal para série histórica entre os anos de 1980 a 2019, correspondendo a um total de 480 dados de alturas pluviométricas. Os dados mensais foram sistematizados e agregados em planilhas eletrônicas de modo a estabelecer os totais anuais de precipitação. Como análise preliminar, excluíram-se do processo aqueles anos nos quais ocorreram qualquer ausência de registro de precipitação mensal. Após a conclusão dessa etapa, obteve-se a precipitação média anual pela soma das alturas pluviométricas mensais.

Assim, por intermédio das equações (1) e (2), os valores de IAC foram determinados para cada ano, dentro da série histórica disponível. A equação (1) foi aplicada nos casos de uma anomalia positiva, que corresponde à situação na qual a precipitação anual atual é superior à precipitação média anual da série histórica. Por sua vez, aplicou-se a equação (2) quando a precipitação anual em questão foi inferior à precipitação média anual, o que descreve uma anomalia negativa (FREITAS, 1998).

$$\begin{aligned} \text{IAC} \\ = 3 \left( \frac{N - \bar{N}}{\bar{M} - \bar{N}} \right) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{IAC} = -3 \left( \frac{N - \bar{N}}{\bar{X} - \bar{N}} \right) \quad (2)$$

IAC: índice de anomalia de chuva, adimensional;  
 N: precipitação anual atual, mm;  
 $\bar{N}$ : precipitação média anual da série histórica, mm;  
 $\bar{M}$ : média das dez maiores precipitações anuais da série histórica, mm; e  
 $\bar{X}$ : média das dez menores precipitações anuais da série histórica, mm.

Na sequência, os IAC obtidos foram identificados e agrupados de acordo com sua intensidade, conforme as classes propostas por Araújo et al. (2009), apresentadas na Tabela 1. Por fim, foram utilizados recursos gráficos para analisar a variação temporal dos valores de IAC obtidos na estação estudada.

**Tabela 1.** Classificação das intensidades de anomalias de chuvas

Intervalo de IAC	Classe de intensidade
$IAC > 4,00$	Extremamente úmido
$2,00 < IAC \leq 4,00$	Muito úmido
$0,00 < IAC \leq 2,00$	Úmido
$- 2,00 \leq IAC < 0,00$	Seco
$- 4,00 \leq IAC < - 2,00$	Muito seco
$IAC < - 4,00$	Extremamente seco

**Fonte:** Araújo et al., 2009.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido à ausência de alguns registros mensais, dos 480 dados pluviométricos que compõem a série de 40 anos, somente 381 dados foram efetivamente obtidos. De posse dessas precipitações anuais, determinou-se a precipitação média anual  $\pm$  desvio padrão da série como  $1.707,2 \pm 422,9$  mm. Nessa série, a menor altura pluviométrica anual ocorreu em 1993, com 1145,8mm. Em contrapartida, no ano de 2013 foi identificada a maior altura pluviométrica, com 2925,5mm.

Quanto aos índices de anomalia de chuvas, não foi possível a determinação dos IAC em anos nos quais ocorreram ausências de registros de precipitação mensal. Sendo assim, 28 índices foram calculados, dos quais 14 foram positivos e 14 negativos. Esses índices foram agrupados segundo as classes de intensidade, como apresentado pela Tabela 2.

**Tabela 2.** Agrupamento dos índices de anomalia de chuva segundo classes de intensidade

Classe de intensidade	Quantidade de IAC
Extremamente úmido	3
Muito úmido	5
Úmido	6
Seco	3
Muito seco	9
Extremamente seco	2
Total	28

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Os resultados dos valores anuais dos índices de anomalia de chuva, bem como a variação desses ao longo de toda série histórica, são ilustrados na Figura 2.



