

Artigo de Pesquisa

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA PRAIA DA LUA NO RIO NEGRO, MANAUS – AMAZONAS**Evaluation of the water quality of lua beach on the Negro River, Manaus – Amazonas**

Marques Souza dos Santos¹, Alexandra Amaro de Lima², Ana Rosa Tundis Vital Trigo³, Adriano Nobre Arcos⁴.

¹ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Laboratório de Hidrologia – IETÉ/LBA, Manaus, Brasil. E-mail. marquesmarquessouza@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8293-1858>

² Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia, Manaus, Brasil. E-mail. xanduca@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-3918-0013>

³ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Laboratório de Hidrologia – IETÉ/LBA, Manaus, Brasil. E-mail. artvitalt@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7029-9894>

⁴ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Laboratório de Hidrologia – IETÉ/LBA, Manaus, Brasil. E-mail. adriano.bionobre@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-9509-3283>

Recebido em 08/02/2023 e aceito em 17/05/2023

RESUMO: A qualidade da água dos rios pode ser moldada pelos períodos sazonais locais, principalmente em eventos extremos, interferindo nas condições de balneabilidade, pois sua contaminação pode ocasionar problemas de saúde pública. A região norte é fortemente influenciada por períodos sazonais de secas e cheias, o que afeta anualmente a praia da Lua, localizada no rio Negro no Estado do Amazonas. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade da água da praia da Lua em diferentes períodos sazonais e temporais. Para avaliar a qualidade da água da praia fluvial, foram realizadas coletas em 2008 e 2015, compreendendo os dois períodos sazonais, usando parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. No período seco, as variáveis limnológicas apresentam alterações nos seus valores, em especial os coliformes fecais em 2015. Sugerimos uma implantação de um programa contínuo de monitoramento os recursos hídricos locais, visando acompanhar a qualidade ambiental dos rios e igarapés de banham a cidade de Manaus, e que são utilizados diariamente pela população local e turistas para a prática de esporte e lazer.

Palavras-chave: Sazonalidade; Balneabilidade; Contaminação; Coliformes.

ABSTRACT: The quality of river water can be shaped by local seasonal periods, especially in extreme events, interfering with bathing conditions, as its contamination can cause public health problems. The northern region is strongly influenced by seasonal periods of droughts and floods, which annually affects the lua beach, located on the Negro River in the State of Amazonas. Therefore, the objective of this study was to evaluate the water quality of lua beach in different seasonal and temporal periods.

To evaluate the water quality of the river beach, samples were taken in 2008 and 2015, comprising the two seasonal periods, using physical, chemical, and microbiological parameters. In the dry period, the limnological variables show changes in their values, especially fecal coliforms in 2015. We suggest the implementation of a continuous program to monitor local water resources, aiming to monitor the environmental quality of the rivers and streams that bathe the city of Manaus, which are used daily by the local population and tourists for sports and leisure.

Keywords: Seasonality; Bathing; Contamination; Coliforms.

INTRODUÇÃO

A qualidade dos corpos hídricos não é uma preocupação atual, as interferências na qualidade desses recursos vêm desde o início com a revolução industrial na Europa durante o século XVIII e o forte crescimento urbano gerado, tornando os rios as principais fontes receptoras das águas residuais urbanas e industriais (MATOS, 2003). Associado a estes, o aumento das doenças oriundas da poluição da água, como tifo e cólera (REYNOSO et al., 2010; BAPTISTA; CARDOSO, 2016), além de alterar a qualidade da fauna e flora (GREGHI, 2005). Por consequência, em meados de 1843 países como Alemanha começaram a adotar conceitos higienistas, sendo esses seguidos por outros países, como a França (SCLIAR, 2007).

Com a consolidação na Europa da gestão dos recursos hídricos, aumentaram as garantias de água limpa e de boa qualidade para população (BARROS et al., 2016). Mas foi a experiência francesa na gestão desses recursos que inspirou e marcou o início da formulação dos instrumentos de garantia da qualidade e quantidade dos recursos hídricos aplicados hoje no Brasil (BRAGA; FERRÃO, 2015). Mas foi somente em 1997 com a lei nº 9.433, que a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) (ROCHA et al., 2020). Segundo a ANA (2020), a disponibilidade da água é o fator primordial para a qualidade adequada desse recurso, e pode ser determinada por fatores naturais como o excesso/ausência da precipitação, qualidade do solo e cobertura vegetal, além dos fatores antrópicos mencionados acima.

Os fatores antrópicos podem alterar a qualidade do corpo hídrico que muitas vezes pode ser tornar impróprio para uso e até mesma para a balneabilidade, que apesar de uso para o lazer pode se tornar um problema de saúde pública. O uso de indicadores físicos, químicos e microbiológicos para avaliação da balneabilidade são comuns em estudos de ambientes aquáticos (LOSA et al., 2022). Além disso, o impacto da precipitação na balneabilidade também é fonte de estudos, mostrando que a estação cheia pode afetar a qualidade da água por meio do transbordamento de sistemas de esgotos (ORDUJI et al., 2022).

Trabalhos ainda mostram que a qualidade dos rios pode ser afetada por uma grande quantidade de pessoas acessando o corpo hídrico simultaneamente, como mostram Varma e colaboradores (2022). Alamanos (2022) apresentou a estratégia no monitoramento dos rios, mostrando que os IQAs são ferramentas importantes para os gestores públicos, para acompanhamento do status da qualidade das águas, emitir avisos contra banho, e controlar as doenças derivadas da água. Todavia, em

outros países da Europa como a Irlanda, é comum o uso do monitoramento da qualidade da água para determinação das políticas públicas (WUIJTS et al., 2022).

Sobretudo a qualidade das águas é um indicador ambiental, pois a baixa qualidade dos corpos hídricos pode impactar igualmente na saúde da fauna e flora em seu entorno (SHEHAB et al., 2021; ROJAS et al., 2022). Além disso, destacam-se o papel da vegetação na química da água, atuando na variabilidade da qualidade dos corpos hídricos (MARMONTEL; RODRIGUES, 2015; ZHANG et al., 2019). Estudos tem mostrado avanços em suas técnicas e metodologias na busca para determinação da qualidade da água, como o uso do Índice de Qualidade da Água (IQA) (ARCOS & CUNHA, 2022; RIBEIRO et al., 2020), entretanto, Souza et al. (2020) ressaltaram a importância desenvolver um IQA regional.

