

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

SEASONAL INFLUENCE ON WATER QUALITY AND SALINIZATION AT THE MOUTH OF THE AMAZON RIVER/AP

Jimaine Nascimento Guedes¹
Daímio Chaves Brito²
Jorge Angelo Simões Malcher³
Alan Cavalcanti da Cunha⁴
Gabriel Araujo da Silva⁵

¹ Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). E-mail: jimaineguedes@gmail.com

² Universidade Estadual do Amapá (UEAP). E-mail: daimio.brito@ueap.edu.br

³ Universidade Estadual do Amapá (UEAP). E-mail: jorgeangelo89@hotmail.com

⁴ Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). E-mail: alancunha12@gmail.com

⁵ Universidade Estadual do Amapá (UEAP). E-mail: gabriel.silva@ueap.edu.br

RESUMO: A pesquisa originária deste artigo foi realizada em comunidades às margens do Rio Amazonas, Amapá, com coletas sazonais que objetivaram verificar a qualidade da água consumida pelos ribeirinhos e da água bruta superficial dos rios. Foram realizadas análises de parâmetros físicos-químicos e microbiológicos com resultados comparados à legislação e tratados estatisticamente com auxílio do programa R, por meio de testes de *Kruskal-Wallis* e ANOVA para avaliar variação espacial e sazonal. Sendo possível verificar o processo de salinização nas comunidades do Arquipélago do Bailique, no período de seca amazônica, alterando a classificação, para salobra com valores superiores a 500ppm de sal.

Palavras-chave: Amapá. Bailique. Água potável. Ribeirinhos.

ABSTRACT: The research originating from this article was carried out in communities on the banks of the Amazon River, Amapá, with seasonal collections that aimed to verify the quality of the water consumed by the riverside dwellers and the raw surface water of the rivers. Analyses of physical-chemical and microbiological parameters were carried out with results compared to the legislation and statistically treated with the aid of the R program, using *Kruskal-Wallis* and ANOVA tests to evaluate spatial and seasonal variation. It is possible to verify the salinization process in the communities of the Bailique Archipelago, in the Amazonian dry season, changing the classification, to brackish with values higher than 500ppm of salt.

Keywords: Amapá. Bailique. Drinking water. Bordering.

Sumário: Introdução – 1 Material e Método – 2 Resultados e Discussão – Considerações – Referências.

INTRODUÇÃO

A região amazônica brasileira detém grande oferta de água doce, dispendo 80% do total de vazões dos rios. Porém, mesmo havendo alta disponibilidade, há baixa qualidade de recursos hídricos causados pela deficiência dos serviços de saneamento e degradação ambiental, afetando diretamente as comunidades ribeirinhas, pessoas que residem as margens dos rios, que vivem de acordo com as limitações da natureza, como a sazonalidade de precipitações e o ciclo de maré (Giatti, 2007; Ferreira; Garcia, 2017; Huttinger; et al. 2017).

As populações ribeirinhas utilizam o rio para escoar produção extrativista e praticar pesca, além de captar água para consumo. Além do isolamento geográfico, comunidades ribeirinhas enfrentam o isolamento social e econômico refletidos no acesso às políticas públicas, pois estudos relacionados ao saneamento básico e a qualidade da água na Amazônia ainda são escassos (Scherer, 2004).

Embora, o Plano Nacional de Saneamento Básico garanta o direito à água potável e saneamento, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE) revelam baixa cobertura e baixos índices monitoramento na região amazônica, com piores indicadores, no Estado do Amapá (Brasil, Lei nº 11.445/2007; IBGE, 2017).