**Figura 4-** Variação dos Índices de Anomalias de Chuva de Canavieiras entre 1980 e 2019.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

O maior IAC foi igual a 8,33, sendo relativo ao ano de 2013. Esse resultado positivo indica um período com abundância de chuva, classificado como extremamente úmido. Já o menor IAC foi igual a -4,19, referente ao ano de 1993. Esse resultado expressa

período de escassez de chuva, classificado como extremamente seco. No acumulado para toda a série histórica, o IAC resultou em -2,85, contido, portanto, na classe de intensidade “muito seco”. Assim, durante os anos de 1980 a 2019 a estação registrou, de forma acumulada, um período de escassez de chuva em relação à sua média.

Na série estudada, verificou-se ainda uma maior variabilidade nas anomalias positivas, com média  $\pm$  desvio padrão iguais a  $2,23 \pm 2,33$ . Já para anomalias negativas obteve-se média  $\pm$  desvio padrão é  $-2,44 \pm 1,20$ . Logo, as anomalias negativas determinadas apresentaram menor variação em relação à própria medida central de -2,44, que também pertence à classe “muito seco”. Quando comparados, os índices positivos possuem uma maior amplitude, com resultados entre 0,02 e 8,33.

A despeito daqueles anos para os quais não foi possível a determinação de IAC por ausência de dados, no período entre 1980 e 1998 da série histórica verificou-se predominância de anomalias negativas, porém, entre 1998 e 2019, eventos úmidos tornaram-se mais frequentes, incluindo aqueles extremamente úmidos, como os identificados nos anos de 1999, 2005 e 2013.

Em alguns intervalos contidos na série ocorreram mudanças consideráveis no perfil do regime de chuvas de um ano para o outro, como em 1998/1999, em que, de uma anomalia negativa indicando 1998 como período muito seco, tem-se o ano seguinte, 1999, classificado como extremamente úmido. Fato similar ocorreu nos anos 2012/2013. Já nos últimos dois anos abrangidos pela série, de um período muito úmido, em 2018, passa-se ao extremamente seco em 2019.

Os eventos úmidos que passaram a ocorrer após 1998 podem ter afetado a disponibilidade dos recursos hídricos positivamente. Contudo, destaca-se que a alternância entre abundância e escassez de chuvas, evidenciada pela variação de IAC nas últimas duas décadas da série, indica um desafio aos tomadores de decisão sobre

a gestão dos recursos. Assim, os gestores devem estar atentos à ocorrência de eventos seguidos com características opostas, tais como aqueles verificados nos períodos 2004/2005; 2012/2013; 2018/2019. Essa alternância de eventos com significados opostos pode ser um indicativo da necessidade de uma cuidadosa gestão hídrica na região da foz da bacia hidrográfica do Rio Pardo, visando assegurar a disponibilidade hídrica e o acesso à água por parte dos seus múltiplos usuários.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo para caracterização do regime de chuvas desenvolvido mediante determinação dos índices de anomalia de chuvas para o município de Canavieiras permitiu identificar que a partir do ano de 1998 passou a ocorrer uma maior variabilidade nas precipitações pluviométricas, com mais expressiva alternatividade entre períodos secos e úmidos. Os eventos extremamente úmidos nas últimas duas décadas possibilitaram que o índice de anomalia acumulado não expressasse o período como “extremamente seco”, uma vez que os IAC negativos estão mais próximos do valor médio de -2,44, contribuindo, deste modo, para que o IAC acumulado da série fosse -2,85 classificado, portanto, como “muito seco”.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA, Agência Nacional de Águas. **Disponibilidade e Demandas de recursos hídricos no Brasil**. Disponível em: <<https://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20DisponibilidadeDemanda.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2021.

ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Classificação da precipitação anual e da quadra chuvosa da bacia do rio Paraíba utilizando índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Ambi-Água**, Taubaté, v. 4, n.3, p. 93-110, 2009.

BRASIL. **Lei Federal Nº 9.433 de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento

de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1997.

FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semiáridas. **Revista Tecnologia, Fortaleza**, v. 19, n. 1, p. 19-30, jun. 1998.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de dados meteorológicos**. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 27 out. 2020.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: Tucci, C. E. M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2015. 944p.