Atualmente a busca por informações sobre a qualidade ambiental é de suma importância, pois a saúde humana e a ambiental estão intimamente relacionados. Além disso, é importante conhecer a qualidade ambiental dos diversos espaços urbanos e periurbanos, principalmente aqueles utilizados para a prática de lazer que estão em contato com a natureza (ARCOS et al., 2018). O crescimento urbano vem se destacando nesse contexto como um dos principais causadores de impactos ao meio ambiente, nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar as condições de balneabilidade da praia da Lua localizada no rio Negro em diferentes períodos sazonais, e comparar seus resultados entre anos distintos e com a resolução ambiental vigente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em uma praia fluvial na margem esquerda do rio Negro, distante 3 km da cidade de Manaus e conhecida popularmente como praia da Lua (3°2'15.61"S, 60°7'36.58"O). Ela está localizada em uma área muito procurada pelos turistas e banhistas, devido a aproximação da área urbana, longa extensão de praia com águas limpas e mornas, e presença de barracas e vendedores locais. O acesso é exclusivo por via fluvial, por meio de barcos, lanchas, voadeiras, com tempo de viagem estimado entre 7 a 10 minutos. As coletas foram executadas nos anos de 2008 e 2015, compreendendo os dois períodos sazonais da região (cheia – maio e junho, seca – setembro e outubro), durante cinco semanas consecutivas (Figura 1).

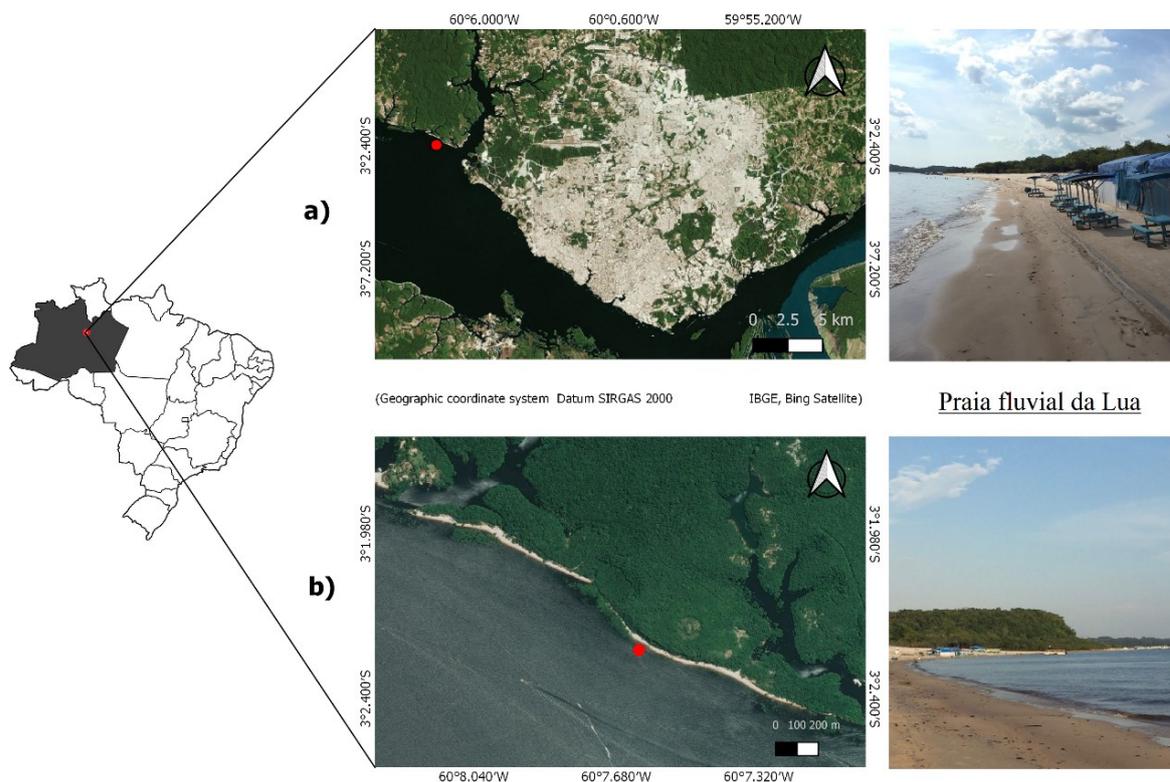


Figura 1. Área de estudo localizada na margem esquerda do rio Negro, Amazonas. a) distância da praia para cidade de Manaus; b) extensão da praia da Lua com a localização do ponto de coleta. **Fonte:** Autores (2023).

Variáveis limnológicas

As amostras de água foram coletadas em frascos de 500 mL, e passaram pelo processo de filtragem em papel de celulose, secagem e pesagem dos sólidos totais em suspensão, com a utilização do método gravimétrico (APHA, 2017). As amostras para verificação fósforo e nitrato foram fixadas, e determinadas através das técnicas de cromatografia de íons (APHA, 2017). O pH, oxigênio dissolvido, temperatura da água e condutividade elétrica foram medidos no local com o auxílio de equipamentos portáteis (Orion pH 290A+, YSI Dissolved oxygen e VWR “EC METER” 2052) (ARCOS et al., 2020).

Análises microbiológicas

A técnica dos tubos múltiplos inclui dois testes: o 1º presuntivo e o 2º confirmativo, que inclui os procedimentos 1, 2 e 3. Esses testes quantificam o número mais provável (NMP) coliformes fecais na amostra de água usando a tabela de Hoskins, recomendado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, através da resolução nº 274/2000 que é fundamentada no Standart Methods for Water and Wastwater Examination de acordo com a tabela 1 (APHA, 2017; BRASIL, 2000; ARCOS et al., 2016). Procedimento 1, crescimento de coliformes; Procedimento 2,

crescimento do grupo coliforme total; Procedimento 3, crescimento do grupo de coliformes fecais de acordo com a Figura 2 (ARCOS et al., 2020).

Técnica dos tubos múltiplos (Contagem de coliformes - NMP 100mL)

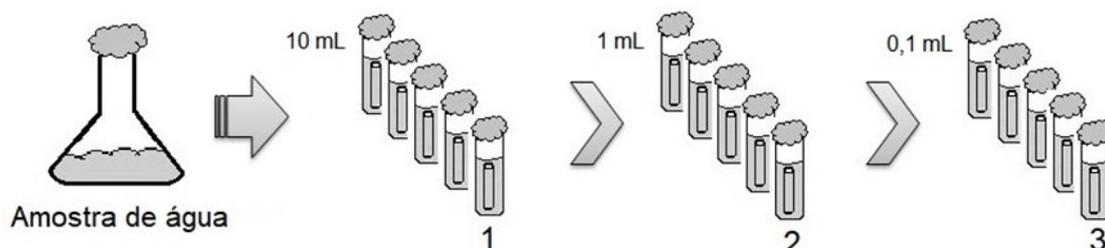


Figura 2. Esquema da técnica dos tubos múltiplos para crescimento de coliformes fecais em amostras de água. **Fonte:** Arcos et al. (2020).