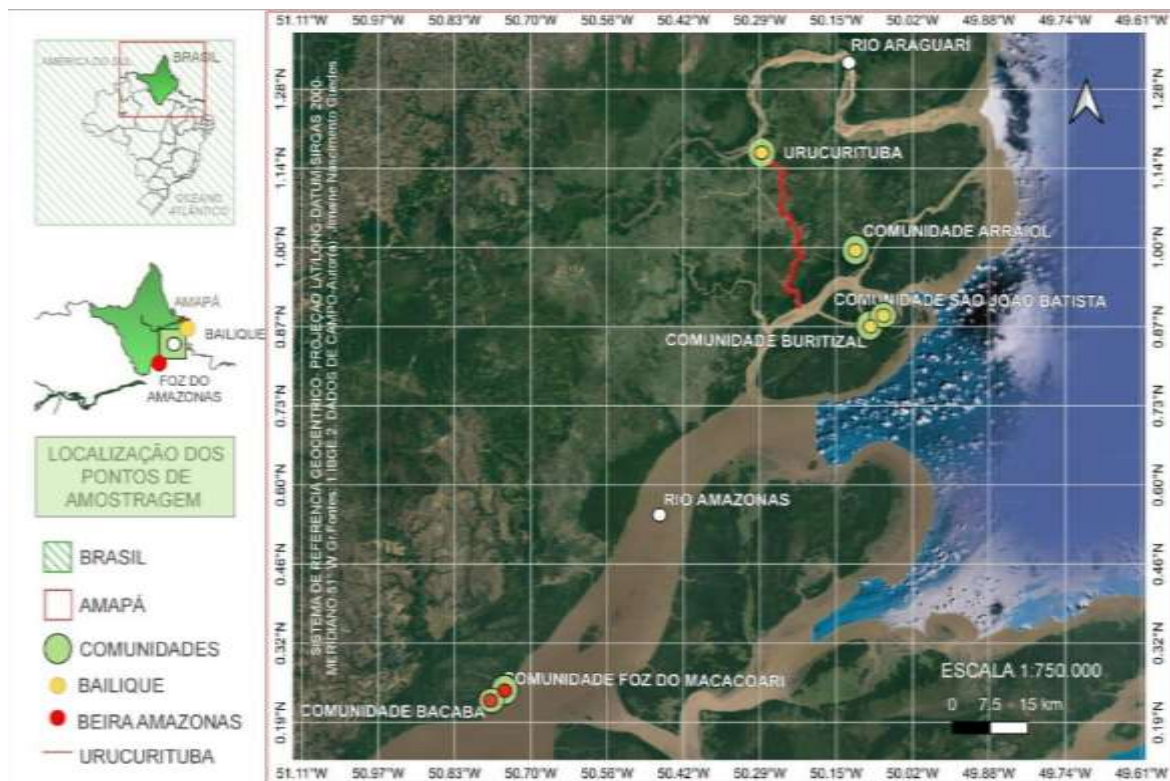
Neste sentido, há necessidade de estudos espaço-sazonais no ecossistema amazônico, a fim de analisar fatores que influem sobre a variação da qualidade da água e ciclos hidrológicos, com destaque para a sazonalidade e espacialidade a montante e a jusante e fatores que influenciam sobre aspectos físico-químicos e biológicos (Santos, et al, 2014).

Dessa forma, o presente estudo objetivou realizar avaliações dos parâmetros da qualidade da água superficial e qualidade da água potável, sob a influência sazonal de precipitação em duas áreas, uma mais a montante e outra a jusante do rio Amazonas em comunidades ribeirinhas de duas áreas no município de Macapá, estado do Amapá, sendo elas respectivamente o Beira Amazonas e Arquipélago do Bailique.

1 MATERIAL E MÉTODO

a) Área de estudo

O estudo foi realizado em cinco comunidades ribeirinhas de duas áreas às margens do Rio Amazonas. Três comunidades no distrito do Arquipélago do Bailique: Arraiol, São João Batista e Buritizal e duas comunidades na área do Beira Amazonas: Foz do Macacoari e Bacaba. As três primeiras estão mais a jusante e as duas últimas mais a montante, todas pertencentes ao município de Macapá, no Estado do Amapá (Figura 1). Destaca-se, também, na figura o canal Urucurituba que liga o rio Araguari ao Rio Amazonas.

Figura 1 - Localização das comunidades que compõe a área de estudo

Fonte: Guedes (2023).

b) Delineamento experimental

Foram realizadas três campanhas de campo com coletas em agosto de 2021 no período de transição entre chuvoso e seco; em outubro de 2021, no período seco e em janeiro de 2022 na transição entre período seco e chuvoso, períodos definidos a partir de dados climatológicos de (Felix Neto; et al, 2021; Souza; Cunha, 2010; Damasceno; et al. 2015).

Devido a disposição das residências, às margens do rio, foram selecionadas em cada comunidade, três pontos de coleta: residências em pontos extremos de uma ponta a outra e uma residência localizada mais ao centro, além de coleta superficial no rio que abastece a comunidade (água bruta), somando-se quatro (4) pontos de coleta, por cada comunidade, totalizando vinte (20) pontos de coleta por período, resultando em sessenta (60) amostragens.

Os métodos de coleta e análise seguiram orientações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater da American Public Health Association* (APHA, 2017). Os resultados dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos para corpos hídricos foram comparados à Resolução do Conselho

Nacional do Meio Ambiente (CONAMA - Brasil, Resolução nº 357/2005) para água de rio de classe 2. E para qualidade da água de consumo humano, foi utilizado a Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, (Brasil, Port. nº 5/2017).

c) Equipamentos e métodos de análise

Para as análises físicas de Cor e Sólidos Suspensos Totais (SST) foi utilizado o Espectrofotômetro DR 3900 da HACH pelos métodos Platina-cobalto Padrão e Fotométrico, respectivamente; para Turbidez (Tur) foi utilizado o turbidímetro HACH 2100P pelo método nefelométrico; para Temperatura (Temp) condutividade elétrica (CE) e salinidade (Sal) foi utilizado o condutivímetro/sonda YSI 556 MPS para medidas em campo.

