



Universidade Federal do Amapá  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais



JIMAINÉ NASCIMENTO GUEDES

INFLUÊNCIA SAZONAL NA QUALIDADE DA ÁGUA E SALINIZAÇÃO NA FOZ DO  
RIO AMAZONAS.

MACAPÁ - AP

2023

JIMAINÉ NASCIMENTO GUEDES

INFLUÊNCIA SAZONAL NA QUALIDADE DA ÁGUA E SALINIZAÇÃO NA FOZ DO  
RIO AMAZONAS.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade Federal do Amapá, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Drº.Daímio Chaves Brito

MACAPÁ - AP

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP  
Elaborado por Maria do Carmo Lima Marques – CRB-2 / 989

---

- G924i Guedes, Jimaine Nascimento.  
Influência sazonal na qualidade da água e salinização na foz do rio Amazonas. / Jimaine Nascimento Guedes. Macapá: Unifap, 2023.  
1 recurso eletrônico. 31 folhas.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Macapá, 2023.  
Orientador: Daímio Chaves Brito.
- Modo de acesso: World Wide Web.  
Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).
1. Amapá. 2. Bailique. 3. Água Potável. I. Brito, Daímio Chaves, orientador. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 577

---

GUEDES, Jimaine Nascimento. **Influência sazonal na qualidade da água e salinização na foz do rio Amazonas**. Orientador: Daímio Chaves Brito. 2023. 31 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2023.

## JIMAINÉ NASCIMENTO GUEDES

### INFLUÊNCIA SAZONAL NA QUALIDADE DA ÁGUA E SALINIZAÇÃO NA FOZ DO RIO AMAZONAS.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade Federal do Amapá, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Aprovada em 13 de janeiro de 2023

#### BANCA EXAMINADORA

**Assinado Eletronicamente**

---

Dáimio Chaves Brito – Universidade do Estado do Amapá (UEAP)

**Assinado Eletronicamente**

---

Marcela Nunes Videira – Universidade do Estado do Amapá (UEAP)

Documento assinado digitalmente



**JOEL ESTEVAO DE MELO DINIZ**

Data: 28/02/2023 12:58:45-0300

Verifique em <https://verificador.jti.br>

João Estevão de Melo Diniz - Universidade Federal do Amapá (UNIFAP)

**Assinado Eletronicamente**

---

Francisco Diniz da Silva – Universidade do Estado do Amapá (UEAP)



Cód. verificador: 140843550. Cód. CRC: 6120FEA

Documento assinado eletronicamente por FRANCISCO DINIZ DA SILVA, DOCENTE/CHEFE DA DACAE DEC. 1428/2020, em 28/02/2023 12:37, MARCELA NUNES VIDEIRA em 28/02/2023 11:36 e outros, conforme decreto nº 0829/2018. A autenticidade do documento pode ser conferida no site: <https://sigdoc.ap.gov.br/autenticador>



## **AGRADECIMENTOS**

A minha mãe, Jeane Nascimento de Matos que sempre esteve ao meu lado, acreditando nos meus sonhos e sonhando comigo.

Ao meu orientador Prof<sup>o</sup>. Dr. Daimio Chaves Brito, pela orientação, oportunidade e confiança no desenvolvimento deste trabalho, pelos momentos de ensinamento em campo e em laboratório.

A minha família, pais, irmãs e irmão, tias e tios, pelo amor, respeito e incentivo, vocês foram fundamentais acreditaram em mim e sempre me estimulam a ser melhor.

Aos meus amigos Julianne Stefani, Celiane Brasil, Felipe Reyna pela paciência, conselhos e por serem as pessoas que me acalmavam quando senti que não conseguiria concluir esse ciclo, em especial ao Jorge Ângelo Simões Malcher, pelo suporte não só nas coletas e análises, mas pela parceria, por ser ombro amigo sempre que precisei.

Aos colegas do curso de mestrado do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, pelo companheirismo.

Aos professores do Programa de Pós-graduação por todo conhecimento compartilhado, em especial ao Coordenador do curso Prof<sup>o</sup>. Dr. Alexandre Fiorentino, pela paciência e cuidado que teve com a turma.

Aos membros da banca examinadora, Dra. Marcela Nunes Videira, Dr. Joel Estevão de Melo Diniz e Dr. Francisco Diniz da Silva por aceitarem o convite e por analisar e contribuir para o enriquecimento deste trabalho.

## RESUMO

GUEDES, J. N. **Influência sazonal na qualidade da água e salinização na foz do rio Amazonas**. 32 f. Dissertação – Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2023.

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE sinalizam para a baixa cobertura e monitoramento de sistemas de saneamento básico na região amazônica, região que comporta a maior concentração de água doce no Brasil. Fato que pode corroborar para a não garantia da qualidade da água principalmente em comunidades ribeirinhas. Assim, objetivou-se avaliar a qualidade da água bruta superficial e captada pelas comunidades de duas localidades ao longo do rio Amazonas no estado do Amapá, Arquipélago do Bailique mais a foz e comunidades na localidade do Beira Amazonas mais a montante. Os estudos foram desenvolvidos através de análise estatística pelos testes de Kruskal-Wallis e ANOVA sintetizados em dendrogramas para variação espacial e sazonal dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, com valores comparados aos limites permitidos pela legislação. Os resultados indicaram diferença sazonal dos parâmetros analisados, com maiores concentrações de matéria presentes na água em períodos de maior precipitação. Quanto a qualidade da água, houve frequente presença de coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* em águas de consumo humano, indicando a não eficácia do tratamento realizado pelos ribeirinhos em grande parte dos pontos de coleta nas duas localidades. Para comunidades mais a foz do rio Amazonas, no Arquipélago do Bailique, houve altos valores de salinidade da água superficial caracterizando-a como salobra, principalmente nos períodos de seca. O estudo sugere-se que esta salinização está sendo causada pela intrusão de água salina através do canal Urucurituba que conectou os rios Araguari e Amazonas.

Palavras-chave: Amapá, Bailique, Água potável.

## ABSTRACT

GUEDES, J. N. **Seasonal influence on water quality and salinization at the mouth of the Amazon River**. 32 p. Master Thesis – Department of Environment and Development, Federal University of Amapá, Macapá, 2023.

Data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics - IBGE point to the low coverage and monitoring of basic sanitation systems in the Amazon region, a region with the highest concentration of fresh water in Brazil. This fact can corroborate the non-guarantee of water quality, especially in riverside communities. Thus, the objective was to evaluate the quality of raw surface water collected by communities in two locations along the Amazon River in the state of Amapá, Bailique Archipelago further upstream and communities in the Beira Amazonas location further upstream. The studies were developed through statistical analysis by Kruskal-Wallis and ANOVA tests synthesized in dendrograms for spatial and seasonal variation of physical, chemical and microbiological parameters, with values compared to the limits allowed by legislation. The results indicated a seasonal difference in the analyzed parameters, with higher concentrations of matter present in the water in periods of greater precipitation. As for water quality, there was a frequent presence of thermotolerant coliforms and *Escherichia coli* in water for human consumption, indicating the ineffectiveness of the treatment carried out by riverside dwellers in most of the collection points in both locations. For communities closer to the mouth of the Amazon River, in the Bailique Archipelago, there were high values of salinity in the surface water, characterizing it as brackish, especially in periods of drought. The study suggests that this salinization is being caused by the intrusion of saline water through the Urucurituba channel that connected the Araguari and Amazon rivers.

Keywords: Amapá, Bailique, Drinking water.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>9</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Geral .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Específicos .....</b>	<b>10</b>
<b>3 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>11</b>
<b>Influência sazonal na qualidade da água e salinização na foz do rio Amazonas.....</b>	<b>13</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
<b>Área de estudo.....</b>	<b>14</b>
<b>Delineamento experimental.....</b>	<b>15</b>
<b>Análise Estatística.....</b>	<b>17</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>18</b>
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>19</b>
<b>Qualidade da água em residências.....</b>	<b>19</b>
<b>Qualidade da água bruta superficial.....</b>	<b>20</b>
<b>Salinização na foz do Amazonas.....</b>	<b>22</b>
<b>Variação espacial e sazonal dos parâmetros da qualidade da água.....</b>	<b>24</b>
<b>Similaridade espacial.....</b>	<b>25</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>27</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A água é o elemento mais importantes na terra e segundo (Sperling, 2006), de toda água distribuída pelo planeta, aproximadamente 97,07% representam as águas oceânicas e 2,93% águas não oceânicas, destes 1,91%; 0,98%; 0,016% e 0,00009% representam geleiras, águas subterrâneas, lagos e rios, respectivamente.

No Brasil a disponibilidade de água é relativamente confortável, porém é distribuída de maneira disforme, pois 80% da vazão dos rios está na região amazônica. Entretanto, mesmo havendo um alto nível de disponibilidade na região a qualidade não é garantida, pois é especialmente precária em regiões afastadas de grandes centros urbanos como ocorre na região amazônica (Giatti, 2007).