Tabela 1. Categoria de classificação para balneabilidade conforme resolução ambiental do Conama n° 274/2000.

	Categoria Padrão	Limites de coliforme fecal (*NMP/100 mL)
Próprio	Excelente	Máximo 250 coliformes fecais em 80% ou mais das amostras.
	Muito bom	Máximo 500 coliformes fecais em 80% ou mais das amostras.
	Satisfatório	Máximo 1000 coliformes fecais em 80% ou mais das amostras.
	Impróprio	Superior a 1000 coliformes fecais em 20% ou mais das amostras.

*NMP (Número Mais Provável): é a estimativa da densidade de coliformes fecais em uma amostra, calculado a partir da combinação de resultados positivos e negativos.

Fonte: Arcos et al. (2020).

Análise de dados

Foi realizada a análise de componentes principais (PCA) com as variáveis limnológicas e os pontos amostrados, utilizando o software estatístico PAST versão 4.0 (HAMMER; HARPER, 2001). O nível do rio Negro (cota) foi retirado do banco de dados do Porto de Manaus (PORTO DE MANAUS, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os coliformes fecais no período cheio de 2008 variou de 3 a 91 NMP/100 mL, entretanto, no período seco do mesmo ano a densidade de coliformes teve variação de 36 a 910 NMP/100 mL, onde nesta amostragem os valores ficaram próximos ao limite de 1000 NMP estipulado pela resolução Conama n° 274/2000 (BRASIL, 2000).

Durante o período cheio de 2015 a densidade de coliformes fecais teve variação de 36 a 930 NMP, e no período seco variou de 91 a 1500 NMP de coliformes fecais, estando acima do estipulado pela resolução ambiental vigente e indicando este ponto como impróprio para banho (Figura 3).

O monitoramento dos recursos hídricos na região Amazônica vem sendo realizado em estudos que abordam diferentes parâmetros, dentre eles os coliformes fecais. A importância desta variável é abordada em estudos que avaliam as condições de balneabilidade (ARCOS et al., 2016), avaliação da qualidade da água (PINHEIRO; BORGES, 2013; ARCOS; CUNHA, 2022), e potabilidade (RAMOS et al., 2020). Além disso, a concentração dos coliformes no rio Negro está sendo fortemente relacionada com a sazonalidade e a urbanização, apontando níveis elevados dessas bactérias no período seco e próximo à foz de igarapés que recebem esgoto não tratado da cidade (PINTO et al., 2009; ARCOS et al., 2020; ARCOS; CUNHA, 2021). Este padrão também foi observado no presente estudo, apontando a contaminação por coliformes durante a vazante do rio, ultrapassando 1000 NMP de coliformes fecais na seca de 2015, apontando a praia da Lua como imprópria para o banho nesse período (Figura 3).

A presença de grande quantidade de coliformes pode gerar sérios problemas relacionados às doenças de veiculação hídrica, e a ausência ou inadequação dos sistemas de esgotamento sanitário afetam diretamente a saúde ambiental e pública (CESA; DUARTE, 2010). Segundo Bezerra et al. (2015), os corpos d'água da região metropolitana de Manaus vem sendo impactados por despejos de efluentes não tratados oriundos da cidade, acarretando no aumento de coliformes na água que acabam desaguando no rio Negro. Portanto, medidas de gestão ambiental são extremamente importantes para o acompanhamento da qualidade do ambiente aquático e geração de informações para tomadas de decisão.

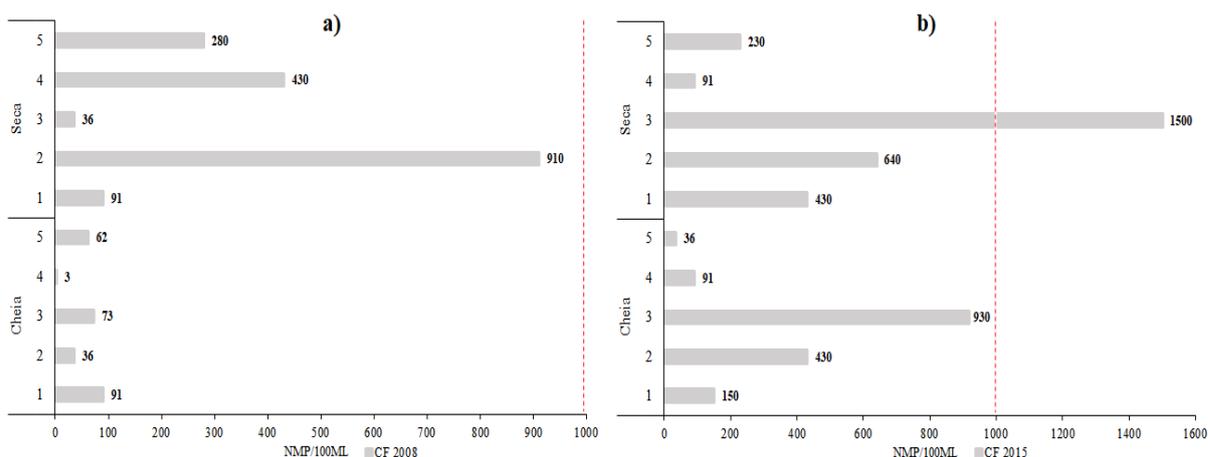


Figura 3. Densidade de coliformes fecais (NMP) presentes na praia da Lua durante o período cheio e seco do rio Negro em 2008 (a) e 2015 (b), Amazonas. **Fonte:** Autores (2023).

Os valores de pH na praia da Lua variaram de 4,1 a 5,0 na cheia de 2008, e durante a seca do mesmo ano variou entre 4,0 e 5,6. Em 2015, durante a cheia o pH variou entre 4,3 a 5,2, e na seca os valores variaram de 4,5 a 5,8 (Figura 4a). A resolução ambiental do Conama nº 357/2005 estipula valores de pH na faixa de 6 a 9 (BRASIL, 2005), entretanto, esses padrões pré-estabelecidos não condizem com a realidade local, que por sua vez, apresenta pH naturalmente ácido. Segundo Darwich et al. (2005) e Arcos et al. (2020), as águas pretas amazônicas apresentam valores de pH que variam de 3,8 a 5,8, portanto, são características naturais da região.

Nesse sentido, os estudos relacionados à avaliação ambiental devem levar em consideração os aspectos regionais locais, para não ocorrer problemas na interpretação dos dados e assim, implicando no resultado final do estudo ambiental. Para Silva et al. (2013), é necessário a criação de legislação ambiental que enquadrem a classificação dos rios da Amazônia, levando em consideração diversos parâmetros, dentre eles o pH.