As análises químicas dos parâmetros cloreto (Cl⁻), fluoreto (F⁻), nitrato (NO₃), amônia (NH₃) e fósforo total (PT), utilizou-se o 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, a medição do Potencial Hidrogeniônico (pH) foi realizada com o pHmetro Orion/3 Star; a análise de Cloro livre (Cl₂ livre) e o Cloro total (Cl₂ total) foram medidos pelo colorímetro DR300, da HACH, pelo método DPD.

Enquanto, os parâmetros microbiológicos realizados foram: o Coliformes Termotolerantes (CT) e o *Escherichia Coli* (*E. coli*) pelo teste de colilert sob o método substrato cromogênio.

d) Análise Estatística

As análises foram conduzidas pelo sistema computacional *R-project* (*R Development Core Team*, 2008) utilizando coeficiente de confiança de 95% ou, quando conveniente, 99%. Para a verificação de diferenças espaciais e sazonais dos pontos de coleta, por meio de teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* em que os conjuntos de dados normais foi aplicado teste paramétrico ANOVA (parâmetros pH, DBO e OD), os demais parâmetros de dados não normais, aplicado teste não paramétrico Kruskal-Wallis (Ostergová; et al, 2014).

Foi realizado teste de correlação de Spearman entre os parâmetros (Sousa, 2019), a interpretação do grau de associação entre os parâmetros foi baseada em estudos de Dancey e Reidy (2019) definidos como: inexistente (0); fraco ($(-)^{0,1}$ até $(-)^{0,3}$); moderado ($(-)^{0,4}$ até $(-)^{0,6}$) e forte ($(-)^{0,7}$ até $(-)^{1}$).

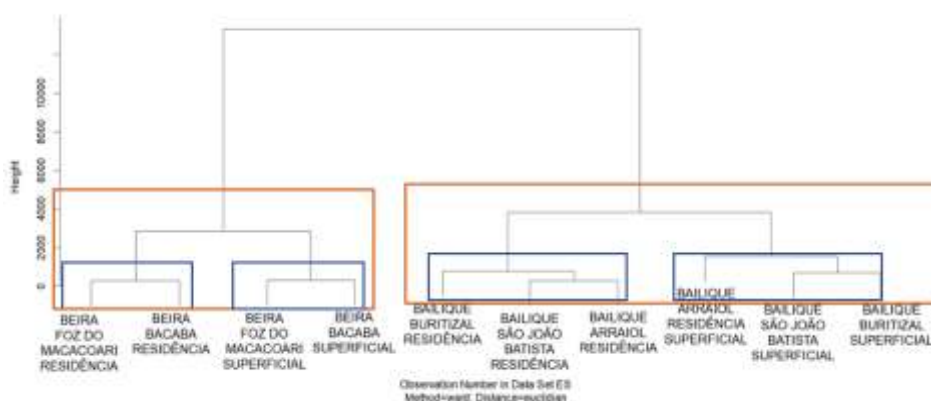
Para testar aspectos relevantes à similaridade entre os pontos de coleta, foi realizado Análise de Agrupamento (AA) (Hair; et al. 2009), por meio de agrupamento hierárquico, pelo método *Ward* e os coeficientes de dissemelhança para dados a distância euclidiana (Ferreira; et al, 2020). Os dados foram simplificados e sintetizados em dendrograma, no sistema computacional *R-project*.

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises não demonstraram diferenças significativas para variação espacial dos parâmetros nas duas áreas, 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, principalmente em comunidades pertencentes a áreas do Arquipélago do Bailique.

Por meio da análise de agrupamentos (AA) (Figura 2) foi verificado que não houve 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, havendo pouquíssima diferença espacial entre as áreas de estudo, podendo ser explicada pela localização das comunidades mais à foz.

Figura 2 - Dendrograma de similaridade espacial entre as comunidades do Arquipélago do Bailique e Beira Amazonas



Fonte: Organizados pelos autores (2023).

Observa-se na Figura 2, a existência de seis agrupamentos subdivididos em dois grupos. No primeiro nível é possível notar a dissimilaridade entre as comunidades de áreas diferentes e a similaridade entre amostras superficiais e de residências de comunidades pertencentes à mesma localidade, podendo ser resultado do tratamento (geralmente por decantação e desinfecção por hipoclorito de sódio ou por cloro de piscina) realizado pelos moradores à água captada no rio e armazenada para consumo.

Por apresentar pouca diferença estatística, os resultados espaciais entres as comunidades da mesma localidade, os dados foram organizados pelas médias dos valores dos parâmetros obtidos das respectivas áreas e dispostos por período sazonal, na Tabela 1, em que os resultados são comparados aos valores permitidos pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde.

