



Diagnóstico da qualidade da água do Rio Pericumã (Maranhão, Brasil) com base em parâmetros físico-químicos

Assessment of the water quality of the Pericumã River (Maranhão, Brazil) based on physicochemical parameters

Evaluación de la calidad del agua del Río Pericumã (Maranhão, Brasil) basada en parámetros físico-químicos

Maria Eduarda Cabral Bezerra¹, Leticia Alves dos Santos², Regineide de Oliveira Lima³, Francisco Sávio Mendes Sinfrônio⁴, Joao Paulo Tenorio da Silva Santos⁵

1. Universidade Federal do Maranhão, E-mail: mec.bezerra@discente.ufma.br;
2. Universidade Federal do Maranhão, E-mail: alves.leticia@discente.ufma.br;
3. Universidade Federal do Maranhão, E-mail: regineide.lima@ufma.br;
4. Universidade Federal do Maranhão, E-mail: francisco.savio@ufma.br;
5. Universidade Federal do Maranhão, E-mail: joao.tenorio@ufma.br

Resumo – O rio Pericumã, localizado no município de Pinheiro (MA), constitui um importante recurso hídrico para atividades de abastecimento, pesca e transporte fluvial. Entretanto, a intensificação do processo de urbanização, associada à deficiência estrutural dos sistemas de saneamento básico, tem contribuído para a degradação progressiva da qualidade ambiental desse corpo hídrico. O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água do rio Pericumã por meio da análise de parâmetros físico-químicos representativos, investigando possíveis influências de pressões antrópicas ao longo do trecho urbano do município. A metodologia consistiu na coleta sistemática de amostras de água em três pontos representativos do rio, localizados nos trechos Maria Santa Bar (M.S.), Faveira Ribeirinhos (F.R.) e Vala do Gabião (V.G.), durante os meses de abril, maio e junho de 2024. Foram analisados os parâmetros pH, sólidos totais dissolvidos, temperatura, oxigênio dissolvido, amônia e nitrito. Os resultados evidenciaram variações espaciais e temporais relevantes na qualidade da água, com destaque para a redução dos níveis de oxigênio dissolvido no ponto V.G., cujos valores variaram entre 1 e 2 ppm, abaixo do limite mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos d'água de classe 2. Adicionalmente, observou-se tendência de aumento nos valores de sólidos totais dissolvidos ao longo do período amostral, possivelmente associada à redução da vazão fluvial e ao aporte de efluentes urbanos. Os resultados indicam a influência de atividades antrópicas na dinâmica físico-química do rio, reforçando a necessidade de monitoramento ambiental contínuo e da implementação de políticas públicas voltadas à gestão e à proteção sustentável dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Qualidade da água. Parâmetros físico-químicos. Monitoramento ambiental. Recursos hídricos. Baixada Maranhense.



Abstract – The Pericumã River, located in the municipality of Pinheiro, Maranhão (Brazil), constitutes an important water resource for water supply, fishing, and fluvial transportation activities. However, the intensification of urbanization processes, associated with structural deficiencies in basic sanitation systems, has contributed to the progressive degradation of the environmental quality of this water body. The present study aimed to evaluate the water quality of the Pericumã River through the analysis of representative physicochemical parameters, investigating possible influences of anthropogenic pressures along the urban stretch of the municipality. The methodology consisted of the systematic collection of water samples at three representative sites along the river, located at Maria Santa Bar (M.S.), Faveira Ribeirinhos (F.R.), and Vala do Gabião (V.G.), during the months of April, May, and June 2024. The analyzed parameters included pH, total dissolved solids, temperature, dissolved oxygen, ammonia, and nitrite. The results revealed relevant spatial and temporal variations in water quality, particularly the reduction in dissolved oxygen levels at site V.G., where values ranged between 1 and 2 ppm, below the minimum limit established by CONAMA Resolution No. 357/2005 for Class 2 water bodies. Additionally, an increasing trend in total dissolved solids was observed throughout the sampling period, possibly associated with reduced river discharge and the input of urban effluents. Overall, the findings indicate the influence of anthropogenic activities on the physicochemical dynamics of the river, reinforcing the need for continuous environmental monitoring and the implementation of public policies aimed at the sustainable management and protection of water resources.

Keywords: Water quality. Physicochemical parameters. Environmental monitoring. Water resources. Baixada maranhense.