Estudos realizados ao longo do rio Negro confirmam a acidez da água em regiões naturais, entretanto, em áreas próximas a cidade de Manaus, a poluição dos igarapés e rios vem alterando os valores de pH, diminuindo sua acidez devido a entrada de esgoto não tratado (MELO et al., 2005; PINTO et al., 2009; SOUZA FILHO et al., 2020). Esse processo de eutrofização dos recursos hídricos afeta diretamente os organismos aquáticos que dependem da qualidade da água, além disso, afeta também a saúde da população com problemas relacionados a saúde ambiental e pública.

As maiores concentrações de oxigênio dissolvido foram observadas no período cheio de 2008 e 2015, com variação entre 4,9 e 6,8 mg/L, e de 5,0 e 6,9 mg/L respectivamente. Durante o período seco de 2008, o oxigênio na água variou de 3,7 a 5,7 mg/L, e em 2015 entre 3,1 a 5,9 mg/L, destacando menor teor de oxigênio na água durante a vazante do rio, onde o volume d'água diminui consideravelmente (Figura 4b). Segundo a resolução nº 357/2005, os valores ideais de oxigênio dissolvido na água devem estar acima de 5 mg/L (BRASIL, 2005), entretanto, valores abaixo do estipulado foram vistos durante a amostragem, principalmente no período seco.

Nos ambientes aquáticos o oxigênio dissolvido é considerado uma variável importante na avaliação da qualidade da água, porém, para os rios de água preta os valores abaixo de 5 mg/L são encontrados naturalmente e os organismos deste ambiente estão adaptados a esta condição, reforçando assim a atenção para as características regionais (SILVA et al., 2013). Trabalhos realizados na praia do Tupé, Lua e Ponta Negra apontam teores semelhantes de oxigênio dissolvido no rio Negro, com um aumento da concentração na época da cheia (BEZERRA et al., 2015; ARCOS et al., 2016).

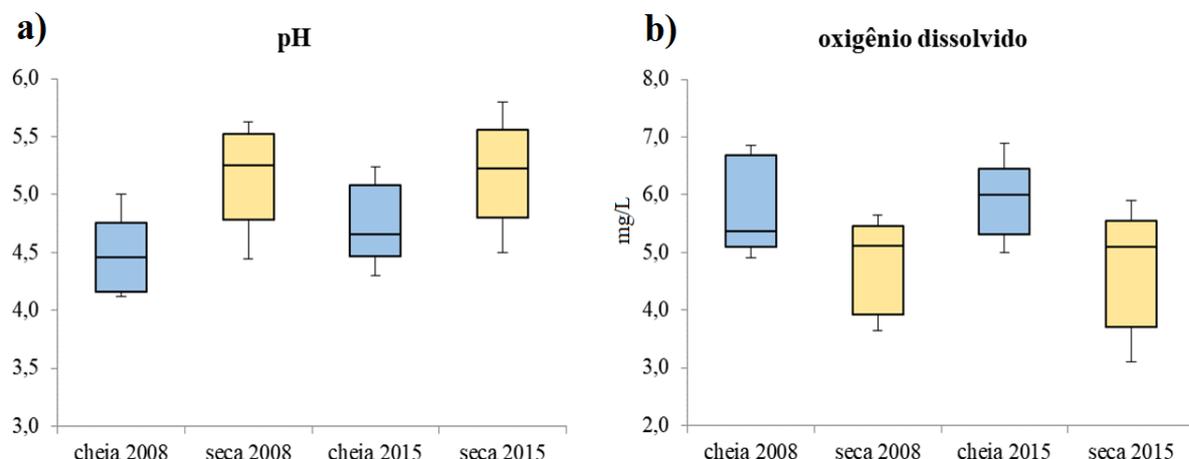


Figura 4. Variação temporal do pH e oxigênio dissolvido da água da praia da Lua, durante a cheia e seca de 2008 e 2015. **Fonte:** Aurotes (2023).

Durante os dois períodos sazonais, os valores de temperatura e condutividade elétrica na água mantiveram suas oscilações dentro do esperado para o rio Negro. A temperatura da água durante a cheia e seca de 2008 foi em média 29,4 e 31,0 °C respectivamente (Figura 5a). Em 2015, a temperatura média no período cheio foi de 29,4 e no período seco foi de 31,5 °C (Figura 5a). E estes valores são frequentemente encontrados em estudos ao longo do rio Negro (FONSECA et al., 1982; APRILE et al., 2011; ARCOS et al., 2020).

A temperatura da água está associada diretamente com o período sazonal e variáveis climáticas na região, onde observamos oscilações importantes entre os períodos de cheia e seca em ambos os anos, com o aumento da temperatura da água durante a seca e o inverso é observado durante a cheia do rio. Segundo Thomaz et al. (1997), a temperatura é uma variável que contribui para a sazonalidade dos ambientes aquáticos, além disso, influencia diretamente na solubilidade do oxigênio dissolvido nos corpos d'água, portanto, o aumento da temperatura diminui a solubilidade do oxigênio na água e consequentemente, afetando negativamente sua concentração no ambiente aquático (ESTEVES, 2011).

A média de condutividade elétrica da água na praia da Lua em 2008 foi 8,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na cheia e 10,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na seca. Enquanto no ano de 2015, a média foi 9,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na cheia e 10,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na seca (Figura 5b). Estudos ao longo da orla de Manaus apontam que valores elevados de condutividade elétrica são encontrados comumente durante a seca do rio Negro, chegando a 14,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em ambientes naturais e 230,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em ambientes com intensa atividade antrópica (BASTOS et al., 2016). Conhecer os valores de condutividade elétrica no ambiente aquático são importantes, especialmente por fornecer subsídios para potenciais reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram no ambiente, ocasionados por lançamentos de efluentes, resíduos industriais, mineração, dentre outros (TAKIYAMA et al., 2003).

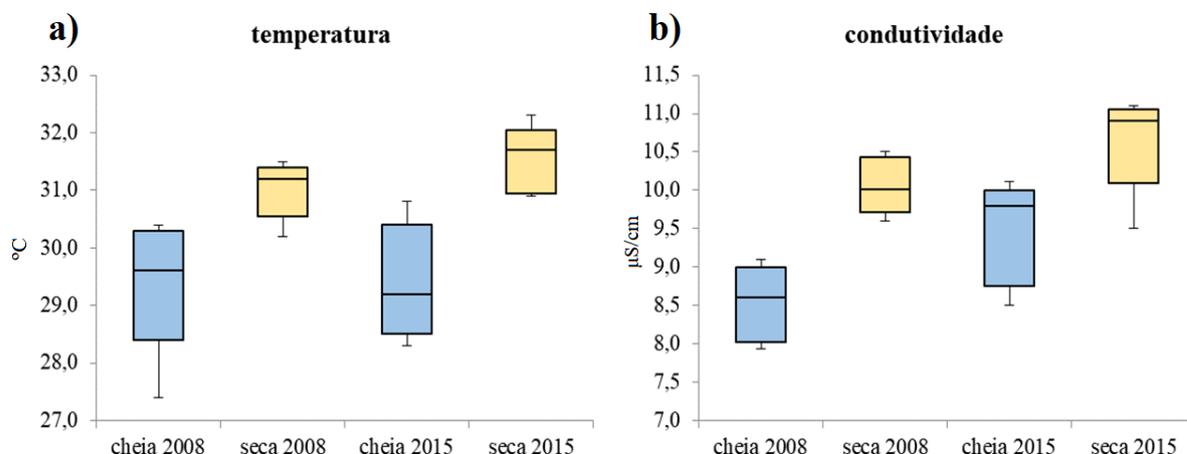


Figura 5. Variação temporal da temperatura e condutividade elétrica da água da praia da Lua, durante a cheia e seca de 2008 e 2015. **Fonte:** Autores (2023).