Tabela 1 - Média por localidade dos Resultados das análises físicas, químicas e microbiológicas da água de residências (Bai = Bailique; Bei = Beira Amazonas)

Ponto	Período	Bai	Bei	Bai	Bei	Bai	Bei	
		ago/21	ago/21	out/21	out/21	jan/22	jan/22	
Parâmetros	Temp. (C°)	-	29,50	28,00	30,10	28,20	28,20	27,80
	Cor (uH)	≤15*	704,78	21,33	100,70	7,00	209	16,17
	Tur (UNT)	≤5,00*	74,86	1,25	24,60	2,36	55,20	2,10
	SST (mg.L ⁻¹)	-	98,44	1,33	24,10	0,83	39,10	1,33
	Sal (ppm)	-	55,07	33,48	2.090,7	32,75	427,41	34,74
	CE (μS.cm ⁻¹)	-	140,28	88,77	3.970,6	86,98	922,70	91,83
	pH	6-9*	5,76	7,00	7,90	5,48	6,80	6,39
	Cl ₂ total (mg.L ⁻¹)	0,2-2,0*	0,17	0,19	0,10	0,07	0,10	0,12
	Cl ₂ livre (mg.L ⁻¹)	0,2-2,0*	0,02	0,11	0,00	0,09	0,00	0,10
	Cl ⁻ (mg.L ⁻¹)	≤250,0*	51,53	6,57	189,8	2,03	145,60	2,23
	F ⁻ (mg.L ⁻¹)	0,6-0,8*	0,04	0,08	0,30	0,01	0,10	0,02
	NO ³⁻ (mg.L ⁻¹)	≤10,0*	6,71	1,30	9,40	0,87	7,40	9,15
	NH ³ (mg.L ⁻¹)	≤1,50*	0,81	0,07	0,10	0,05	0,40	0,09
	PT (mg.L ⁻¹)	-	0,64	1,29	0,50	0,30	0,60	0,53
	CT (NMP 100.mL ⁻¹)	Ausência*	1.290,9	32,10	1.673,4	23,15	2.151,0	842,7
	E. coli (NMP 100.mL ⁻¹)	Ausência *	60,53	Ausente	11,60	13,60	47,00	43,07

Fonte: Organizados pelos autores (2023).

*Valores Máximos e Mínimos Permitidos segundo a Portaria de Consolidação nº 5/2017.

Assim como realizado para os parâmetros da qualidade da água em residências, foi realizado a média dos valores obtidos para água bruta das

comunidades estudadas, com resultados descritos e comparados aos limites permitidos pela legislação (Tabela 2).

Tabela 2 - média por localidade dos resultados das análises físicas, químicas e microbiológicas da água bruta superficial (Bai = Bailique; Bei = Beira Amazonas)

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

Fonte: Organizados pelos autores (2023).

*Valores máximos e mínimos permitidos na resolução CONAMA n° 357/2005 para rios de classe 2.

Ao iniciar a análise é importante salientar que as águas de regiões amazônicas geralmente apresentam sólidos suspensos, cor e turbidez em concentrações elevadas por conta do fluxo de sedimentos (Bárbara; et al, 2010; Cunha, 2013).

Os parâmetros cor e turbidez estiveram frequentemente fora dos padrões de potabilidade, além de apresentar altas concentrações de sólidos suspensos nas comunidades do Bailique, valores semelhantes aos estudos de Cunha; Sternberg (2018), em estudo realizado no rio Araguari. Essa similaridade entre os rios Araguari e Amazonas pode ser explicada pela conexão do canal Urucurituba (Figura 1) que liga o rio Araguari ao Rio Amazonas, evento descrito por Santos, et al (2018).

Os resultados obtidos nas comunidades do Beira Amazonas, apenas cor, apresentou-se fora dos padrões. Os demais parâmetros estiveram de acordo com o que é preconizado pela legislação, além de apresentar valores semelhantes aos resultados de Malcher, et al (2020).

O parâmetro químico cloreto apresentou concentrações dentro dos padrões de potabilidade para as comunidades do Beira Amazonas nos três períodos estudados, com resultados semelhantes à 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 desinfecção inadequada, enquanto o primeiro parâmetro indica quantidade de reagente consumido, o segundo indica reagente disponível para prevenir possível contaminação ou proliferação de microrganismos (Brito; et al, 2007; Brasil, 2016).

Os valores elevados de Coliformes Termotolerantes e Escherichia Coli em águas superficiais (Tabela 2) atrelado à ineficiência do tratamento de água, resultou na presença de coliformes termotolerantes e Escherichia coli, nas amostras de residências nas comunidades das duas áreas (Tabela 1), independente do período analisado, exceto na área do Beira Amazonas, em agosto de 2021, em que foi registrado apenas a presença de Coliformes Termotolerantes indicando contaminação pós tratamento, os resultados indicam possível contaminação de água por patógenos, tornando-a imprópria para consumo humano (Brasil, 2016).