VAN ROOY, M. P. A Rainfall Anomaly Index independent of time and space. **Notos**, v. 14, n. 43, 1965.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abastecimento, 60, 85, 315,  
509, 575, 578, 607  
Abunã, 626, 649, 651, 652, 653,  
654, 658, 662, 663, 664, 665,  
666, 667, 668, 693, 764  
ADCP, 388, 389, 390, 391, 393  
Agenda 2030, 95, 104, 106, 111,  
413, 414, 418, 579, 580, 824,  
826, 830, 832, 836  
Agrotóxicos, 352, 372, 492, 513  
Água, 13, 15, 20, 21, 22, 23, 24,  
25, 26, 27, 29, 36, 37, 41, 43,  
44, 48, 62, 75, 85, 87, 92, 101,  
102, 109, 110, 118, 119, 139,  
143, 144, 159, 177, 183, 203,  
204, 221, 243, 245, 281, 315,  
358, 359, 418, 562, 570, 573,  
575, 576, 578, 579, 582, 585,  
597, 607, 613, 619, 644, 648,  
650, 670, 671, 687, 688, 690,  
693, 710, 712, 714, 715, 716,  
721, 722, 723, 724, 726, 727,  
728, 729, 734, 735, 760, 761,  
762, 774, 780, 797, 799, 824,  
825, 844, 870, 880, 889  
Amazonas, 145, 151, 223, 224,  
226, 227, 236, 237, 238, 347,  
375, 388, 390, 391, 441, 456,  
603, 646, 672, 714, 763, 764,  
772, 782, 838

Amazônia, 13, 15, 16, 17, 18,  
178, 179, 180, 198, 236, 237,  
319, 320, 321, 344, 348, 394,  
401, 420, 448, 453, 454, 455,  
460, 461, 549, 590, 632, 646,  
661, 668, 689, 716, 723, 724,  
727, 728, 730, 731, 732, 733,  
734, 735, 774, 799, 821, 836,  
838, 844, 871  
ANA, 20, 23, 24, 25, 26, 32, 34,  
39, 41, 42, 43, 44, 48, 74, 77,  
78, 79, 81, 82, 84, 88, 90, 91,  
123, 124, 126, 132, 143, 151,  
153, 159, 160, 177, 236, 292,  
296, 300, 301, 303, 306, 315,  
316, 323, 343, 388, 389, 393,  
417, 476, 477, 521, 567, 571,  
573, 581, 597, 601, 603, 604,  
606, 607, 622, 624, 635, 639,  
642, 648, 649, 652, 654, 656,  
658, 667, 669, 677, 687, 688,  
693, 697, 699, 700, 710, 712,  
760, 763, 772, 780, 781, 782,  
783, 784, 786, 788, 791, 793,  
794, 795, 797, 803, 824, 827,  
831, 835, 836, 843, 859, 864,  
866, 869, 870, 879, 884, 889

### B

bacia hidrográfica, 21, 23, 32,  
47, 50, 51, 53, 54, 55, 69, 73,  
74, 124, 125, 127, 128, 130,



133, 142, 249, 250, 282, 284,  
295, 299, 303, 304, 321, 322,  
348, 374, 375, 376, 378, 381,  
386, 465, 479, 514, 515, 516,  
518, 519, 520, 521, 523, 525,  
532, 554, 557, 565, 566, 574,  
623, 627, 649, 650, 651, 652,  
676, 688, 692, 696, 701, 704,  
705, 707, 708, 710, 733, 735,  
763, 764, 765, 766, 768, 771,  
774, 781, 782, 799, 802, 815,  
835, 841, 857, 861, 862, 863,  
864, 868, 869, 870, 878, 882,  
883, 884, 889, 890

### C

coliformes fecais, 204, 212,  
213, 562, 675, 676, 678, 683,  
684, 685, 686, 758  
Colonização, 527, 732, 766  
Comitê de Bacia, 48, 146, 508  
Comitês, 17, 18, 23, 24, 30, 32,  
45, 86, 136, 137, 139, 141,  
144, 469, 512  
Conflitos, 178, 646  
Consumo, 460, 710, 760, 825  
Contaminação, 738