Os sólidos totais em suspensão apresentaram maiores concentrações nos períodos secos de cada ano, com média de 7,0 mg/L em 2008 e 10,3 mg/L em 2015. Durante as cheias de 2008 e 2015 os valores foram reduzidos consideravelmente, apresentando média de 3,6 mg/L e 4,3 mg/L respectivamente (Figura 6a). Reforçando nossos dados, Silva et al. (2009) apontam que os sólidos totais apresentam variações sazonais, com valores elevados no período de estiagem. Destacamos que neste mesmo período, o volume do rio Negro diminuiu consideravelmente e acarreta na concentração desses sedimentos na água, assim como a presença de matéria orgânica, esponjas e algas. Segundo Silva et al. (2008), a quantidade elevada de sedimentos em um determinado local pode indicar eutrofização por meio de atividades antrópicas, indicando degradação ambiental, portanto, se tornando uma ferramenta importante de avaliação ambiental nos corpos d'água.

Assim como os sólidos totais em suspensão, os nutrientes da água como o fosfato foram afetados também pela sazonalidade. Os teores de fosfato na água no período seco variaram de 0,01 a 0,0 mg/L em 2008 e entre 0,01 e 0,03 mg/L em 2015. Durante o período de cheia do rio Negro, o fosfato na praia da Lua em 2008 teve variação de 0,00 a 0,01 mg/L, e em 2015 variou entre 0,01 a 0,02 mg/L, com valores reduzidos em comparação com o período distinto (Figura 6b). Esta variável é considerada indispensável para o crescimento de alguns organismos aquáticos, e altas concentrações de fosfato são responsáveis pela eutrofização artificial do ambiente aquático, principalmente em áreas urbanas da cidade de Manaus (SERRAO; CHAVES, 2019).

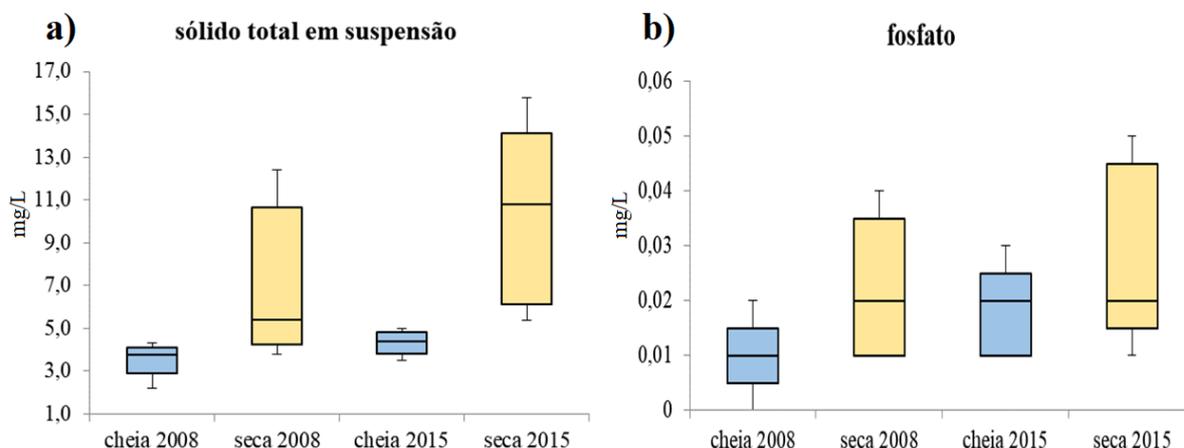


Figura 6. Variação temporal do sólido total em suspensão e fosfato da água da praia da Lua, durante a cheia e seca de 2008 e 2015. **Fonte:** Autores (2023).

A análise de componentes principais (PCA) explicou 99,9% da variação total, onde o eixo 1 explicou 99,97% e o eixo 2 explicou 0,02%. O fosfato e os sólidos totais em suspensão foram significativos para o eixo 2 respectivamente ($r=0,844$, $r=0,512$), enquanto o coliforme fecal foi mais significativo para o eixo 1 ($r=0,999$). As demais variáveis não foram associadas com nenhum período estudado (Figura 7).

O agrupamento de determinadas variáveis ambientais com áreas estudadas, períodos sazonais e/ou grupos de organismos, são comumente utilizadas para tentar elucidar a relação dessas variáveis com o ambiente estudado. Nesse sentido, conseguimos identificar uma forte relação do fosfato, sólidos totais e coliformes com a seca de 2015, apontando que durante a vazante do rio e o baixo volume de água, estão presentes altas concentrações de nutrientes e coliformes, implicando assim na qualidade da água da praia da Lua. Além disso, o crescimento da cidade de Manaus de 2008 para 2015 sem um planejamento adequado no saneamento e tratamento de esgoto, influenciou diretamente nos resultados da pesquisa.