Os compostos nitrogenados (observar Tabelas 1 e 2) como amônia, que serve de indicador de poluição recente (Brandelero; et al, 2010) esteve frequentemente em conformidade com a legislação tanto para águas de residências quanto superficiais nas duas áreas, já o nitrato, produto final do nitrogênio orgânico indicador de poluição não recente, de acordo com o Manual de controle da qualidade da água, da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2014; Silva; Araújo, 2003), apresentou valores elevados e acima do máximo permitido em janeiro de 2022, nas duas áreas, estes parâmetros além de servirem de nutrientes para as

plantas, em elevada concentração acelera o processo de eutrofização dos corpos de hídricos.

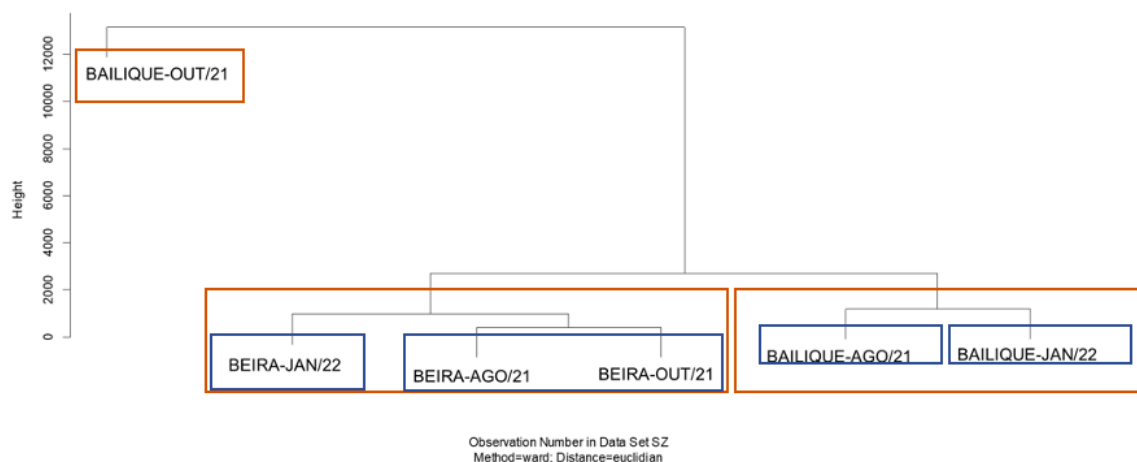
O parâmetro fósforo total apresentou concentrações acima do permitido nas comunidades das duas áreas, nos três períodos, assim como ocorreu na pesquisa de Malcher; et al (2020), pode-se atribuir a presença elevada de fósforo na água da região amazônica à processos naturais por sedimentos suspensos desde a nascente (Fox; et al, 1986) até a erosão do solo por vegetação ou processos antropogênicos (Klein; Agne, 2012).

A demanda bioquímica de oxigênio apresentou resultados em conformidade com a legislação nas duas áreas, 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 estarem diretamente relacionados à qualidade do ecossistema aquático, os parâmetros da 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; Pereira; et al, 2010), além disso foram os parâmetros que apresentaram maiores diferenças de concentrações relacionados à sazonalidade.

Para a variação sazonal, os dados foram agrupados por localidade em períodos de coletas, gerando o dendrograma correspondente aos 3 períodos de coletas, tanto para água de residências quanto para água bruta (Figura 3), observa-se a ocorrência de similaridade nos três períodos nas comunidades do Beira Amazonas, diferente do que se observa nas comunidades do Arquipélago do Bailique, no período seco (outubro de 2021) há grande dissimilaridade dos demais, sendo evidenciado pelo nível em que este grupo está representado na porção superior esquerda da Figura 3.

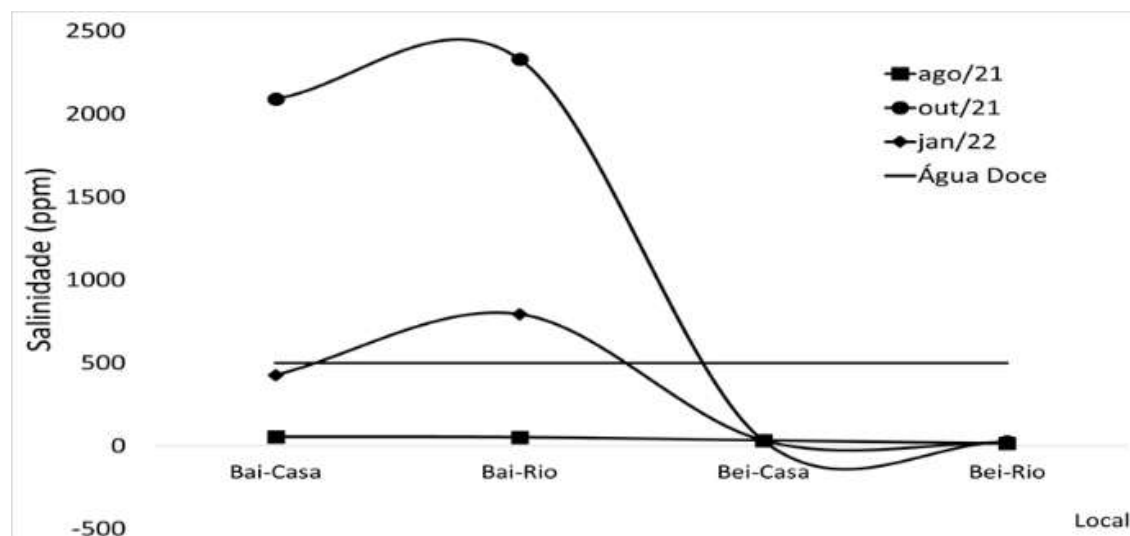
Figura 3 - Dendrograma de similaridade sazonal entre as comunidades do Arquipélago do Bailique e Beira Amazonas