Resumen – El río Pericumã, ubicado en el municipio de Pinheiro (MA), constituye un importante recurso hídrico para actividades de abastecimiento, pesca y transporte fluvial. No obstante, la intensificación del proceso de urbanización, asociada a las deficiencias estructurales de los sistemas de saneamiento básico, ha contribuido a la degradación progresiva de la calidad ambiental de este cuerpo hídrico. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua del río Pericumã mediante el análisis de parámetros físico-químicos representativos, investigando las posibles influencias de presiones antrópicas a lo largo del tramo urbano del municipio. La metodología consistió en la recolección sistemática de muestras de agua en tres puntos representativos del río, localizados en los sectores Maria Santa Bar (M.S.), Faveira Ribeirinhos (F.R.) y Vala do Gabião (V.G.), durante los meses de abril, mayo y junio de 2024. Se analizaron los parámetros pH, sólidos totales disueltos, temperatura, oxígeno disuelto, amonio y nitrito. Los resultados evidenciaron variaciones espaciales y temporales significativas en la calidad del agua, destacándose la reducción de los niveles de oxígeno disuelto en el punto V.G., cuyos valores oscilaron entre 1 y 2 ppm, por debajo del límite mínimo establecido por la Resolución CONAMA n.º 357/2005 para cuerpos de agua de clase 2. Adicionalmente, se observó una tendencia al incremento de los valores de sólidos totales disueltos a lo largo del período de muestreo, posiblemente asociada a la reducción del caudal fluvial y al aporte de efluentes urbanos. En conjunto, los resultados indican la influencia de las actividades antrópicas en la dinámica físico-química del río, lo que refuerza la necesidad de un monitoreo ambiental continuo y de la implementación de políticas públicas orientadas a la gestión y protección sostenible de los recursos hídricos.



Palabras clave: Calidad del agua. Parámetros físico-químicos. Monitoreo ambiental. Recursos hídricos. Baixada Maranhense.

Introdução

Historicamente, a ocupação e expansão das cidades estiveram intimamente ligadas à disponibilidade de recursos hídricos, essenciais para o abastecimento humano, a produção agrícola, o transporte e o desenvolvimento socioeconômico. Rios e lagos configuram elementos estruturantes da organização territorial e da dinâmica socioambiental urbana. No entanto, o crescimento urbano acelerado e frequentemente desordenado intensifica as pressões sobre os ecossistemas aquáticos, especialmente em regiões com cobertura limitada de coleta e tratamento de esgoto. O lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento, aliado à supressão da vegetação ciliar e à ocupação irregular das margens fluviais, contribui significativamente para a degradação da qualidade da água (TUNDISI; TUNDISI, 2011).

A qualidade da água, nesse contexto, emerge como um dos principais indicadores da integridade ambiental dos ecossistemas aquáticos. Ela pode ser avaliada por parâmetros físico-químicos e biológicos capazes de refletir alterações naturais e provocadas por atividades humanas (VON SPERLING, 2014). Entre os principais parâmetros destacam-se pH, oxigênio dissolvido, temperatura, sólidos dissolvidos totais e concentrações de compostos nitrogenados, como amônia e nitrito, todos intimamente ligados à dinâmica biogeoquímica dos ambientes aquáticos.

No estado do Maranhão, a Baixada Maranhense abriga um complexo sistema hidrográfico de elevada biodiversidade e grande importância socioeconômica. Dentre os cursos d'água da região, o rio Pericumã, que atravessa o município de Pinheiro, desempenha papel central nas atividades econômicas e na vida cotidiana das populações ribeirinhas. Apesar de sua relevância ambiental e social, o rio Pericumã tem sido progressivamente impactado pelo crescimento urbano, pela expansão de atividades comerciais e pela ausência de sistemas eficientes de tratamento de efluentes, fatores que ameaçam a qualidade de suas águas e comprometem os serviços ecossistêmicos que presta.

Diante desse cenário, a avaliação da qualidade da água torna-se essencial para subsidiar estratégias de gestão ambiental, planejamento urbano e conservação dos recursos hídricos. Assim, o presente estudo teve como objetivo analisar a qualidade da água do rio Pericumã, no trecho urbano do município de Pinheiro, por meio de parâmetros físico-químicos indicativos da integridade ambiental do sistema aquático.

Materiais e métodos

Caracterização geoambiental da área de estudo

A área de estudo situa-se nas margens do rio Pericumã, município de Pinheiro, inserido na Área de Proteção Ambiental (APA) da Baixada Maranhense, unidade de conservação de elevada relevância ecológica na porção oriental da Amazônia Maranhense. Esta exerce papel estratégico no suporte às atividades socioeconômicas locais, sendo utilizado para abastecimento hídrico, pesca artesanal, transporte fluvial e subsistência das comunidades ribeirinhas,



constituindo recurso essencial para a manutenção dos serviços ecossistêmicos e da sustentabilidade socioambiental regional (CATANHEDE, 2018).