No Brasil a Lei nº. 11.445/2007 institui o Plano Nacional de Saneamento Básico (PNSB), que o trata como um conjunto de serviços e infraestruturas que objetiva a universalização e oferta de saneamento básico (Brasil, 2007) porém a realidade é diferente, pois Estados da região amazônica, principalmente o Estado do Amapá, informaram a precariedade na oferta e monitoramento de serviços de oferta de água e tratamento de esgoto (IBGE, 2017).

Diante dos dados informados pelo IBGE, criou-se preocupação com a qualidade da água consumida pela população rural e principalmente, famílias ribeirinhas, uma vez que essas populações vivem em condições de isolamento geográfico na Amazônia, sendo expostas à riscos e agravos de saúde ligeiramente diferentes da população urbana. Segundo (Brasil, 2006) a população rural não é contemplada com serviços de saneamento e sofrem constantemente diante das condições precárias de abastecimento de água, esgotamento sanitário e disposição de resíduos sólidos, mesmo havendo arcabouços legais que garantam serviços básicos como o saneamento.

Atrelado aos baixos índices de monitoramento e cobertura de saneamento básico, vigorou no Estado do Amapá, lei inconstitucional que garantia até 2016 atividades do agronegócio sem prévio estudo de impacto ambiental (STF 2020). Santos et al. 2014 destaca a necessidade de estudos espaço-sazonais no ecossistema amazônico, a fim de compreender fatores que influem sobre a variação da qualidade da água e ciclos hidrológicos, com destaque para a sazonalidade e espacialidade a montante e a jusante. Fatores que influem sobre aspectos físicos, químicos e biológicos.

Dados pertinentes à saneamento básico na Amazonia ainda são bastante escassos, principalmente quando se trata de comunidades ribeirinhas, não é possível verificar dados que informem as reais condições da água utilizada por essas comunidades. Bárbara et al. (2010) e Neto et al.(2021) destacam a pouca quantidade de estudos a respeito dos recursos hídricos no estado do Amapá. Vale destacar diante do exposto, a inexistência do Comitê de Bacias Hidrográficas do rio Amazonas no estado do Amapá refletindo diretamente no acesso a direitos básicos (Furlan e Pires 2017).

Dessa forma o presente trabalho analisou e comparou resultados dos parâmetros com a legislação, para a qualidade da água de corpos hídricos: resolução 357/2005-CONAMA e superficiais e águas de consumo humano, quanto sua potabilidade os dados foram comparados à da Portaria Nº 5/2017 do Ministério da Saúde. Com intuito fazer um levantamento acerca da qualidade da água nos distritos do Arquipélago do Bailique e Beira Amazonas, bem como verificar a influência da sazonalidade e espacialidade na qualidade da água.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Realizar monitoramento da qualidade da água em diferentes pontos dos distritos do Arquipélago do Bailique e Beira Amazonas.

### **2.2 Específicos**

- Verificar a influência sazonal na qualidade da água
- Analisar por meio de indicadores microbiológicos, e físico-químicos a qualidade da água.
- Verificar a existência de efeito interativo entre amostras x sazonalidade x pontos de coleta.
- Verificar a existência de similaridade intra e entre as amostras nos pontos de coletas

### 3 REFERÊNCIAS

- Bárbara, V. F., Cunha, A. C. d., Rodrigues, . A. S. d. L. & Siqueira, E. Q. d., 2010. Monitoramento sazonal da azonal da azonal da qualidade da ualidade da ualidade da água do rio Araguari/AP. *Revista Biociências* , 16(1).
- Brasil, 2006. Manual de Saneamento: O. Brasília: Fundação Nacional de Saúde.
- Brasil, 2007. Política Nacional de Saneamento Básico. Lei de Diretrizes Nacionais do Saneamento Básico. Brasília-DF: Lei nº 11.445/2007.
- Furlan, D. V. & Pires, S. M. P., 2017. A problemática do acesso à justiça trabalhista em comunidades ribeirinhas: o caso do Arquipélago do Bailique no Estado do Amapá. *Revista de Direito do Trabalho e Meio Ambiente do Trabalho*, pp. 179-199
- Giatti, L. L., 2007. Reflexões sobre Água de Abastecimento e Saúde Pública: um estudo de caso na Amazônia Brasileira. *Saúde e Sociedade*, 16(1), pp. 134-144.
- IBGE, 2017. IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. [Online] Available at: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=resultados> [Acesso em 2020].
- Neto, J. d. C. F. et al., 2021. Impactos hidroclimáticos de curto prazo no padrão hidrodinâmico de Rio de Estuário Amazônico, Amapá (AP), Brasil. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, jan.
- Sperling, E. v., 2006. Afinal, Quanta Água Temos no Planeta ?. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 11(4), pp. 189-199.

**Influência sazonal na qualidade da água e salinização na foz do rio Amazonas.**

*Artigo submetido ao periódico Acta Amazônica*

*Periódico B1 para Ciências Ambientais*

## **Influência sazonal na qualidade da água e salinização na foz do rio Amazonas.**

### **RESUMO**

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE sinalizam para a baixa cobertura e monitoramento de sistemas de saneamento básico na região amazônica, região que comporta a maior concentração de água doce no Brasil. Fato que pode corroborar para a não garantia da qualidade da água principalmente em comunidades ribeirinhas. Assim, objetivou-se avaliar a qualidade da água bruta superficial e captada pelas comunidades de duas localidades ao longo do rio Amazonas no estado do Amapá, Arquipélago do Bailique mais a foz e comunidades na localidade do Beira Amazonas mais a montante. Os estudos foram desenvolvidos através de análise estatística pelos testes de Kruskal-Wallis e ANOVA sintetizados em dendrogramas para variação espacial e sazonal dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, com valores comparados aos limites permitidos pela legislação. Os resultados indicaram diferença sazonal dos parâmetros analisados, com maiores concentrações de matéria presentes na água em períodos de maior precipitação. Quanto a qualidade da água, houve frequente presença de coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* em águas de consumo humano, indicando a não eficácia do tratamento realizado pelos ribeirinhos em grande parte dos pontos de coleta nas duas localidades. Para comunidades mais a foz do rio Amazonas, no Arquipélago do Bailique, houve altos valores de salinidade da água superficial caracterizando-a como salobra, principalmente nos períodos de seca. O estudo sugere que esta salinização está sendo causada pela intrusão de água salina através do canal Urucurituba que conectou os rios Araguari e Amazonas.

Palavras chaves: Amapá, Bailique, Água potável, Ribeirinhos.

### **INTRODUÇÃO**

A região amazônica detém grande oferta de água doce no Brasil, dispondo de 80% do total de vazões dos rios. Porém, mesmo havendo alta disponibilidade de recursos hídricos há baixa qualidade (Giatti 2007) que é afetada pela deficiência dos serviços de saneamento e degradação do ambiental (Garcia e Ferreira 2017; Huttinger et al. 2017).

Apesar do Plano Nacional de Saneamento Básico garantir o direito à água potável e saneamento (Brasil 2007) dados do IBGE revelam baixa cobertura e baixos índices monitoramento na região amazônica, com piores indicadores no Estado do Amapá (IBGE 2017). Atrelado a isso, vigorou no Estado do Amapá, lei inconstitucional que garantia até 2016 atividades do agronegócio sem prévio estudo de impacto ambiental (STF 2020).

Santos et al. 2014 destaca a necessidade de estudos espaço-sazonais no ecossistema amazônico, a fim de compreender fatores que influem sobre a variação da qualidade da água e ciclos hidrológicos,

com destaque para a sazonalidade e espacialidade a montante e a jusante. Fatores que influem sobre aspectos físicos químicos e biológicos.

Na Amazônia, as populações que residem nas proximidades dos rios são denominadas ribeirinhos, e vivem segundo limitações da natureza, principalmente pelo ciclo de maré, uma vez que o rio apresenta papel fundamental nessas comunidades, é por meio dele que escoam produção extrativista realizam atividades para fonte de renda: pesca além de captar água para consumo.

Além do isolamento geográfico, comunidades ribeirinhas enfrentam o isolamento social e econômico refletidos no acesso à políticas públicas, estudos relacionados ao saneamento básico e qualidade da água na Amazônia ainda são escassos, principalmente em nestas comunidades (Scherer 2004), pois geralmente trazem sugestões de captação e tratamento sem levar em consideração dados químicos, físicos ou microbiológicos da região como textos de Souza et al. (2012), Lobo et al. (2013) e FUNASA (2013).

Bárbara et al. (2010) e Neto et al.(2021) destacam a pouca quantidade de estudos a respeito dos recursos hídricos no estado do Amapá. Vale destacar diante do exposto, a inexistência do Comitê de Bacias Hidrográficas do rio Amazonas no estado do Amapá refletindo diretamente no acesso a direitos básicos (Furlan e Pires 2017).