Fonte: Organizados pelos autores (2023).

Para a variação sazonal, a dissimilaridade de valores no período seco na área do Bailique demonstra a possível influência gerada pela salinização do Delta do rio Araguari (Santos; et al, 2014; Bárbara; et al, 2010; Oliveira; Cunha, 2014), demonstrando forte influência da salinidade na qualidade da água, sendo verificado ao observar o gráfico de salinidade (Figura 4) que assim como nas pesquisas de Cunha; Sternber (2018), foi realizado medições de condutividade e calculado a salinidade evidenciando a diferença sazonal descrita pelo dendrograma da Figura 3.

Figura 4 -Valores para salinidade nos pontos de coleta



Fonte: Organizados pelos autores (2023).

Ao observar as Tabelas 2 e 3, verifica-se que as amostras de residências e água superficial nas comunidades do Beira Amazonas, o parâmetro cloreto atingiu média de valores abaixo de 7 mg.L⁻¹, nos três períodos, resultados similares aos de Bárbara; et al, (2010), Oliveira; Cunha (2014) e Malcher; et al. (2020), já nas comunidades do Bailique para amostras de residências e água superficial 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 com valores semelhantes aos de Santos; et al. (2018), ou seja, em águas que sofreram intrusão do mar.

Embora os parâmetros de condutividade elétrica e salinidade não apresentem 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% (500ppm); 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 se encontram em APHA (2017) e Team (2004), que para condutividade elétrica, em μScm^{-1} , 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 as abastecem, em outubro de 2021 foram observados 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 foi inferior a 0,05%.

Foi observado, ainda, valores dentro da classificação de água doce para salinidade nas duas áreas, no mês de agosto de 2021, esses valores foram mantidos em todos os períodos nas comunidades do Beira Amazonas, entretanto

para o 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 4), levando a população das comunidades do Arquipélago do Bailique a utilizarem água salobra para diversas atividades nestes períodos, conforme observado nas campanhas de campo.

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; 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 desaguaria 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.

Com isso, pode-se 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; Cunha, 2021). Sendo possível associar a salinização da foz do rio Amazonas na área do Arquipélago do Bailique a formação do canal Urucurituba (Figura 1), pois, 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 (Santos; et al, 2018).

Além disso, o canal do Urucurituba fica a aproximadamente 80 km da foz do Araguari, como observado, em 2011, registrou-se aumento da salinidade à 40

km adentro no rio, acredita-se que desde esse período até os dias atuais a salinidade pode ter avançado a montante do rio 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.

CONSIDERAÇÕES

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. Embora haja a realização de tratamento básico de desinfecção com cloro, em todos os períodos de coleta e em todas as residências, foi observado a presença de Coliformes Termotolerantes e *Escherichia coli*, indicando que o tratamento não está surtindo o efeito adequado.

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) no mês de janeiro de 2022, período intermediário de seca para cheia. Assim, pode-se 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.

Por fim, foi observado neste estudo o processo de salinização da água nas comunidades do Arquipélago do Bailique, no período de seca amazônica, alterando a classificação das águas neste período para salobra com valores superiores 500ppm 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, o que torna de suma importância o estudo de fatores ambientais e antropológicos que afetam a qualidade da água e intrusão salina em água doce na região.

REFERÊNCIAS

APHA. American Public Health Assoc., American Water Works Assoc. & Water Environment Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23 ed. Washington: American Public Health Association, 2017.

BÁRBARA, V. F.; CUNHA, A. C. da; RODRIGUES, A. S. de. L.; SIQUEIRA, E. Q. de. Monitoramento sazonal da qualidade da água do rio Araguari/AP. **Revista Biociências**, v. 16, nº 1, 2010. Disponível em: <https://periodicos.unitau.br/biociencias/article/view/1111>. Acesso em: 01 dez. 2023.

BRANDELERO, S. M.; SIQUEIRA, E. Q. de; SANTIAGO, M. F. A cinética do nitrogênio em água superficial de ambiente lótico. **Revista Ambiente e Água**, Volume 5, p. 147-156, 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/928/92815711009.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2023.