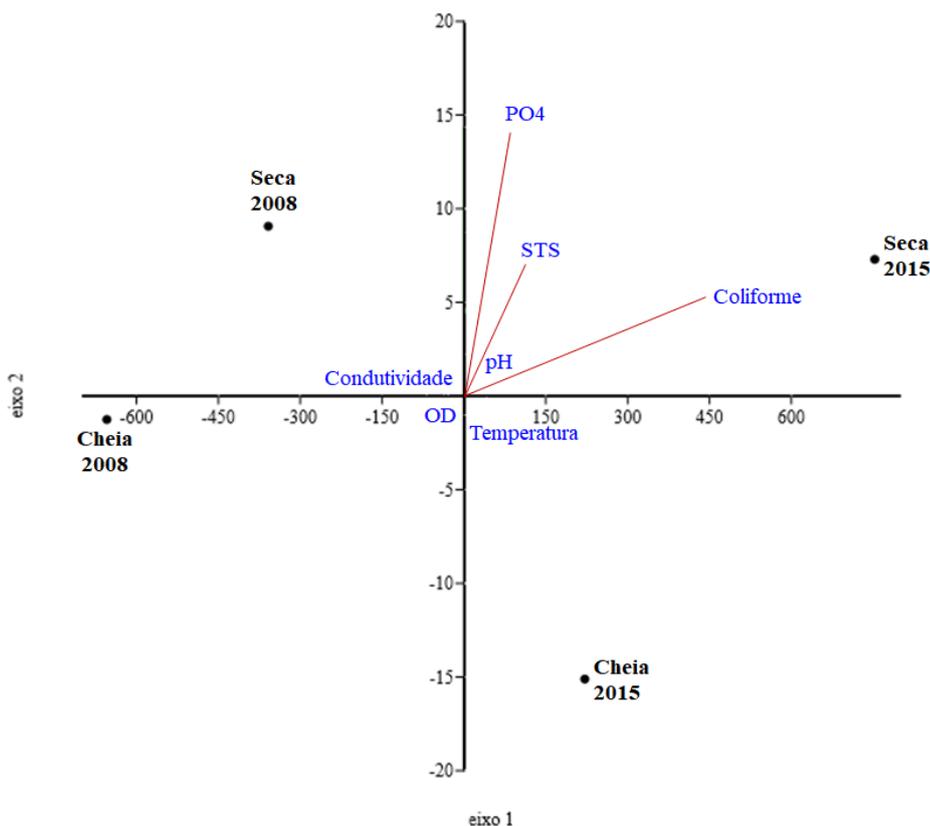


Figura 7. Ordenação da análise de componentes principais (PCA) entre as variáveis limológicas e os períodos estudados na praia da Lua, rio Negro – Amazonas. **Fonte:** Autores (2023).

A cota do rio Negro variou de 28 a 28,6 metros durante a cheia de 2008, e na seca do mesmo ano apresentou variação entre 19 a 23,3 metros. Em 2015, no período cheio o rio apresentou variação de 25,2 a 29,9 metros, enquanto no período seco os valores variaram entre 17,3 e 25,1 metros, apontando maiores volumes de água no período cheio em comparação com o período de seca do rio Negro (Figura 8). O nível do rio Negro e o volume de água nele presente são importantes aspectos que influenciam diretamente outros parâmetros ambientais, e conseqüentemente, na qualidade da água. Segundo Pinto et al. (2009), o grande volume de água atua na diluição dos poluentes durante o período de cheia do rio, e este apontamento também foi constatado no presente estudo na praia da Lua.

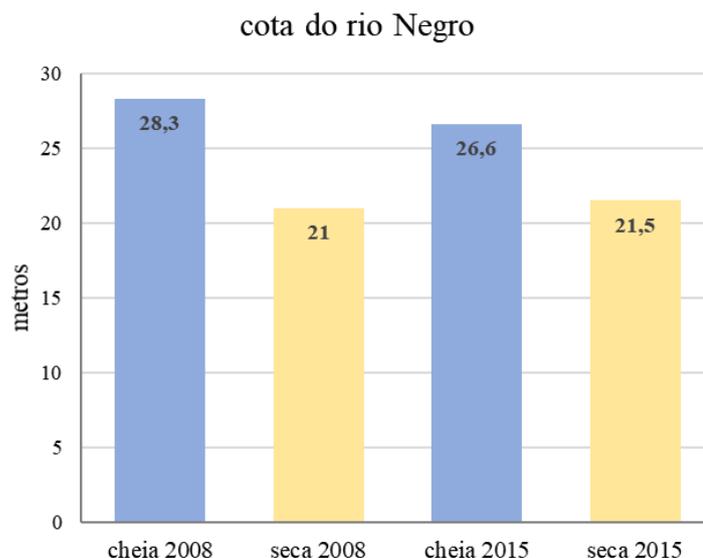


Figura 8. Média do nível do rio Negro nos dois períodos sazonais durante 2008 e 2015.

Fonte: Autores (2023).

Estudos na região metropolitana de Manaus apontam que o regime sazonal atua significativamente na qualidade dos recursos hídricos, seja para abastecimento público, balneabilidade, e proteção da vida aquática (FALCÃO, ARCOS; COSTA, 2021; ARCOS; CUNHA, 2022), além disso, fenômenos como a precipitação e a diluição podem atuar na diminuição ou sumidouro de metais pesados em águas urbanas (LAGES et al., 2022). Durante a seca do rio Negro esses compostos ficam mais concentrados, e em regiões próximas à cidade de Manaus, seus valores podem ultrapassar o limite aceitável pelas resoluções ambientais vigentes (PINTO et al., 2009). Além do papel importante da gestão pública nas ações de controle, monitoramento e educação ambiental referente à poluição dos rios e igarapés da região Amazônica, a população também possui fundamental importância na manutenção de uma boa qualidade ambiental local (FALCÃO, COSTA; ARCOS, 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade da água da praia da Lua foi fortemente influenciada pelos períodos sazonais, que compreende a enchente e vazante do rio Negro no Amazonas. Durante a seca, as variáveis limnológicas apresentam alterações nos seus valores, em especial os coliformes fecais que implicaram na classificação da praia como imprópria para o banho em 2015. As variáveis físico-químicas permaneceram dentro dos padrões estipulados pela resolução ambiental vigente e para as características regionais, variando com o pulso de inundação local. Nesse contexto, com o passar dos anos e o aumento da urbanização local surge a necessidade da implantação de um programa contínuo de monitoramento os recursos hídricos locais, visando acompanhar a qualidade ambiental dos rios e igarapés de banham a cidade de

Manaus, e que são utilizados diariamente pela população local e turistas para a prática de esporte e lazer.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos técnicos do Laboratório de Química Ambiental do INPA pelo suporte na coleta e análises. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001. E ao laboratório de Hidrologia do Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia – LBA/INPA pela disponibilidade de estrutura para trabalhar o banco de dados.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Concepção: Adriano Nobre Arcos, Marques Souza dos Santos. **Metodologia:** Adriano Nobre Arcos, Marques Souza dos Santos. **Análise formal:** Adriano Nobre Arcos, Alexandra Amaro de Lima, Ana Rosa Tundis Vital Trigo. **Pesquisa:** Adriano Nobre Arcos. **Recursos:** Adriano Nobre Arcos. **Preparação de dados:** Adriano Nobre Arcos, Marques Souza dos Santos. **Escrita do artigo:** Adriano Nobre Arcos, Marques Souza dos Santos, Alexandra Amaro de Lima. **Revisão:** Adriano Nobre Arcos, Marques Souza dos Santos, Alexandra Amaro de Lima, Ana Rosa Tundis Vital Trigo. **Supervisão:** Adriano Nobre Arcos, Alexandra Amaro de Lima. **Aquisição de financiamento:** Adriano Nobre Arcos.