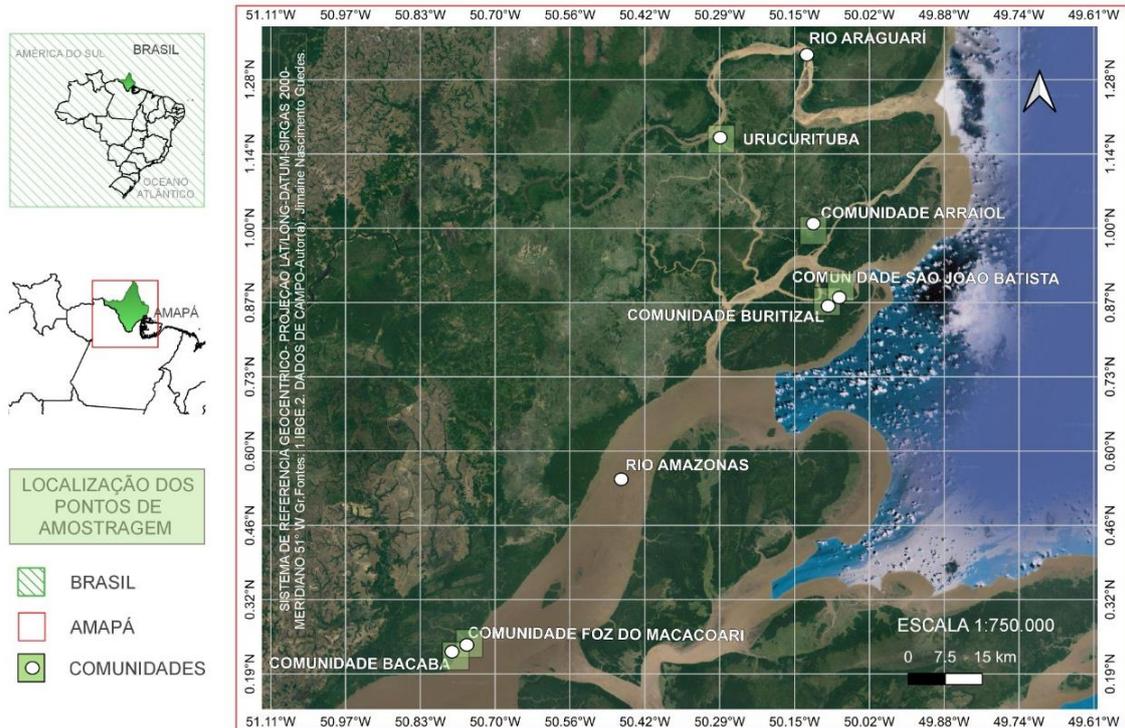
Dessa forma, o presente estudo objetivou realizar avaliações dos parâmetros de qualidade da água em relação as normas de potabilidade em comunidades ribeirinhas do Estado do Amapá, além de verificar a qualidade da água superficial por conta das atividades desenvolvidas próximo as margens do Rio Amazonas, sob a influência sazonal: períodos de intensa chuva ou em períodos secos e influencia espacial em diferentes regiões , uma mais a montante e outra mais a jusante do rio Amazonas.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

O estudo foi realizado no Arquipélago do Bailique e no Beira Amazonas ambas localidades ribeirinhas, banhados pelo Rio Amazonas e pertencentes ao município de Macapá, localizado no Estado do Amapá na região Norte do Brasil dentro dos limites da região amazônica (Figura 1).

Figura 1: Mapa contendo a localização das comunidades compõe a área de estudo.



O estado do Amapá está situado no extremo norte do Brasil com área de 142.470,762km<sup>2</sup> (IBGE 2022) inserido no bioma amazônico, o estado apresenta clima tropical com dois períodos climáticos principais: seco e chuvoso, com menores índices de chuva entre os meses de julho a novembro (Amapá 2009). As águas do rio Amazonas no Estado não possuem enquadramento como preconiza resolução 357/05 do CONAMA (Brasil 2005), dessa forma, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos deve-se considerá-lo como classe 2 de acordo com ANA (2019).

Uma das regiões da pesquisa é o arquipélago de Bailique, um distrito pertencente ao município de Macapá localizado à cerca de 200km da sede do município, na foz do rio Amazonas, faz limites ao Norte com o rio Araguari e a leste limita-se com o Oceano Atlântico (Vieira e Neto 2006). Composto por oito ilhas e 51 comunidades, estimado pelo Conselho Comunitário do Bailique, tem população aproximada de dez mil habitantes (GTA 2014). As coletas neste distrito foram realizadas nas comunidades de São João Batista, Buritzal e Arraiol.

Outra região a ser pesquisada é o território do Beira Amazonas, localizado em região litorânea e abrange os municípios de Itaubal e Macapá (Gomes e Calado 2020). Em 2019 foi iniciado com o apoio do Instituto Terroá e demais parceiros a construção do Protocolo Comunitário (instrumento de gestão territorial e uso dos recursos naturais de modo sustentável). As coletas nesta localidade foram realizadas nas comunidades que ficam no município de Macapá, sendo eles Bacaba e Foz do Macacoari.

### **Delineamento experimental**

As campanhas para coletas foram realizadas em períodos sazonais com base em estudos de (Souza e Cunha 2010; Damasceno et al. 2015) e dados de climatologia mensal de chuva (Neto et al.

2021) . Primeira coleta foi realizada em agosto de 2021 no período de transição entre chuvoso e seco (julho e agosto); a segunda coleta foi realizada em outubro de 2021 no período mais seco (setembro a novembro) e última coleta foi feita em janeiro de 2022 na transição entre período seco e chuvoso (dezembro a fevereiro).

Quanto a distribuição dos pontos de coleta, ocorreram em quatro pontos de amostragem em cada comunidade estudada e foram divididos: três pontos nas residências, dispostos nas extremidades das comunidades e ao centro, o quarto ponto foi coletado no rio em que as famílias captam água (tabela 1), totalizando 20 pontos de coleta que ao longo dos três períodos resultou em 60 amostras para posterior análise e comparação dos parâmetros para água potável e água bruta superficial com as legislações vigentes.

**Tabela 1: Distribuição dos pontos de amostragem por localidade e comunidade.**

Ponto	Localidade	Comunidade/pontos de coleta	Amostra
<b>Bai1</b>	Arquipélago do Bailique	São João Batista	Bruta superficial
<b>Bai2</b>	Arquipélago do Bailique	São João Batista	Residência
<b>Bai3</b>	Arquipélago do Bailique	São João Batista	Residência
<b>Bai4</b>	Arquipélago do Bailique	São João Batista	Residência
<b>Bai5</b>	Arquipélago do Bailique	Buritizal	Residência
<b>Bai6</b>	Arquipélago do Bailique	Buritizal	Residência
<b>Bai7</b>	Arquipélago do Bailique	Buritizal	Residência
<b>Bai8</b>	Arquipélago do Bailique	Buritizal	Bruta superficial
<b>Bai9</b>	Arquipélago do Bailique	Arraiol	Residência
<b>Bai10</b>	Arquipélago do Bailique	Arraiol	Residência
<b>Bai11</b>	Arquipélago do Bailique	Arraiol	Bruta superficial
<b>Bai12</b>	Arquipélago do Bailique	Arraiol	Residência
<b>Bei1</b>	Beira Amazonas	Foz do Macacoari	Residência
<b>Bei2</b>	Beira Amazonas	Foz do Macacoari	Bruta superficial
<b>Bei3</b>	Beira Amazonas	Foz do Macacoari	Residência
<b>Bei4</b>	Beira Amazonas	Foz do Macacoari	Residência
<b>Bei5</b>	Beira Amazonas	Bacaba	Residência
<b>Bei6</b>	Beira Amazonas	Bacaba	Residência
<b>Bei7</b>	Beira Amazonas	Bacaba	Bruta superficial
<b>Bei8</b>	Beira Amazonas	Bacaba	Residência

Os métodos de coleta e análise seguiram orientações do Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater da American Public Heath Association (APHA 2017). Os parâmetros foram comparados a legislações de meio ambiente: resolução CONAMA n°357/2005 (Brasil 2005) para corpos hídricos e portaria de consolidação n° 5, de 28 de setembro de 2017, Seção II, Art 129, Anexo XX, para água de consumo humano (Brasil 2007).

Foram realizadas análises físicas, químicas e microbiológicas. Para análises físicas, foram empregados equipamentos e métodos seguintes: Espectrofotômetro DR 3900 da HACH para análise dos parâmetros Cor e Sólidos Suspensos Totais (SST) com os métodos Platina-cobalto Padrão e

Fotométrico, respectivamente, Turbidez (Tur) pelo equipamento HACH 2100P no método nefelométrico, Temperatura (Temp) condutividade elétrica (CE) e salinidade (Sal) utilizou-se condutivimetro/sonda YSI 556 MPS.

As análises químicas dos parâmetros cloreto (Cl<sup>-</sup>), fluoreto (F<sup>-</sup>), nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), amônia (NH<sub>3</sub>) e fósforo total (PT) foram realizados no espectrofotômetro (DR 3900, HACH,) cujos métodos foram o Tiocianato Mercúrio, o SPANDNS, o NITRAVER, o Nessler e o Phosver, respectivamente. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) foi realizada pelo método de incubação de 5 dias a 20°C; o Oxigênio Dissolvido (OD) foi analisado pela sonda YSI 556 MPS, o Potencial Hidrogeniônico (pH) realizado com o pHmetro Orion/3 Star, o Cloro livre (Cl<sub>2</sub> livre) e o Cloro total (Cl<sub>2</sub> total) foram medidos utilizando o colorímetro DR300 da HACH pelo método DPD. Os parâmetros microbiológicos realizados foram o Coliformes Termotolerantes (CT) e o Escherichia Coli (E. coli) pelo teste de colilert sob o método substrato cromogênio.