BRASIL, **Lei nº 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. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020). Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 30 out. 2023.

BRASIL, **Portaria de consolidação nº 5**, de 28 de setembro de 2017. Disponível em: http://www.portalsinan.saude.gov.br/images/documentos/Legislacoes/Portaria_Consolidacao_5_28_SETEMBRO_2017.pdf. Acesso em: 20 dez. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da qualidade da água para consumo humano**. 2016. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_plano_amostragem_aqua.pdf. Acesso em: 20 nov. 2023.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcdaltrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 22 nov. 2023.

BRITO, L. T. de. L.; AMORIM, M. C. C. de; LEITE, W. de M. Qualidade da Água para Consumo Humano. Documento 196 **EMBRAPA**, 2007. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/145537/qualidade-da-agua-para-consumo-humano>. Acesso em: 20 nov. 2023.

CUNHA, A. C. da; et al. Evento Extremo de Chuva-Vazão na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, Amapá, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, p. 95-

110, 2014. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/JHsKwdLpQVhkSQtWjQFtPXk/>. Acesso em: 20 dez. 2023.

CUNHA, A. C. da; STERNBERG, L. da S. L. Using stable isotopes ^{18}O and ^2H of lake water and biogeochemical analysis to identify factors affecting water quality in four estuarine Amazonian shallow lakes. **Hydrological Processes**. 2018.

Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hyp.11462>. Acesso em: 22 nov. 2023.

CUNHA, A. C. da. Revisão descritiva sobre qualidade da água, parâmetros e modelagem de ecossistemas aquáticos tropicais, **Biota Amazônia**, v. 3, nº 1, p. 124-143, 2013. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/233922257.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2023.

DAMASCENO, M. da. C. S; RIBEIRO, H. M. C; TAKIYAMA, L. R; PAULA, M. T. de. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais do Rio Amazonas na orla da cidade de Macapá, Amapá, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, set. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/kqVJh5Wj4wMmgv6vfp8jKHf/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 nov. 2023.

DANCEY, C. P; REIDY, J. **Estatística sem Matemática para Psicologia**. 7ª ed. Penso Editora, 2019.

FELIX NETO, J. da C; et al. Impactos hidroclimáticos de curto prazo no padrão hidrodinâmico de Rio de Estuário Amazônico, Amapá (AP), Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, jan. 2021. Disponível em:

<https://sustenerere.inf.br/index.php/rica/article/download/CBPC2179-6858.2021.001.0014/2451/11454>. Acesso em: 20 nov. 2023.

FERREIRA, M de P; GARCIA, M. S. D. Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana. *Dignidade Re-Vista*, v. 2, n. 3, p. 12, 2017. Disponível em: <https://periodicos.puc-rio.br/index.php/dignidaderevista/article/view/393>. Acesso em: 20 nov. 2023.

FERREIRA, R. R. M; PAIM, F. A. D. P; RODRIGUES, V. G. S; CASTRO, G. S. A. C. Análise de cluster não supervisionado em R: agrupamento hierárquico, Campinas - SP, **Embrapa Territorial**, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1126478/analise-de-cluster-nao-supervisionado-em-r-agrupamento-hierarquico>. Acesso em: 26 out. 2023.

FOX, L. E; SAGER, S. L; WOSFY, S. C. The chemical control of soluble phosphorus in the Amazon estuary. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, p. 783-794. 1986. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0016703786903546>. Acesso em: 15 nov. 2023.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília-DF, 2014. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/saude-ambiental/-/asset_publisher/G0cYh3ZvWCm9/content/manual-de-controle-da-qualidade-da-agua-para-tecnicos-que-trabalham-em-etas?inheritRedirect=false. Acesso em: 20 nov. 2023.

GIATTI, L. L. Reflexões sobre água de abastecimento e saúde pública: um estudo de caso na Amazônia brasileira. **Saúde e Sociedade**, v. 16, p. 134-144, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sausoc/a/j9ytQWkvjQLyRp3b3kgSmPK/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

HAIR, J. F; et al. **Análise multivariada de dados**. Bookman editora, 2009.

HUTTINGER, A; et al. **Infraestrutura e qualidade de água, saneamento e higiene em instalações de saúde rurais em Ruanda**. Pesquisa em serviços de saúde BMC, v. 1-11, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 10 ago. 2023.

KEMKER, C. Conductivity, salinity and total dissolved solids. Fundamentals of Environmental Measurements. Fairborn: **Fondriest Environmental**, 2014. Disponível em: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/>. Acesso em: 02 nov. 2023.

KLEIN, C; AGNE, S. A. A. Fósforo: de nutriente à poluente! **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. 1713-1721, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/6430/pdf>. Acesso em: 20 nov. 2023.