### D

Degradação, 773  
Desenvolvimento Sustentável,  
20, 102, 104, 106, 134, 414,  
493, 516, 615, 650, 671, 824,  
825, 826, 832  
Desmatamento, 402, 461

Direitos Fundamentais, 119  
Direitos Humanos, 100, 102,  
107, 113, 117, 282

### E

*Eco-friendly*, 491, 492, 494, 495,  
496  
Economia Circular, 492  
Educação Ambiental, 39, 435,  
436, 437, 438, 439, 448, 458,  
459, 460, 462, 464, 477, 497,  
505, 508, 519, 520, 522, 540,  
541, 573, 583, 584, 585, 586,  
587, 588, 589, 590, 825, 826,  
851  
Efluentes, 204, 418, 604, 607  
Embalagens, 483, 484, 491,  
492, 495  
Ensino Técnico, 463  
erosão, 57, 185, 236, 242, 276,  
288, 373, 383, 405, 407, 408,  
409, 472, 503, 523, 624, 643,  
660, 665, 722, 726, 729, 812  
Esgotamento Sanitário, 85,  
578, 602, 798  
Eutrofização, 418

### G

Geotecnologias, 296, 387  
Gestão, 15, 18, 19, 20, 23, 27,  
31, 35, 38, 42, 43, 44, 45, 47,  
48, 49, 52, 72, 76, 91, 94, 120,  
128, 132, 133, 136, 143, 145,  
151, 153, 159, 178, 222, 236,  
246, 282, 284, 289, 348, 388,

409, 411, 412, 417, 434, 462,  
463, 466, 476, 477, 497, 514,  
515, 521, 523, 524, 531, 532,  
550, 592, 597, 600, 608, 622,  
642, 644, 645, 646, 647, 648,  
652, 673, 687, 692, 710, 712,  
779, 782, 797, 798, 799, 800,  
824, 826, 835, 837, 843, 844,  
852, 859, 861, 869, 872, 873,  
879, 880

Guanabara, 50, 51, 52, 53, 54,  
55, 56, 57, 60, 65, 67, 68, 69,  
71, 73, 74, 75, 246, 247, 249,  
250, 253, 255, 256, 257, 258,  
260, 261, 263, 270, 272, 273,  
274, 713

## H

hospitalar, 594, 596, 599

## I

inundações, 36, 60, 61, 182,  
184, 185, 186, 187, 190, 192,  
193, 194, 195, 196, 299, 303,  
374, 386, 407, 609, 715, 806,  
812, 815, 861, 868, 869

Irrigação, 509, 824, 827, 831,  
836

## L

Legislação, 150, 352, 739, 760

## M

Manejo, 491, 492, 509

Mapeamento, 61, 297, 532,  
734, 774

meio ambiente, 85, 99, 101,  
108, 109, 125, 133, 146, 151,  
164, 174, 177, 199, 214, 250,  
302, 351, 352, 353, 354, 373,  
403, 413, 422, 423, 432, 433,  
434, 435, 436, 439, 440, 441,  
442, 443, 444, 445, 451, 452,  
455, 458, 462, 480, 481, 485,  
486, 490, 497, 507, 508, 510,  
515, 518, 522, 532, 534, 538,  
541, 583, 584, 585, 587, 641,  
649, 706, 730, 773, 836, 855

Meio ambiente, 542

Microbacia, 289, 544, 548

## O

Óbidos, 388, 389, 390, 391, 392  
outorga, 26, 33, 78, 121, 122,  
124, 125, 126, 127, 128, 129,  
130, 131, 132, 286, 595, 605,  
649, 780, 809, 825, 827, 872,  
873, 876, 878

## P

Peixes, 293, 643

Percepção ambiental, 461, 851  
petróleo, 48, 200, 206, 218, 219,  
220, 490

Piscicultura, 417, 418

plásticos, 247, 252, 255, 256,  
383, 422, 433, 480, 483, 484,  
489, 490, 494, 616