Os parâmetros Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio foram realizados apenas em corpos hídricos superficiais e os parâmetros Cloro livre e total foram realizados apenas nas residências. Os parâmetros: turbidez, condutividade elétrica, cloro livre e total, salinidade e pH foram realizados in situ. As análises de cor, sólidos suspensos totais, cloreto, fluoreto, amônia, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes e escherichia coli foram realizadas no Laboratório de Química Saneamento e Modelagem Ambiental (LQ SMA) da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP).

### **Análise Estatística**

Foi verificado a existência de diferenças espaciais e sazonais dos pontos de coleta, para isto, por meio de teste de normalidade, teste de Shapiro-Wilk em que o conjuntos de dados com valor de  $p \geq 0,05$  caracterizaram-se normais sendo possível aplicar teste paramétrico ANOVA, para valores de  $p < 0,05$  enquadram-se como não normais, foi necessário a aplicação do teste não paramétrico Kruskal-Wallis (Ostergová, et al., 2014).

Não foi realizado transformação dos dados e as análises foram conduzidas no sistema computacional R-project (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008) utilizando coeficiente de confiança de 95% ou, quando conveniente, 99%.

Para testar a hipótese de variação espacial e sazonal dos parâmetros das diferentes localidades foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, com exceção dos parâmetros pH, DBO e OD, que foi utilizado teste ANOVA, sendo desconsiderado a hipótese nula, isto é, há variabilidade quando  $p < 0,05$  para ambos os testes.

Em virtude de maior incidência de dados não paramétricos, a correlação entre os parâmetros foi realizada por meio da correlação de Spearman, medida de associação do grau de relacionamento entre

duas variáveis pelo coeficiente (r) (Áurea 2019), sendo possível interpretar o grau de associação entre os parâmetros pela intensidade de correlação baseada em dados de Dancey e Reidy (2019) definidos como: zero (0); fraco ( $\pm 0,1$  até  $\pm 0,3$ ); moderado ( $\pm 0,4$  até  $\pm 0,6$ ) e forte ( $\pm 0,7$  até  $\pm 1$ ).

Para testar aspectos relevantes à similaridade entre os pontos de coleta, foi realizado Análise de Agrupamento (AA), também denominada Cluster, através de agrupamento hierárquico, utilizando o método Ward e os coeficientes de dissimilaridade para dados a distância euclidiana (Ferreira, et al. 2020). Os dados foram simplificados (Hair, et al. 2009) e sintetizados em dendrograma, e as análises conduzidas no sistema computacional R-project (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2008).

## RESULTADOS

Por apresentar pouca diferença espacial entre as comunidades da mesma localidade, os dados dos parâmetros da qualidade da água para análise dos resultados neste estudo foram organizados por médias dos valores obtidos nas comunidades das respectivas regiões e dispostos por período sazonal.

A tabela 2 apresenta a média dos resultados dos parâmetros da qualidade da água das residências comparados com os valores máximos e mínimos permitidos pela Portaria de Consolidação Nº 5/ 2017 do Ministério da Saúde para água potável.

*Tabela 2: Média por região dos Resultados das análises físicas, químicas e microbiológicas da água de residências*

Ponto		Bai	Bei	Bai	Bei	Bai	Bei	
Período		ago/21	ago/21	out/21	out/21	jan/22	jan/22	
Parâmetros	Temp. (Cº)	-	29,50	28,00	30,10	28,20	27,80	
	Cor (uH)	$\leq 15^*$	<b>704,78</b>	<b>21,33</b>	<b>100,70</b>	7,00	<b>209</b>	<b>16,17</b>
	Tur (UNT)	$\leq 5,00^*$	<b>74,86</b>	1,25	<b>24,60</b>	2,36	<b>55,20</b>	2,10
	SST (mg.L <sup>-1</sup> )	-	<b>98,44</b>	1,33	24,10	0,83	39,10	1,33
	Sal (ppm)	-	55,07	33,48	<b>2.090,68</b>	32,75	<b>427,41</b>	34,74
	CE ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	-	<b>140,28</b>	88,77	<b>3.970,60</b>	86,98	<b>922,70</b>	91,83
	pH	6-9*	<b>5,76</b>	7,00	7,90	<b>5,48</b>	6,80	6,39
	Cl <sub>2</sub> total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,2-2,0*	<b>0,17</b>	<b>0,19</b>	<b>0,10</b>	<b>0,07</b>	<b>0,10</b>	<b>0,12</b>
	Cl <sub>2</sub> livre (mg.L <sup>-1</sup> )	0,2-2,0*	<b>0,02</b>	<b>0,11</b>	<b>0,00</b>	<b>0,09</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>
	Cl <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	$\leq 250,0^*$	<b>51,53</b>	6,57	<b>189,8</b>	2,03	145,60	2,23
	F <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	0,6-0,8*	<b>0,04</b>	<b>0,08</b>	<b>0,30</b>	<b>0,01</b>	<b>0,10</b>	<b>0,02</b>
	NO <sup>3-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	$\leq 10,0^*$	6,71	1,30	9,40	0,87	7,40	9,15
	NH <sup>3</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	$\leq 1,50^*$	0,81	0,07	0,10	0,05	0,40	0,09
	PT (mg.L <sup>-1</sup> )	-	0,64	1,29	0,50	0,30	0,60	0,53
	CT (NMP 100.mL <sup>-1</sup> )	Ausência*	<b>1.290,90</b>	<b>32,10</b>	<b>1.673,40</b>	<b>23,15</b>	<b>2.151,00</b>	<b>842,70</b>
	E. coli (NMP 100.mL <sup>-1</sup> )	Ausência*	<b>60,53</b>	Ausente	<b>11,60</b>	<b>13,60</b>	<b>47,00</b>	<b>43,07</b>

\*Valores Máximos e Mínimos Permitidos segundo a Portaria de Consolidação Nº 5/ 2017

Assim como realizado para os parâmetros da qualidade da água coletados nas residências, foi realizado a média dos valores obtidos para água bruta coletada diretamente no rio das comunidades estudadas, em que os resultados foram comparados aos limites permitidos pela legislação (tabela 3).

O teste de hipótese para variação espacial dos parâmetros da qualidade da água nas duas

**TABELA 3: MÉDIA POR DISTRITO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA BRUTA SUPERFICIAL.**

PUNTO PERÍODO		Bai	Bei	Bai	Bei	Bai	Bei	
		ago/21	ago/21	out/21	out/21	jan/22	jan/22	
PARÂMETROS	Temp. (Cº)		28,10	30,60	30,30	30,80	28,30	28,20
	Cor (uH)	≤75,0*	<b>2.236,00</b>	<b>175,00</b>	<b>1.093,00</b>	<b>134,50</b>	<b>2.361,00</b>	<b>437,00</b>
	Tur (UNT)	≤100*	<b>198,67</b>	29,10	<b>224,33</b>	7,83	<b>498,67</b>	33,45
	SST (mg.L <sup>-1</sup> )	-	324,50	27,50	286,00	19,50	509,00	50,50
	Sal (ppm)	-	52,26	15,29	<b>2.330,05</b>	25,09	<b>793,72</b>	20,50
	CE (µS.cm <sup>-1</sup> )	-	133,67	43,20	<b>4.386,67</b>	68,10	<b>1.630,00</b>	56,55
	pH	6-9*	6,34	6,68	8,23	7,40	7,23	7,49
	DBO (mg.L <sup>-1</sup> )	≤5,0*	2,08	2,08	2,91	3,34	1,67	1,99
	OD (mg.L <sup>-1</sup> )	≥ 5,0*	5,03	5,86	5,18	5,42	<b>4,85</b>	<b>4,44</b>
	Cl <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	≤250,0*	174,38	1,60	<b>225,40</b>	3,15	<b>559,00</b>	5,90
	F <sup>-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	≤1,4*	0,00	0,04	0,13	0,01	0,00	0,00
	NO <sup>3-</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	≤10,0*	<b>17,9</b>	0,55	3,93	0,25	<b>14,10</b>	8,80
	NH <sup>3</sup> (mg.L <sup>-1</sup> )	≤3,7*	2,09	0,46	0,90	0,28	2,26	0,57
	PT (mg.L <sup>-1</sup> )	≤0,05*	<b>0,97</b>	<b>0,86</b>	<b>1,12</b>	<b>0,35</b>	<b>2,03</b>	<b>0,50</b>
	CT (NMP 100. mL <sup>-1</sup> )	≤1.000*	<b>2.419,7</b>	742,65	<b>2.419,6</b>	<b>2.419,6</b>	<b>1.766,77</b>	<b>2.419,6</b>
	<i>E. coli</i> (NMP 100.mL <sup>-1</sup> )	Ausência	181,77	233,15	42,4	10,2	20,37	200,85

**\*VALORES MÁXIMOS E MÍNIMOS PERMITIDOS SEGUNDO A RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357 DE 17 DE MARÇO DE 2005 PARA RIOS DE CLASSE 2.**

localidades Para variação espacial o teste não demonstrou diferenças significativas  $p > 0,05$ , tanto para as amostras de água das residências quanto de água bruta do rio. Porém para a variação sazonal foi verificado diferença estatística significativa para os parâmetros analisados  $p < 0,05$ , principalmente em comunidades pertencentes a região do Arquipélago do Bailique.