REFERÊNCIAS

ALAMOS, A. Bathing water quality analysis, management and policy: an integrated assessment for Ireland. **Water Policy**, v. 24, n.1, 2022. <https://doi.org/10.2166/wp.2021.221>

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23 Ed. Editora American Public Health Association, EUA, 2017.

APRILE, F. M.; DARWICH, A. J.; MIGUÉS, A. M. (2011). Modelo de fluxo de Nitrogênio e Fósforo para sistemas flúvio-lacustres às margens do rio Negro, Amazonas, Brasil. In: SANTOS-SILVA, E. N.; SCUDELLER, W. V.; CAVALCANTI, M. J. (org.). **BioTupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central**. Manaus: Editora INPA, 2011. p. 35-67.

ARCOS, N. A.; CUNHA, H. B.; SILVA, M. S. R. Avaliação do grupo coliforme fecal como indicador de balneabilidade de três praias do rio Negro, Manaus – AM. In: FERREIRA, S. J. F.; SILVA, M. L.; PASCOALOTO, D. (Org.). **Amazônia das águas: Qualidade, Ecologia e Educação Ambiental**. Manaus: Editora Valer, 2016. p. 69-89.

ARCOS, A. N.; AMARAL, A. C. L.; SANTOS, M. A.; SILVA, C. M. A.; KOCHHANN, D.; TADEI, W. P. Water Quality of Urban Lakes in the Central-Southern Region of Manaus, Amazon. **Scientia Amazonia**, v. 7, n.2, p. 1-11, 2018

ARCOS, A. N.; SILVA, J. S.; CUNHA, H. B. Grupo coliforme fecal como indicador de balneabilidade em praia de água doce no rio Negro, Amazonas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e238974015, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4015>

ARCOS, A. N.; CUNHA, H. B. Avaliação dos impactos da poluição nas águas superficiais de um afluente do rio Solimões na Amazônia Central Brasileira. **Caminhos da Geografia**, v. 22, n. 80, p. 01-14, 2021. <https://doi.org/10.14393/RCG228053079>

ARCOS, A. N.; CUNHA, H. B. Índice de qualidade de água (IQA) e balneabilidade em praias de água doce no rio Negro, Manaus (Amazonas). **Revista Espinhaço**, v. 11, n. 1, p. 01-15, 2022. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7108333>

BAPTISTA, M. B.; CARDOSO, A. S. Rios e cidades uma longa e sinuosa história. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, v. 20, n. 2, p. 124–153, 2016. <https://doi.org/10.35699/2316-770X.2013.2693>

BARROS, C. G. D.; ROSA, A. L. D.; SILVA, J. L. S.; OLIVEIRA, G. A.; TEIXEIRA, L. G.; SAMPAIO, R. B. S. Superfície potenciométrica e possíveis fontes de contaminação do aquífero Parecis no município de Vilhena-RO, BR. **Revista Monografias Ambientais**, v.15, n.8, p.74-84, 2016. <http://dx.doi.org/10.5902/2236130800000>

BASTOS, A. S.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F. Índices de Qualidade das Águas do Rio Negro da Orla de Manaus/AM. In: V Congresso de Iniciação do INPA-CONIC, Manaus, 2016. **Anais [...]**. Manaus: INPA, 2016. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/37153/1/BASTOS%20Alexandre%20Souza.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2022.

BEZERRA, T. P.; CUNHA, H. B.; ROCHA, M.S. Avaliação dos coliformes nas águas do rio negro, balneários e ao longo da orla e Manaus/AM. In: IV Congresso de Iniciação Científica do INPA-CONIC, Manaus, 2015. **Anais [...]**. Manaus: INPA, 2015. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/37120/1/BEZERRA%20Tayane%20pereira.pdf>. Acesso em: 20 set. 2022.

BRAGA, L. M. M.; FERRÃO, A. M. A. A gestão dos recursos hídricos na França e no Brasil com foco nas bacias hidrográficas e seus sistemas territoriais. **Labor e Engenho**, v.9, n.4, p.19-33, 2015. <https://doi.org/10.20396/lobore.v9i4.8642229>

BRASIL. Agência Nacional De Águas. **Enquadramento dos corpos d'água em classes**. Brasília, 2020. Encarte da Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura->

dos-recursos-hidricos/encarte_enquadramento_conjuntura2019.pdf. Acesso em: 01 ago. 2022.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução 274 de 29 de novembro de 2000**. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. 2000. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html>. Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005**. Estabelece a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/Conama/>. Acesso em 12 jul. 2022.

CESA, M.V.; DUARTE, G. M. A qualidade do ambiente e as doenças de veiculação hídrica. **Geosul**, v. 25, n. 49, p. 63-78, 2010.

DARWICH, A. J.; APRILE, F. M.; ROBERTSON, B. A.; ALVES, L. F. Limnologia do Lago Tupé: dinâmica espaço-temporal do oxigênio dissolvido. In: SANTOS-SILVA, E.N.; APRILE, F. M.; SCUDELLER, W. V.; MELO, S. (org.). **BioTupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central**. Manaus: Editora INPA, 2005. p. 35-67.

ESTEVES, F. D. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3ª edição. Interciência: Rio de Janeiro, 2011.

FALCÃO, M. M. S.; ARCOS, A. N.; COSTA, F. S. Avaliação da qualidade ambiental dos recursos hídricos ao longo do rio Preto da Eva no Amazonas, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e107101522560, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.22560>

FALCÃO, M. M. S.; COSTA, F. S.; ARCOS, A. N. Percepção ambiental de usuários e permissionários em Balneário Municipal de Rio Preto da Eva (AM). **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 17, n. 5, p. 429-444, 2022. <https://doi.org/10.34024/revbea.2022.v17.13982>

FONSECA, O. J. M.; SALEM, J. I.; GUARIM, V. L. Poluição e autopurificação do rio Negro nas cercanias de Manaus. **Acta Amazônica**, v. 12, n. 2, p. 271-278, 1982. <https://doi.org/10.1590/1809-43921982122271>

GREGHI, S. Q. **Avaliação da eficiência de métodos rápidos usados para detecção de Coliformes Totais e Coliformes Fecais em amostras de água em comparação com técnicas de fermentação em tubos múltiplos**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2009.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001.

LOSA, M. S.; GONZÁLEZ, A. R. M.; HURTADO, D. C. Avaliação da qualidade da água com ênfase no estado trófico em zonas balneares da costa centro-sul de Cuba. **Ocean and Coastal Research**, v. 20, 2022.

MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. Indicative Parameters for Water Quality in Water Springs with Different Land Cover and Conservation of Riparian Vegetation. **Floresta Ambiente**, v. 22 n. 2, p.171-181, 2015. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.082014>

MATOS, J. S. Aspectos Históricos e Actuais da evolução da drenagem de águas residuais em meio urbano. **Engenharia civil UM**, n.16, p. 13-23, 2003.