Pinheiro integra a Microrregião da Baixada Maranhense, com área territorial de aproximadamente 1.513 km² em um estado com 331.983 km², sendo a sede municipal localizada a ~119 km da capital, São Luís. Conforme estimativas do IBGE (2021), a população é de aproximadamente 84.160 habitantes, com densidade demográfica de 51,67 hab km⁻², indicando ocupação moderadamente concentrada ao longo de eixos hidrográficos e áreas urbanizadas. A região apresenta extensos sistemas lacustres, campos inundáveis e ecossistemas de transição, fortemente influenciados pelas dinâmicas hidrológicas sazonais da planície costeira.

O clima é tropical úmido de influência equatorial, caracterizado por elevadas temperaturas médias anuais (23–36 °C) e baixa amplitude térmica. O regime pluviométrico apresenta forte sazonalidade, com períodos bem definidos de chuvas e estiagem, impactando diretamente a dinâmica hidrológica, o transporte de sedimentos e a variabilidade da qualidade físico-química das águas superficiais. A Baixada Maranhense possui rede hidrográfica complexa e densamente ramificada, abrangendo bacias de relevância regional, como Mearim, Gurupi, Itapecuru, Grajaú, Turiaçu, Munim, Maracaçumé-Tromaí, Uru-Pericumã-Aurá, Parnaíba-Balsas e Tocantins. Geologicamente, a região integra a Bacia Sedimentar do Parnaíba, caracterizada por extensos aquíferos e significativa interação entre águas superficiais e subterrâneas.

Delineamento amostral e definição dos pontos de monitoramento

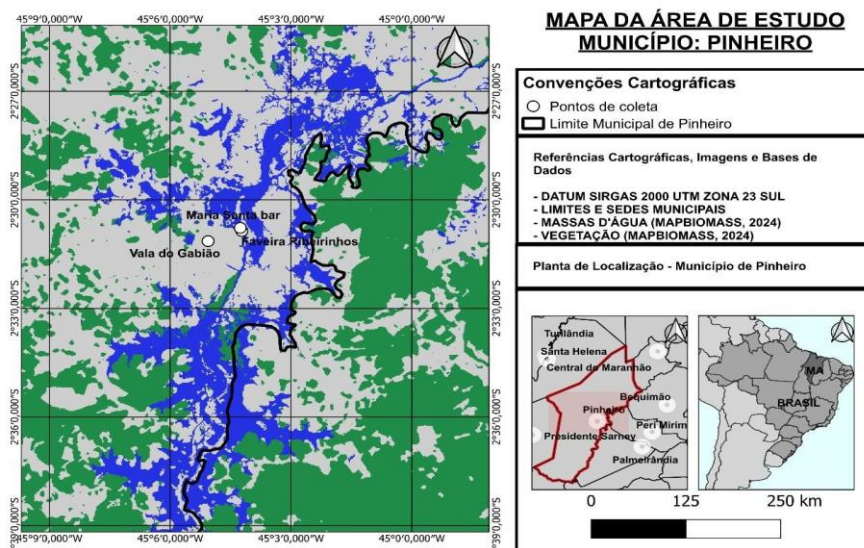
Três pontos estratégicos de amostragem foram definidos ao longo do rio Pericumã, no trecho urbano do município de Pinheiro (MA), com base em critérios hidrológicos, geomorfológicos e no gradiente de pressão antrópica. Os pontos selecionados foram: Maria Santa Bar (M.S.), Faveira – Ribeirinhos (F.R.) e Vala do Gabião (V.G.), representando distintos níveis de interferência humana.

As campanhas de amostragem ocorreram em três períodos sazonais de 2025 (maio, julho e novembro), correspondentes aos regimes de cheia, transição hidrológica e estiagem relativa, permitindo a avaliação das variações sazonais nos parâmetros físico-químicos e na qualidade da água em função das flutuações pluviométricas e do aporte difuso de contaminantes.

As coordenadas geográficas foram obtidas via GPS, garantindo a precisão espacial e a reprodutibilidade das campanhas: M.S. (-2.5143228, -45.0703382), F.R. (-2.5129003, -45.0709770) e V.G. (-2.5189954, -45.0843085). A distribuição geográfica detalhada dos pontos de amostragem está apresentada na Figura 1.



Figura 1. Distribuição espacial dos pontos de coleta no município de Pinheiro, estado do Maranhão, Brasil.



Procedimentos de amostragem e campanhas de monitoramento hidroquímico

As campanhas de amostragem foram conduzidas em três períodos hidrológicos distintos para contemplar a variabilidade sazonal do sistema fluvial: maio (cheia), caracterizado pelo aumento do nível hidrométrico; julho (transição); e novembro (estiagem), período de redução do volume hídrico. As amostras de água superficial foram coletadas em frascos de polietileno previamente higienizados, mantidas sob refrigeração ($\sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$) e transportadas ao laboratório.