## DISCUSSÃO

### Qualidade da água em residências

Quanto à potabilidade, o parâmetro físico cor esteve frequentemente fora dos padrões de potabilidade nas duas localidades e turbidez está fora dos padrões de potabilidade nas comunidades do Bailique. Levando em consideração os estudos de Santos et al. (2014) e Cunha e Sternberg (2018) em que apontam um grande fluxo de sedimentos no leito do Araguari, acredita-se que os altos valores de turbidez pode estar associado a formação do canal do Urucurituba que liga o rio Araguari ao Rio Amazonas, tais sedimentos podem interferir até em processos de desinfecção da água para consumo humano (M.S 2016).

O parâmetro químico cloreto apresentou concentrações dentro dos padrões de potabilidade para as comunidades do Beira Amazonas nos três períodos estudados, com resultados próximos aos valores obtidos no trabalho de Malcher et al. (2020). Enquanto, para o Bailique esses valores estiveram dentro dos padrões de potabilidade, apenas em dados da primeira coleta, nos períodos de outubro de 2021 e janeiro de 2022 as concentrações estiveram frequentemente próximas ao limite permitido e em algumas ocasiões excederam os 250mg.L-1, tornando a água salobra e imprópria para consumo.

Os parâmetros Cloro total e cloro livre permaneceram abaixo dos limites preconizados pela legislação, indicando o uso incorreto do cloro pela população para desinfecção da água para consumo, pois o primeiro indica que o cloro reagiu com possíveis contaminantes e o segundo serve como garantia de prevenção para possível contaminação ou proliferação de microrganismos, sendo imprescindível sua presença para prolongar o efeito oxidante de desinfecção da água para consumo (Brito et al. 2007; M.S 2016). O parâmetro fluoreto também apresentou valores abaixo dos limites preconizados pela legislação, sendo recomendado valores mínimos em águas tratadas por sua importância para a saúde bucal (Frazão et al. 2016).

Quanto as características microbiológicas, o parâmetro coliformes termotolerantes (bactérias de vida livre que podem ocorrer naturalmente em solos, água e plantas) e *Escherichia coli* (Bactéria usada para indicar com mais precisão, contaminação fecal) estiveram presentes nas águas de amostras analisadas nas residências de todas as comunidades do Arquipélago do Bailique, independente do período analisado indicando que a água consumida pela população das localidades estudadas está contaminada por patógenos e imprópria para consumo humano (M.S, 2016), nas comunidades do Beira Amazonas nas amostras do mês de agosto de 2021 apenas o parâmetro *Escherichia coli* esteve ausente, indicando possível contaminação da água após tratamento.

Deve-se considerar ainda que a água consumida é tratada pela população, geralmente por decantação e desinfecção por hipoclorito de sódio ou por cloro de piscina. As comunidades não possuem sistema de tratamento de água e segundo moradores das comunidades do Beira Amazonas, o poder público não realiza visitas educativas sobre tratamento de água, como orientam os documentos da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA 2011; FUNASA 2014).

Além disso, os estudos sobre água potável em localidades ribeirinhas são bastantes escassos e podemos inferir que independente da população estar localizada em área urbana ou rural, o poder público deve estar presente naquelas comunidades elaborando e implementando planos estratégicos de vigilância da qualidade da água.

### **Qualidade da água bruta superficial**

Nas comunidades das duas regiões, os parâmetros pH, demanda bioquímica de oxigênio, fluoreto e amônia estão de acordo com os valores máximos e mínimos permitidos pela legislação (Brasil 2005). Já os parâmetros cor e fósforo total estiveram em desconformidade com a legislação em todas as comunidades independente do período.

Nas duas regiões, os parâmetros físicos: cor, turbidez, sólidos suspensos totais e o parâmetro químico amônia, apresentaram forte correlação entre si, assim como em trabalhos de Bárbara et al. (2010). Nas comunidades do Arquipélago do Bailique foi registrado também forte correlação entre os parâmetros físicos salinidade, condutividade elétrica e o parâmetro químico cloreto como ocorreu em

estudos de Santos et al. (2014); Santos et al. (2018) em que essa interação sinalizou a intrusão da água do mar no rio.

As características físicas normalmente estão relacionadas a características organolépticas e sugerem aumento ou diminuição na concentração de parâmetros químicos (APHA 2017), um deles é a temperatura, que variou de 24,8 °C a 31,6 °C, esta variação pode ter relação com o momento de coleta e ao período sazonal climático como menciona Miranda et al. (2009). Podendo interferir na concentração e diluição de substâncias e processos biogeoquímicos que atuam na dinâmica de espécies aquáticas (Bárbara et al. 2010).

O parâmetro turbidez apresentou o mesmo comportamento que ocorreu com as amostras coletadas nas residências, somente as comunidades do Beira Amazonas apresentaram conformidade com a legislação para este parâmetro. Seguindo a mesma tendência da turbidez, os sólidos suspensos totais estiveram bastante elevados nos rios da localidade do Bailique nos três períodos de pesquisa.

É comum na região amazônica características de elevada concentração de cor, turbidez e sólidos suspensos nos rios provenientes do fluxo de sedimentos (Bárbara et al. 2010; Cunha 2013). Em comparação, foi observado valores muito elevados destes parâmetros no arquipélago do Bailique, demonstrando que um mesmo rio pode apresentar diferença nos padrões de comportamento dos parâmetros entre as suas localidades.

Nas comunidades do Beira Amazonas o parâmetro cloreto atingiu valores abaixo de 7 mg.L-1 nos três períodos, resultados análogos aos de Bárbara et al. (2010), Oliveira e Cunha (2014) e Malcher et al. (2020), já nas comunidades do Bailique em agosto de 2021 os valores estavam de acordo com a legislação, porém com concentrações elevadas (entre 177 mg.L-1 e 206 mg.L-1) quando comparados a trabalhos citados anteriormente neste parágrafo, em outubro de 2021 apresentou um ponto acima de 250 mg.L-1 (máximo permitido pela legislação) e em janeiro de 2022 amostra de um ponto apresentou concentração igual à 1.124 mg.L-1 resultados semelhantes aos de Santos et al. (2018).

O nitrato apresentou valores elevados e acima do máximo permitido principalmente em janeiro de 2022 nas duas localidades, a amônia esteve frequentemente em conformidade com a legislação apresentando 2 pontos com valores acima do permitido, um em agosto de 2021 e outro em janeiro de 2022 na localidade do Bailique. Estes parâmetros quando elevados podem indicar indícios de poluição, pois a presença da amônia pode ser indicio de águas recém poluída (Brandelero et al. 2010) e o nitrato por ser produto final do nitrogênio orgânico, indica poluição não recente (Silva e Araújo 2004; FUNASA 2014), além de servirem de nutrientes para as plantas, podendo acelerar o processo de eutrofização dos corpos de água.

O parâmetro fósforo total apresentou concentrações acima do permitido nas comunidades das duas localidades nos três períodos, assim como ocorreu no trabalho de Malcher et al. (2020), pode-se

atribuir a presença elevada de fósforo na água da região amazônica à processos naturais por sedimentos suspensos desde a nascente (Fox et al. 1986) até a erosão do solo por vegetação ou processos antropogênicos (Klein e Agne 2012).

Por estarem diretamente relacionados à qualidade do ecossistema aquático, os parâmetros demanda bioquímica de oxigênio e oxigênio dissolvido refletem potencial resposta da capacidade autodepurativa dos corpos hídricos (Cunha et al. 2004; Ward et al. 2013; Cunha, 2013; Pinto et al. 2010). A demanda bioquímica de oxigênio apresentou resultados em conformidade com a legislação nas duas localidades nos três períodos, já o oxigênio dissolvido apresentou-se fora dos padrões em um ponto no Beira Amazonas em agosto de 2021 e em um ponto no Bailique em janeiro de 2022, indicando influência sazonal da chuva no arraste de nutrientes e microrganismos que influenciam no consumo de oxigênio (Bárbara et al. 2010).

Por fim, nas análises dos parâmetros microbiológicos, a *Escherichia coli* esteve presente em todas as amostras, ficando acima do valor máximo permitido em todos os períodos de coleta, com maiores concentrações no período de agosto de 2021 e os coliformes termotolerantes, somente em agosto de 2021 no beira Amazonas ficou abaixo do permitido pela legislação, nos demais períodos ficou acima dos padrões legais para rios de classe 2, assim como nos estudos de Oliveira e Cunha (2014), Abreu e Cunha (2017) e Malcher et al. (2020).

### **Salinização na foz do Amazonas**

Com o intuito de verificar possíveis diferenças na concentração de salinidade entre as comunidades mais distantes e mais próximas da foz do rio Amazonas, assim como no trabalho de Cunha e Sternber (2018), foi realizado medições de condutividade e calculado a salinidade em todos os pontos de coleta o que evidenciou diferenças significativas na qualidade da água entre as localidades para estes parâmetros.