Potencial Hidrogeniônico, 206,  
754

Preservação, 128, 148, 166,  
233, 287, 437, 438, 440, 441,  
509, 544, 612, 640, 641, 742

## Q

QualiÁgua, 780, 781, 783, 784,  
785, 787, 789, 790, 792, 793,  
795

Qualidade da água, 280, 281,  
643, 737

## R

Reciclagem, 247

Recursos Hídricos, 13, 14, 15,  
16, 17, 18, 20, 24, 25, 27, 30,  
32, 35, 42, 43, 44, 45, 47, 48,  
76, 77, 78, 88, 89, 91, 92, 93,  
94, 108, 114, 117, 120, 121,  
124, 128, 131, 132, 133, 134,  
135, 136, 143, 144, 145, 151,  
153, 154, 155, 156, 159, 160,  
222, 236, 238, 246, 263, 274,  
281, 282, 283, 286, 289, 316,  
348, 349, 370, 411, 417, 419,  
463, 464, 466, 475, 476, 477,  
514, 515, 521, 523, 524, 531,  
573, 577, 581, 582, 592, 595,  
597, 600, 607, 608, 614, 622,  
625, 628, 634, 642, 644, 645,  
646, 647, 648, 649, 650, 670,  
671, 673, 687, 690, 691, 692,  
710, 711, 712, 772, 773, 774,  
779, 780, 782, 783, 793, 797,

798, 799, 800, 824, 826, 835,  
836, 837, 843, 844, 845, 850,  
852, 859, 861, 869, 870, 871,  
872, 875, 879, 880, 882, 889

Reúso, 604, 607

Rios, 18, 22, 26, 27, 40, 49, 178,  
246, 248, 249, 272, 273, 389,  
393, 531, 550, 579, 581, 647,  
720, 836

Rondônia, 15, 17, 18, 200, 202,  
218, 283, 289, 290, 296, 319,  
348, 350, 375, 387, 395, 402,  
411, 415, 417, 419, 421, 423,  
424, 426, 428, 429, 430, 431,  
432, 435, 438, 441, 456, 507,  
510, 512, 513, 515, 521, 524,  
527, 531, 532, 534, 590, 608,  
623, 625, 626, 627, 628, 632,  
638, 642, 643, 644, 645, 646,  
647, 650, 651, 652, 653, 655,  
657, 670, 671, 676, 679, 683,  
685, 686, 687, 688, 689, 690,  
691, 692, 693, 696, 698, 699,  
702, 704, 710, 711, 712, 713,  
714, 725, 729, 731, 734, 735,  
736, 737, 740, 763, 764, 765,  
773, 779, 781, 782, 783, 793,  
797, 798, 799, 800, 824, 825,  
826, 827, 830, 833, 834, 835,  
838, 839, 841, 843, 844, 862,  
863, 866, 869, 870, 871

## S

Saneamento, 24, 43, 48, 51, 52,  
54, 56, 67, 72, 75, 76, 77, 79,

84, 87, 88, 89, 91, 92, 102,  
110, 113, 118, 119, 134, 167,  
281, 347, 388, 470, 471, 477,  
551, 563, 567, 571, 573, 575,  
578, 579, 581, 582, 601, 602,  
607, 622, 624, 635, 639, 643,  
648, 650, 693, 697, 699, 737,  
780, 784, 797, 803, 824, 827,  
836, 861, 864, 870, 872  
Santa Catarina, 27, 49, 136,  
137, 138, 139, 140, 141, 142,  
144, 145, 221, 590, 730, 731,  
822  
Saúde Ambiental, 508, 513  
Secas, 344, 846, 850, 890  
Sedimentos, 393  
solidariedade, 35, 41, 432, 433,  
434, 529, 586  
solo, 16, 17, 146, 147, 148, 149,  
150, 156, 164, 190, 194, 195,  
199, 201, 212, 217, 219, 223,  
231, 232, 234, 237, 244, 249,  
275, 276, 279, 281, 283, 288,  
301, 302, 303, 304, 307, 311,  
312, 313, 314, 315, 370, 372,  
373, 374, 380, 381, 382, 383,  
394, 395, 396, 399, 406, 408,  
441, 442, 443, 444, 446, 456,  
473, 502, 503, 504, 505, 507,  
514, 523, 529, 532, 543, 597,