MELO, E. G. F.; SILVA, M. D. S. R.; MIRANDA, S. Influência antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus-Amazonas. **Caminhos de geografia**, v. 5, n. 16, p. 40-47, 2005.

ORDULJ, M.; JOZIC, S.; BARANOVIC, M.; KRZELJ, M. The Effect of Precipitation on the Microbiological Quality of Bathing Water in Areas under Anthropogenic Impact. **Water**, v. 14, n. 4, p. 527, 2022. <https://doi.org/10.3390/w14040527>

PINHEIRO, L. A.; BORGES, J. T. Avaliação hidroquímica qualitativa das águas do baixo rio Negro. **RUnPetro**, v. 1, n. 2, p. 23-32, 2013.

PINTO, A. G. N.; HORBE, A. M. C.; SILVA, M. D. S. R.; MIRANDA, S. A. F.; PASCOALOTO, D.; SANTOS, H. M. D. C. Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 3, p. 627-638, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000300018>

PORTO DE MANAUS. **Nível do rio Negro**. 2020. Disponível em: <https://www.portodemanaus.com.br/?pagina=nivel-do-rio-negro-hoje>. Acesso em 01 jun. 2021.

RAMOS, M. F. L.; WACHHOLZ, F.; SILVA NETO, J. C. A. Qualidade dos recursos hídricos na comunidade flutuante lago do catalão, Iranduba-Am. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 73, p. 98-115, 2020. <https://doi.org/10.14393/RCG217347290>

REYNOSO, A. E. G.; MUÑOZ, L. H.; CHEN, M. P.; SAENZ, I. Z. **Rescate de ríos urbanos**: propuestas conceptuales y metodológicas para la res-auración y rehabilitación de ríos. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2010.

RIBEIRO, N. U. F.; BEGA, J. M. M.; CARVALHO, S. L. Índice de qualidade das águas no rio Paraná, Aparecida do Taboado - MS, Brasil: dados preliminares. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 8, n. 64, p. 101-116, 2020.

ROCHA, G. S.; PINHEIRO, A. V. R.; COSTA, C. E. A. S. Water Resource Management in the City of Parauapebas (PA): Usage Assessment, Changes in Scenarios and Possible Impacts. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, p. e194943042, 2020.

ROJAS, O.; AVENDAÑO, C.; ISAKSON, R. Calidad del agua en el paisaje de la Ecorregión Lachuá: Comparando arroyos en bosque, milpa y palma africana. **Ciencia, Tecnología y Salud**, v. 9, n. 1, p. 21-42, 2022. <https://doi.org/10.36829/63CTS.v9i1.921>

SCLIAR, M. História do conceito de Saúde. **Revista de Saúde Coletiva**, v. 17, n. 1, p. 29-41, 2007.

SERRAO, V. R.; CHAVES, E. V. Monitoramento de Fosfato em águas Contaminadas do Igarapé do Educandos. **Revista Igapó-Revista de Educação Ciência e Tecnologia do IFAM**, v.13, n. 1, p. 62 -68, 2019.

SHEHAB, Z. N.; JAMIL, N. R.; ARIS, A. Z.; SHAFIE, N. S. Spatial variation impact of landscape patterns and land use on water quality across an urbanized watershed in Bentong, Malaysia. **Ecological Indicators**, v. 122, p. 107254, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107254>

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta amazônica**, v. 38, n. 4, p. 733-742, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000400017>

SILVA, A. P. D. S.; DIAS, H. C. T.; BASTOS, R. K. X.; SILVA, E. Qualidade da água do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 33, n. 6, p. 1063-1069, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000600009>

SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F.; DOMINGO, R. N.; SILVA, S. L. R.; SANTANA, G. P. Classificação dos Rios da Amazônia: Uma Estratégica para Preservação desses Recursos. **HOLOS Environment**, v. 13, n. 2, p. 163-174, 2013. <http://doi:10.14295/holos.v13i2.7344>

SOUZA FILHO, E. A.; ALVES, S. B. D. S. M.; NEVES, R. K. R.; BATISTA, I. H.; ALBUQUERQUE, C. C.; DAMASCENO, S. B.; NASCIMENTO, D. A. Estudo comparativo de aspectos físico-químicos entre águas da microbacia do mindu e igarapés sob influência antrópica na cidade de Manaus-AM. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 2419-2433, 2020.

SOUZA, A. T.; CARNEIRO, L. A. T. X.; SILVA JUNIOR, O. P.; CARVALHO, S. L.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P. Assessment of water quality using principal component analysis: a case study of Marrecas stream basin in Brazil. **Environmental Technology**, v. 42, n. 27, p. 4286-4295, 2020. <https://doi.org/10.1080/09593330.2020.1754922>

TAKIYAMA, L. R.; SILVA, A. Q.; COSTA, W. J. P.; NASCIMENTO, H. S. Qualidade das Águas das Ressacas das Bacias do Igarapé da Fortaleza e do Rio Curiaú In: TAKIYAMA, L. R.; SILVA, A.Q. (org.). **Diagnóstico das Ressacas do Estado do Amapá: Bacias do Igarapé da Fortaleza e Rio Curiaú, Macapá-AP**. CPAQ/IEPA e DGEO/SEMA, 2003. p. 81-104.

THOMAZ, S. M.; ROBERTO, M. D. C.; BINI, L. M. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: VAZZOLER, A. D. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (org.). **A planície de inundação do alto rio Paraná**: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá: EDUEM, 1997. p. 73-102.

VARMA, K.; TRIPATHI, P.; UPADHYAYA, S.; SRIVASTAVA, A.; RAVI, N. K.; SINGHAL, A.; JHA, P. K. Assessment of mass bathing event (Kumbh- 2019) impact on the river water quality by using multivariate analysis and water quality index (WQI) techniques at Sangam (Prayagraj), India. **Groundwater for Sustainable Development**, v. 17, p. 100750, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2022.100750>

WUIJTS, S.; FRIEDERICHS, L.; HIN, J. A.; SCHETS, F. M.; VAN RIJSWICK, H. F. M. W. Governance conditions to overcome the challenges of realizing safe urban bathing water sites. **International Journal of Water Resources Development**, v. 38, n. 4, p. 554-578, 2022. <https://doi.org/10.1080/07900627.2020.1755617>

ZHANG, M.; CHENG, X.; GENG, Q.; SHI, Z.; LUO, Y.; XU, X. Leaf litter traits predominantly control litter decomposition in streams worldwide. **Global Ecology and Biogeography**, v. 28, p.1469–1486, 2019. <https://doi.org/10.1111/geb.12966>



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0