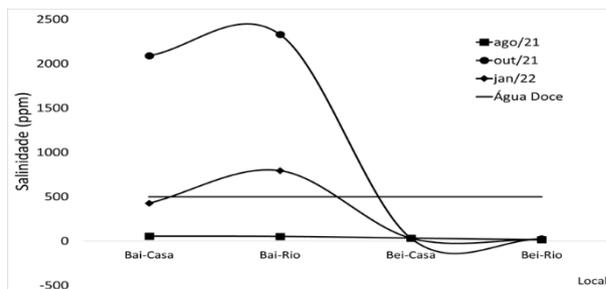
Apesar dos parâmetros condutividade elétrica e salinidade não apresentarem valores máximos e mínimos permitidos na legislação, tanto para água potável quanto para o enquadramento das águas de rios, a Resolução do Conama nº 357/2005, classifica os corpos de água em níveis de salinidade, que podem ser: doce com salinidade inferior a 0,05% (500 ppm); salobra com salinidade superior a 0,05% e inferior a 0,30% (30.000ppm) e salgada com salinidade igual ou superior a 0,30%. Corroborando com os valores básicos de acordo com a natureza da água que encontramos em APHA et al. (1999) e SWRCB (2002) que para condutividade elétrica, em  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , estabelece que os valores para água potável variam de 30 a 1.500 e para Fontes de Água Doce variam de 100 a 2.000. Da mesma forma, segundo KEMKER (2014) para salinidade, em ppm, os valores estabelecidos para água doce não devem ultrapassar 500.

Nas comunidades do Bailique, tanto para as amostras coletadas nas residências quanto nos rios que abastecem estas, em outubro de 2021 foi observado os maiores valores para salinidade, aproximadamente, quatro vezes acima do valor estabelecido por KEMKER (2014) para água própria

para consumo. Tal comportamento dos resultados obtidos se assemelham aos obtidos por Santos et al. (2018) em estudos realizados no rio Araguari, que superaram os 4.000,00  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Para as comunidades do Beira Amazonas foram observados valores semelhantes aos de Malcher et al. (2020) em que a salinidade inferior a 0,05%.

Foi observado valores dentro da classificação de água doce para salinidade nas duas localidades no mês de agosto de 2021, esses valores foram mantidos em todos os períodos nas comunidades do Beira Amazonas, entretanto para a região do Arquipélago do Bailique, em janeiro de 2022, os níveis de salinidade ainda apresentaram valores elevados nas residências e acima da classificação de água doce no rio (figura 2), levando a população das comunidades do Arquipélago do Bailique a utilizarem água salobra para diversas atividades nestes períodos, conforme observado nas campanhas de campo.

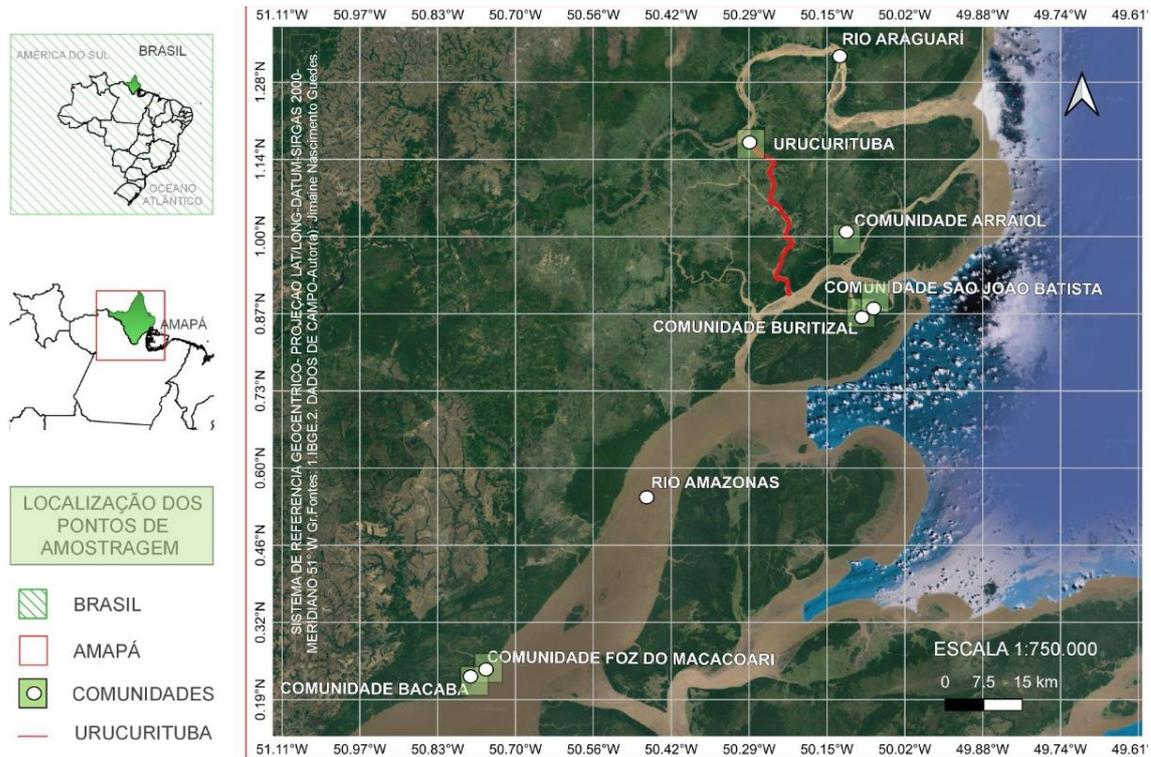
Figura 2: Valores para salinidade nos pontos de coleta



O atual cenário de mudanças climáticas, o aumento do nível do mar e eventos extremos de seca na Amazônia podem estar influenciando no aumento da salinização da foz do rio Amazonas, atrelado a isso, especula-se que o aumento desta salinidade, tem potencial relação com a diminuição da vazão no delta do rio Araguari por conta da formação de conexão do rio Araguari com o rio Amazonas por meio do canal do Urucurituba destacado na figura 3(Cunha et al. 2014; Santos et al. 2018).

Em estudo realizado por Santos e Cunha (2015) foi estimado que a diminuição dos sedimentos por conta das barragens no rio Araguari influenciaria no aumento da taxa de erosão da bacia, além dessas observações, ocorreu em 2011 eventos extremos de chuvas-vazões na bacia (Cunha et al. 2014) fato que segundo Santos et al. (2018) contribuiu para a intensificação da conexão e alargamento do canal Urucurituba que neste evento capturou até 98% da vazão do Rio Araguari que desaguiaria no oceano. Os estudos de Santos et al. (2014) indicaram que o delta do Rio Araguari, a partir desse evento passou a sofrer intrusão marinha e em 2011 a pluma salina penetrou até 40 km a montante da foz do Araguari, no período de seca na região com a medição realizada no mês de dezembro.

Figura 3: Interação da foz do Rio Amazonas com o Delta do Rio Araguari pela formação do canal Urucurituba.



Com isso, podemos inferir que esse aumento da salinidade na foz do rio Amazonas no período de seca na região ocorre por influência do transporte de sedimentos e estão atrelados à intrusão da água do mar no rio Araguari em períodos de menor incidência de chuva (Santos et al. 2018; Santos e Cunha 2021). Sendo possível associar a salinização da foz do rio Amazonas na região do Arquipélago do Bailique a formação do canal Urucurituba, pois segundo (Santos et al. 2018) o nível da água do rio no trecho estuarino aumenta quando o Araguari flui em direção ao oceano e diminui quando ele escoar a montante.

Além disso, o canal do Urucurituba fica a aproximadamente 80km da foz do Araguari, como observado, em 2011 registrou-se aumento da salinidade à 40 km adentro do rio, acredita-se que desde esse período até os dias atuais a salinidade pode ter avançado a montante do Araguari, entretanto, é necessário estudos futuros para indicar com mais precisão, quais fatores estão realmente influenciando na salinização da foz do rio Amazonas e impactando a biota de comunidades inteiras por conta dos altos níveis de salinidade.

### Variação espacial e sazonal dos parâmetros da qualidade da água

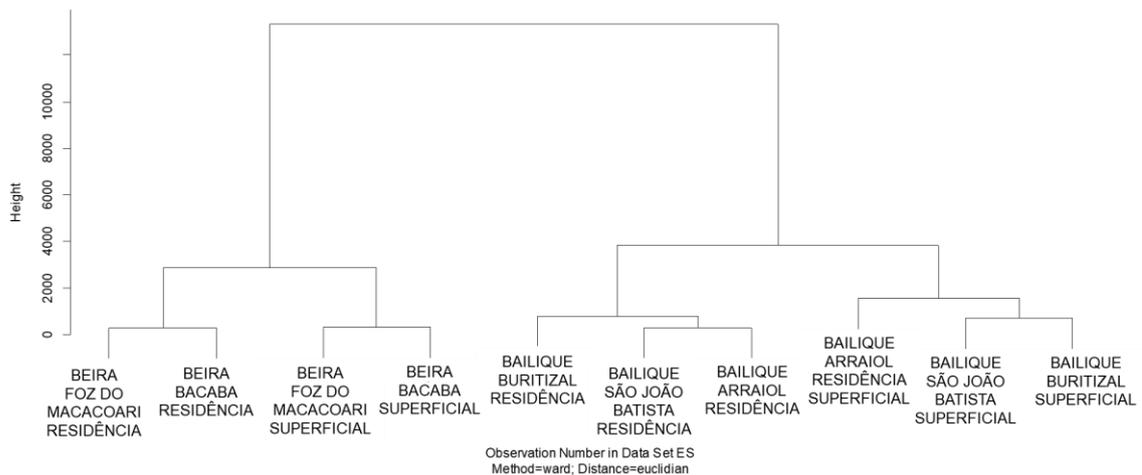
Não foi observado diferenças estatísticas espaciais nos parâmetros analisados entre as comunidades na mesma localidade, porém houve diferenças entre as localidades. Não se pode afirmar que seja por conta de uma localidade está mais próxima da foz que a outra, pois pode existir influência da entrada de água pelo canal do Urucurituba que conecta o rio Araguari ao rio Amazonas, rios de

complexidade diferente fazendo-se necessário estudos mais complexos para esclarecer quais reais fatores influenciam nessas diferenças.