608, 609, 610, 611, 612, 613,  
614, 623, 624, 627, 631, 632,  
634, 638, 643, 651, 660, 690,  
692, 715, 722, 726, 729, 730,  
734, 738, 744, 766, 767, 768,  
774, 794, 806, 812, 848, 849,  
851, 862, 875  
sustentabilidade, 16, 30, 37, 41,  
42, 56, 68, 82, 84, 85, 87, 121,  
122, 124, 125, 126, 127, 128,  
129, 130, 131, 132, 133, 134,  
135, 150, 176, 230, 288, 394,  
413, 416, 420, 422, 432, 434,  
435, 461, 481, 486, 489, 490,  
492, 493, 498, 505, 533, 578,  
585, 586, 598, 825, 830, 835,  
853, 854, 855, 856, 859, 860

## **T**

transposição, 553, 557, 572

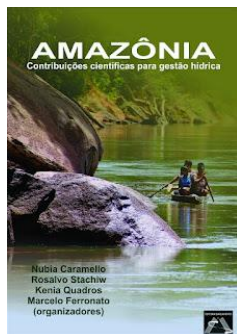
## **U**

Uso e ocupação, 281, 690

## **V**

Vazão, 285, 287, 349, 391, 570,  
654, 656, 658, 667, 817, 818,  
820

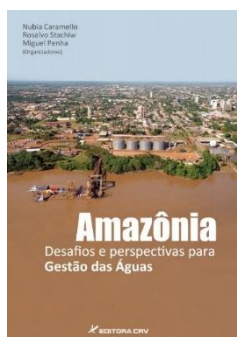
## Conheça outras obras publicadas a partir do Simpósio de Recursos Hídricos



Editora: BARLAVENTO  
Organizadores: Nubia Caramello, Rosalvo Stachiw, Kenia Quadros, Marcelo Ferronato  
ISBN:978-85-68066-97-3  
Ano de edição: 2019  
Número de páginas: 621  
Formato do Livro: 16x23 cm



**Editora:** [CRV](#)  
Organizadores: Rosalvo Stachiw e Nubia Caramello  
ISBN:978-85-444-0827-8  
Ano de edição: 2016  
Número de páginas: 528  
Formato do Livro: 16x23 cm



**Editora:** [CRV](#)  
Organizadores: Nubia Caramello, Rosalvo Stachiw, Miguel Penha  
ISBN:978-85-444-0388-4  
Ano de edição: 2015  
Número de páginas: 368  
Formato do Livro: 16x23 cm



**Editora:** [CRV](#)  
Organizadores: Nubia Caramello, Irene Carniatto, Zairo Pinheiro, Mônica dos Santos Marçal  
ISBN:978-85-8042-255-9  
Ano de edição: 2011  
Número de páginas: 282  
Formato do Livro: 16x23 cm

Quem sabe viver, vive aqui  
Olhando a água da chuva cair  
De forma serena e pura  
Aqui não se adoce, aqui se cura.

Bem vindo ao vale do Jari  
Minha vida e minha história  
Eu devo a ti.

(...)

Com as minhas cinzas jogadas na  
cachoeira  
De santo Antônio que tem águas  
milagreiras  
Mas, de ti eu falarei... Das castanheiras,  
Açaí e o buriti e outras palmeiras...  
Da BR 1.5.6 até às tuas ribeiras  
(...)



Trecho do Poema **BEM-VINDO AO VALE DO JARI**  
Autoria: **Sérgio Almeida**, artista e acadêmico de Biologia