MALCHER, J. A. S; et al. Qualidade da água para abastecimento público em municípios com menos de 50 mil habitantes na Amazônia. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 7, p. 284-304, 2020. Disponível em: <https://sustenerne.inf.br/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2020.007.0025/2385>. Acesso em: 10 ago. 2023.

OLIVEIRA, B. S. S. de; CUNHA, A. C. da. Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá. **Revista Ambiente & Água**, junho, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/HD9Y4s843bwDtzy95TPrm3q/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

OSTERGOVÁ, E; OSTERTAG, O; KOVÁČ, J. Methodology and Application of the Kruskal-Wallis Test. **Applied Mechanics and Materials**, vol 611, pp. 115-120. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/289442433_Methodology_and_Application_of_the_Kruskal-Wallis_Test. Acesso em: 20 nov. 2023.

PEREIRA, G. A; OLIVEIRA, G. H; PINTO, A. L. Avaliação da Eficiência da Utilização do Oxigênio Dissolvido como Principal Indicador da Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Corrego Bom Jardim, Brasilândia/MS. **Revista GEOMAE**, v.1, nº 1, p .69 – 82, 2010. Disponível em: <https://periodicos.unespar.edu.br/geomae/article/view/5746>. Acesso em: 12 nov. 2023.

SANTOS, E. S; CUNHA, A. C. da; CUNHA, E. D. S. Análise Espaço-sazonal da Qualidade da Água na Zona Flúvio-Marinha do Rio Araguari-Amazônia Oriental-Brasil. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Volume 19 n.3 – Jul/Set 2014, 215-226, 2014. Disponível em: <https://biblat.unam.mx/hevila/RBRHRevistabrasileiraderecursososhidricos/2014/vol19/no3/17.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2023.

SANTOS, E. S. dos; CUNHA, A. C. da. 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**, 2015. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/index.php/biota/search/authors/view?firstName=Eldo&middleName=Silva%20dos&lastName=Santos&affiliation=Universidade%20Federal%20do%20Amap%C3%A1&country=BR>. Acesso em: 20 nov. 2023.

SANTOS, E. S. dos; CUNHA, A. C. da. Circulação secundária atípica em meandro fluviomarinho como parâmetro hidrodinâmico em ecossistema aquático amazônico. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, 12(3), 2021. Disponível em: <https://sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2021.003.0021>. Acesso em: 20 out. 2023.

SANTOS, E. S. dos; et al. The impact of channel capture on estuarine hydro-morphodynamics and water quality in the Amazon delta. **Science of the Total Environment**, pp. 887-899, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896971733646X>. Acesso em: 20 nov. 2023.

SCHERER, E. Mosaico Terra-água: A vulnerabilidade Social Ribeirinha na Amazônia. **VIII Congresso Luso-Afro-Brasileiro de Ciências Sociais**, 2004. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Mosaico-Terra-%C3%81gua%3A-a-vulnerabilidade-social-na-Scherer/ff4b8ed48d2e88032d9f792dd9344aff10b8903>. Acesso em: 21 out. 2023.

SILVA, R. de C. A; ARAÚJO, T. M. de. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciências & Saúde Coletiva**, Fev, pp. 1019-1028, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/Jqm4CW7ykGsmMsfNwt3tLqR/#:~:text=A%20concentra%C3%A7%C3%A3o%20de%20nitrate%20estava,de%20%C3%A1gua%20deste%20manancial%20subterr%C3%A2neo>. Acesso em: 20 nov. 2023.

SOUSA, A. Coeficiente de correlação de Pearson e coeficiente de correlação de Spearman : o que medem e em que situações devem ser utilizados? **Correio dos Açores: Matemática**, 21 de março de 2019, Disponível em:

https://repositorio.uac.pt/bitstream/10400.3/5365/1/Sousa_CA_21%20Mar%C3%A7o%202019.pdf. Acesso em: 10 out. 2023.

SOUZA, E. B. de; CUNHA, A. C. da. Climatologia de Precipitação no Amapá e Mecanismos Climáticos de Grande Escala. In: Cunha, A. C. da; Souza, E. B. de; Cunha, H. F. A. **Tempo, Clima e Recursos Hídricos: resultados do projeto Remetap no Estado do Amapá**. (Orgs). Macapá: [s.n.], v. 1, 2010. Cap. 10, p. 177-195, 2010. Disponível em: http://www.iepa.ap.gov.br/meteorologia/publicacoes/Livro_Remetap.pdf. Acesso em: 15 out. 2023.

TEAM, C. W. Electrical conductivity/salinity fact sheet. The clean water team guidance compendium for watershed monitoring and assessment, **Division of Water Quality**, factsheet. v. 2, p. 3, 2004. Disponível em: https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130en.pdf. Acesso em: 20 nov. 2023.

WARD, N. D; et al. Degradation of terrestrially derived macromolecules in the Amazon River. **Nature Geoscience**, v. 6, n. 7, p. 530-533, 2013. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/ngeo1817>. Acesso em: 20 nov. 2023.