### Similaridade espacial

Para avaliar a homogeneidade entre os sítios amostrais, ao longo do espaço, uma análise de agrupamentos (AA) (Figura 4) forneceu as informações necessárias para quantificar as potenciais similaridades ou dissimilaridades entre os sítios amostrais. Após realização do teste não foi verificada diferença significativa para variação espacial dentro das comunidades de uma mesma localidade, tanto para as amostras de água das residências quanto de água bruta superficial do rio que abastece as comunidades, mas há existência de diferença espacial entre as localidades, que pode se dar pelo fato de que a localidade do Bailique fica na foz do Rio Amazonas e a localidade do Beira Amazonas não está tão próximo à foz.

Figura 4: Dendrograma de similaridade espacial entre as comunidades do Arquipélago do Bailique e Beira Amazonas



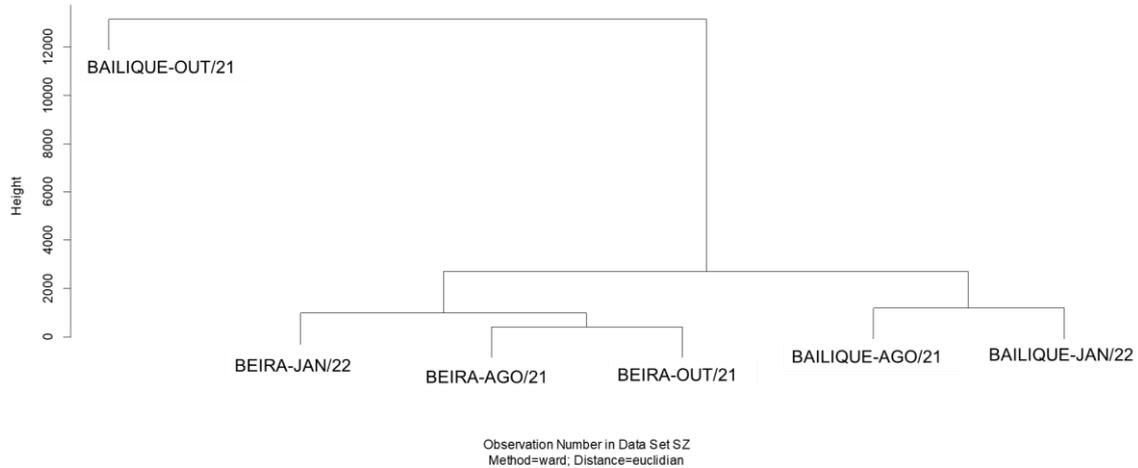
Porém, podemos verificar dentro de cada localidade uma dissimilaridade entre as amostras das residências e as amostras superficiais coletadas nos rios. Esta dissimilaridade pode ser resultado do tratamento dado pelos moradores à água captada no rio e armazenada para consumo.

### Similaridade Sazonal

Para a variação sazonal, os dados foram agrupados por localidade em períodos de coletas, gerando o dendrograma correspondente aos 3 períodos de coletas que foram realizados em agosto de 2021, outubro de 2021 e janeiro de 2022, tanto para água potável quanto para água bruta do rio.

Pode-se inferir através do dendrograma da figura 5, novamente, a ocorrência de similaridade dentro das comunidades de uma mesma localidade, exceto na localidade do Bailique no período seco que apresenta grande dissimilaridade dos demais, sendo evidenciado, inclusive pelo nível em que este grupo está representado na porção superior esquerda da figura.

Figura 5: Dendrograma de similaridade sazonal entre as comunidades do Arquipélago do Bailique e Beira Amazonas



Para a variação sazonal, esta dissimilaridade de valores no período seco na localidade do Bailique, como visto, demonstra a possível influência gerada pela salinização do Delta do rio Araguari (Santos, et al., 2014; Bárbara, et al., 2010; Oliveira e Cunha, 2014), demonstrando forte influência da salinidade no período nos parâmetros da qualidade da água na região que neste caso existe tanto na água bruta do rio quanto nas residências dos moradores nas comunidades.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados deste estudo, verificou-se a não conformidade de alguns parâmetros da qualidade da água frente aos padrões legais de potabilidade da água consumida por ribeirinhos em comunidades do estado do Amapá, na Amazônia. Apesar da realização de tratamento básico de desinfecção com cloro, em todos os períodos de coleta em todas as residências, foi observado a presença de Coliformes Termotolerantes e *Escherichia coli*, parâmetros que quando presentes na água para consumo compromete a qualidade microbiológica por possível contaminação de patógenos que podem causar doenças de veiculação hídrica. Desta forma, conclui-se que tal tratamento básico não está surtindo o efeito desejado pelos ribeirinhos.

Em relação a diferenças sazonais para os parâmetros analisados da água superficial, foi observado os maiores valores para Cor, Turbidez, Sólidos Suspensos Totais, Cloreto, Nitrato, Amônia e Fósforo Total e os menores valores de Oxigênio Dissolvido (principal indicador da qualidade da água segundo Araújo et al. (2004)) no mês de janeiro de 2022, período intermediário de seca para cheia, confirmando os estudos de Oliveira e Cunha (2014). Assim, podemos concluir que nos meses iniciais do período chuvoso ocorre o arraste de material do solo e sedimentos para o leito do rio influenciando na concentração de compostos que influem sobre a qualidade da água.

Contudo, a principal conclusão deste estudo é o processo de salinização da água nas comunidades estudadas no Arquipélago do Bailique no período de seca amazônica, alterando a classificação das águas neste período para salobra por apresentar valores superiores 500 ppm de sal. Conforme relato da população local este processo não ocorria no passado, começando a ser percebido por volta do período seco do ano de 2015.

## REFERÊNCIAS

- Abreu, C. H. M. d. & Cunha, A. C., 2017. Qualidade e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. Eng Sanit Ambient, pp. 45-56.
- Amapá, G. d. E., 2009. Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento e Queimadas do Estado do Amapá (PPGDA). Macapá: s.n.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOC., AMERICAN WATER WORKS ASSOC. & WATER ENVIRONMENT FEDERATION. 1999. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (20th ed.). Baltimore, MD: American Public Health Association.
- ANA, A. N. d. Á. e. S. B., 2019. Enquadramento dos Corpos d'água em classes.
- APHA, A. P. H. A., 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23 ed. Washington : American Public Health Association.
- Áurea, S., 2019. Coeficiente de correlação de Pearson e coeficiente de correlação de Spearman : o que medem e em que situações devem ser utilizados?. 21 março.
- Bárbara, V. F., Cunha, A. C. d., Rodrigues, . A. S. d. L. & Siqueira, E. Q. d., 2010. Monitoramento sazonal da sazonal da sazonal da qualidade da qualidade da qualidade da água do rio Araguari/AP. Revista Biociências , 16(1).
- Brandelero, S. M., Siqueira, E. Q. d. & Santiago , M. F., 2010. A cinética do nitrogênio em água superficial de ambiente lótico. Revista Ambiente e Água, Volume 5, pp. 147-156.
- Brasil , R. C. n. 3., 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.. s.l.:s.n.
- Brasil, 2007. Política Nacional de Saneamento Básico. Lei de Diretrizes Nacionais do Saneamento Básico. Brasília-DF: Lei nº 11.445/2007.
- Brito, L. T. d. L., Amorim, M. C. C. d. & Leite, W. d. M., 2007. Qualidade da Água para Consumo Humano. Documento 196 EMBRAPA, Maio.
- Cunha , A. C. et al., 2004. Qualidade Microbiológica da água em Rior de Áreas Urbanas e Periurbanas no Baixo Amazonas: O Caso do Amapá. Engenharia Sanitaria e Ambiental, Dez, pp. 322-328.

- Cunha, A. C. d., 2013. Revisão descritiva sobre qualidade da água, parâmetros e modelagem de ecossistemas aquáticos tropicais.. *Biota Amazônia*, 3(1), pp. 124-143.
- Cunha, A. C. d. et al., 2014. Evento Extremo de Chuva-Vazão na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, Amapá, Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Volume 29, pp. 95-110.
- Cunha, A. C. & Sternberg, L. d. S. L., 2018. Using stable isotopes  $^{18}\text{O}$  and  $^2\text{H}$  of lake water and biogeochemical analysis to identify factors affecting water quality in four estuarine Amazonian shallow lakes. Volume 32, pp. 1188-1201.
- Damasceno, M. d. C. S., Ribeiro, H. M. C., Takiyama, L. R. & Paula, M. T. d., 2015. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais do Rio Amazonas na orla da cidade de Macapá, Amapá, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, set.
- Dancey, C. & Reidy, J., 2019. *Estatística sem matemática para psicologia*. 7 ed. Porto Alegre: Penso.
- Ferreira, R. R. M., Paim, F. A. d. P., Rodrigues, V. G. S. & Castro, G. S. A. C., 2020. Análise de cluster não supervisionado em R: agrupamento hierárquico, Campinas SP: s.n.
- Fox, L. E., Sager, S. L. & Wosfy, S. C., 1986. The chemical control of soluble phosphorus in the Amazon estuary. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, pp. 783-794.
- FUNASA, F. N. d. S., 2011. Boletim Informativo: Saneamento Rural. dez.Issue 10.
- FUNASA, M. d. S. F. N. d. S., 2014. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Brasília: s.n.
- FUNASA, 2013. Manual de prático de análise de água/ Fundação Nacional de Saúde, Brasília: s.n.
- Furlan, D. V. & Pires, S. M. P., 2017. A problemática do acesso à justiça trabalhista em comunidades ribeirinhas: o caso do Arquipélago do Bailique no Estado do Amapá. *Revista de Direito do Trabalho e Meio Ambiente do Trabalho*, pp. 179-199.
- Garcia, M. S. D. & Ferreira, M. d. P., 2017. Saneamentobásico:meioambiente e dignidade humana. *Dignidade Re- Vista*, Julho.
- Giatti, L. . L., 2007. Reflexões sobre Água de Abastecimento e Saúde Pública: um estudo de caso na Amazônia Brasileira. *Saúde e Sociedade*, 16(1), pp. 134-144.
- Gomes, R. K. S. & Calado, J. F., 2020. resistir e reexistir das populações tradicionais e extrativistas no Território Amazônico Amapaense. *Revista Eletronica do Mestrado em Educação Ambiental*, set-dez, 37(4), pp. 28-43.
- GTA, G. d. T. A., 2014. Protocolo Comunitário do Bailique: Conhecer para proteger. s.l.:s.n.

Hair, J. F. J. et al., 2009. *Análise Multivariada de Dados*. São Paulo: Bookman.

Huttinger, A. et al., 2017. Water, sanitation and hygiene infrastructure and quality in rural healthcare facilities in Rwanda. *BMC Health Services Research*.

IBGE, 2017. IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. [Online] Available at: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=resultados> [Acesso em 2020].

IBGE, 2022. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [Online] Available at: <https://www.ibge.gov.br/busca.html?searchword=amap%C3%A1> [Acesso em 07 2022].

Instituto Terroá, 2019. Instituto Terroá. [Online] Available at: <https://blog.institutoterroa.org/comunidades-dao-inicio-ao-protocolo-comunitario-da-regiao-beira-amazonas-no-amapa/> [Acesso em 11 2021].

KEMKER, Christine. 2014. “Conductivity, Salinity and Total Dissolved Solids.” *Fundamentals of Environmental Measurements*. Fondriest Environmental, Inc. 3 março,. Disponível em: <http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/> Acesso em: 25 ago. 2022.

Klein, C. & Agne, S. A. A., 2012. Fósforo: de nutriente à poluente. *ev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, Set-Dez, pp. 1713-1721.

Lobo, M.A.A; lima, D.M.B.de; Souza, C.M.N; Nascimento, W.A; Araújo, L.C.C; Santos, N.B., 2013. Avaliação econômica de tecnologias sociais aplicadas à promoção de saúde: abastecimento de água por sistema Sodis em comunidades ribeirinhas da Amazônia, *Ciência & Saúde Coletiva*, 18(7):2119-212

M.S, M. d. S., 2016. *Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano*. 1ª ed. Brasília-DF: s.n.

Malcher, J. A. M. et al., 2020. Qualidade da água para abastecimento público em municípios com menos de 50 mil habitantes na Amazônia. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, Dez, Volume 11.

Miranda, R. G.; Pereira, S. F. P.; Alves, D. T. V.; Oliveira, G. R. F. 2009. Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia – Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físicos-químicos. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 75-92. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.88>

Melo, A. B. C., Cavalcanti, I. F. d. A. & Souza, P. P., 2009. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. Em: *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, pp. 26-42.

Neto, J. d. C. F. et al., 2021. Impactos hidroclimáticos de curto prazo no padrão hidrodinâmico de Rio de Estuário Amazônico, Amapá (AP), Brasil. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, jan.

- Oliveira , B. S. S. d. & Cunha, A. C. d., 2014. Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá. *Ambiente e Água*, junho.
- Ostergová, E., Ostertag, O. & Kovác, J., 2014. Methodology and Application of the Kruskal-Wallis Test. *Applied Mechanics and Materials*, Volume 611, pp. 115-120.
- Pinto, A. L., Oliveira, G. H. d. & Pereira , G. A., 2010. Avaliação da Eficiência da Utilização do Oxigênio Dissolvido como Principal Indicador da Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Corrego Bom Jardim, Brasilândia/MS. *Rev. GEOMAE*, Volume v.1n.1, pp. p.69 - 82.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM R. 2008 A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria..
- Santos, E. S., Cunha, A. C. e Cunha, E. D. S., 2014. Espaço-sazonal da Qualidade da Água na Zona Flúvio-Marinha do Rio Araguari-Amazônia Oriental-Brasil. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, jul/set, pp. 215-226.
- Santos , E. S. d. & Cunha, A. C. d., 2015. Análise de cenários hidrossedimentométricos para estimar taxas de assoreamento e vida útil do reservatório da UHE Cachoeira Caldeirão no Rio Araguari/AP-Brasil. *Biota Amazônia: Open Journal System*.
- Santos, E. S. e Cunha, A. C., 2021. Circulação secundária atípica em meandro fluvio-marinho como parâmetro hidrodinâmico em ecossistema aquático amazônico. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 12(3).
- Santos, E. S. d. et al., 2018. The impact of channel capture on estuarine hydro-morphodynamics and water quality in the Amazon delta. *Science of the Total Environment*, pp. 887-899.
- Scherer, E., 2004. Mosaico Terra-água: A vulnerabilidade Social Ribeirinha na Amazônia. VIII Congresso Luso-Afro-Brasileiro de Ciências Sociais.
- Silva, R. d. C. A. d. & Araújo, T. M. d., 2004. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). *Ciências e Saúde Coletiva*, Fev, pp. 1019-1028.
- Souza, E. B. d. & Cunha, A. C. d., 2010. Climatologia de Precipitação no Amapá e Mecanismos Climáticos de Grande Escala. Em: *Tempo, Clima e Recursos Hídricos: Resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá*. MACAPÁ: IEPA, pp. 177-195.
- Sperling, E. v., 2006. Afinal, Quanta Água Temos no Planeta ?. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 11(4), pp. 189-199.
- STF, S. T. F., 2020. AÇÃO DIRETA DE INCONSTITUCIONALIDADE 5.475 AMAPÁ, s.l.: s.n.

SWRCB. Electrical Conductivity/Salinity Fact Sheet. In: The Clean Water Team Guidance Compendium for Watershed Monitoring and Assessment State Water Resources Control Board, 2002. Disponível em: [http://www.swrcb.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130en.pdf](http://www.swrcb.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130en.pdf) Acesso em: 25 ago. 2022.

Vieira, I. M. & Neto, M. D. d. A., 2006. Aspectos da Socioeconomia dos Pescadores de Camarão da Ilha do Pará (PA) e Arquipélago do Bailique (AP). BOLETIM DO LABORATÓRIO DE HIDROBIOLOGIA, pp. 85-94.

Ward, N. D.; Keil, R. G.; Medeiros, P. M.; Brito, D. C.; Cunha, A. C.; Dittmar, T. et al. 2013 Degradation of terrestrially derived macromolecules in the Amazon River. Nature Geoscience, v. 6, n. 6, p. 1–4, 19. <http://dx.doi.org/10.1038/ngeo1817>

 Acta Amazonica

#Lar

 Autor

## Confirmação de envio

 Impressão

---

Obrigado pela sua submissão

---

**Submetido para**  
Acta Amazônica

**ID do manuscrito**  
AA-2023-0002

**Título**  
Influência sazonal na qualidade da água e salinização na foz do rio Amazonas.

**Autores**  
Guedes, Jimaine  
Malcher, Jorge Angelo  
Guedes, Josiel  
Brito, Daimio

**Data Enviada**  
03-jan-2023

---

© Clarivate | © ScholarOne, Inc., 2023. Todos os direitos reservados.  
ScholarOne Manuscripts e ScholarOne são marcas registradas da ScholarOne, Inc.  
ScholarOne Manuscripts Patents #7.257.767 e #7.263.655 .

 @Clarivate para Academia e Governo |  Requisitos do Sistema |  Privacy Statement |  Terms of Use