Parâmetros físico-químicos indicadores da qualidade da água foram determinados conforme descrito a seguir. O potencial hidrogeniônico (pH) foi medido por método potenciométrico utilizando medidor portátil (Cloroph, modelo 009) calibrado com soluções tampão padrão. Os sólidos totais dissolvidos (TDS, do inglês *Total Dissolved Solids*) foram estimados por condutometria com o equipamento TDS-3 Water Quality Tester. A temperatura da água foi registrada in situ com termômetro digital impermeável (WMeter TP101). O oxigênio dissolvido (OD) foi quantificado por método colorimétrico (LabconTest), com leitura baseada na intensidade de coloração comparada à escala padrão. As concentrações de nitrito (NO_2^-) e amônia total ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) foram determinadas por métodos colorimétricos LabconTest, fundamentados na formação de complexos cromogênicos e comparação com escalas de referência. Todos os procedimentos seguiram protocolos padronizados de controle de qualidade analítica, incluindo calibração prévia dos equipamentos e replicação das medições para assegurar a confiabilidade dos resultados.

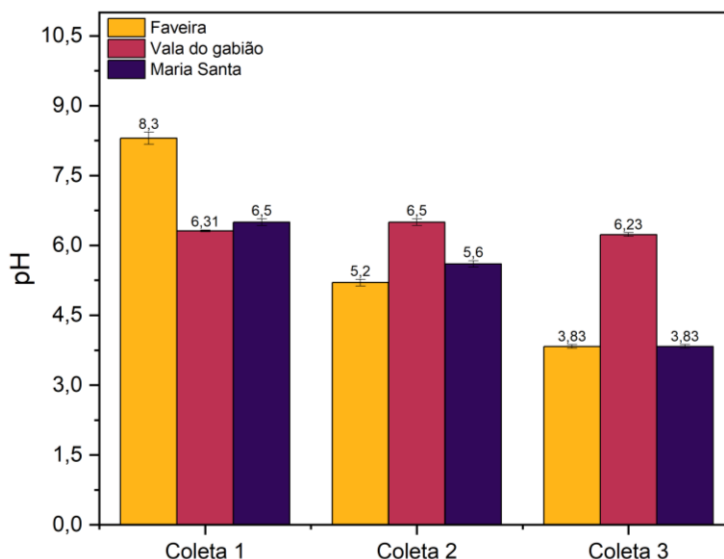


Resultados e discussão

Distribuição espacial e temporal do pH no Rio Pericumã

O pH é um parâmetro crítico na avaliação da qualidade de águas superficiais, integrando processos químicos, físicos e biológicos, e influenciando a disponibilidade de nutrientes, a solubilidade de metais e a estabilidade fisiológica de organismos aquáticos (SPERLING, 2004; LIBÂNIO, 2010). Valores extremos de pH podem provocar acidificação ou alcalinização, afetando a toxicidade de compostos nitrogenados e a dinâmica de precipitação mineral. A Figura 2 apresenta os dados referentes às análises de pH dos diferentes pontos amostrais.

Figura 2. Variação espacial e temporal do pH nas campanhas de monitoramento realizadas no rio Pericumã.



Os resultados evidenciam variações espaciais e temporais significativas ao longo do trecho urbano do rio, refletindo a combinação de fatores naturais e antrópicos. Na primeira campanha, o pH variou de 6,3 a 8,3, com pontos M.S (6,5) e V.G (6,3) próximos da neutralidade, e F.R (8,3) apresentando alcalinização moderada, possivelmente associada à fotossíntese aquática ou aporte de efluentes ricos em carbonatos/bicarbonatos. Já na segunda campanha, observou-se acidificação nos pontos M.S (5,5) e F.R (5,2), enquanto V.G permaneceu estável (6,5). A redução do pH pode ser explicada pelo aumento da decomposição microbiana e do aporte de matéria orgânica, bem como pelo carregamento de substâncias ácidas durante eventos pluviométricos (SPERLING, 2004).

Por fim, na terceira campanha, M.S e F.R apresentaram pH de 3,83, indicando acidificação extrema e risco à integridade ecológica. No ponto F.R, a presença de carcaças de peixes sugere mortalidade relacionada a estresse ambiental, incluindo acidificação intensa e baixa disponibilidade de oxigênio dissolvido. V.G manteve média de 6,2, refletindo aparente estabilidade química possivelmente decorrente de sistemas tampão associados à presença de efluentes domésticos (VON SPERLING, 2014).

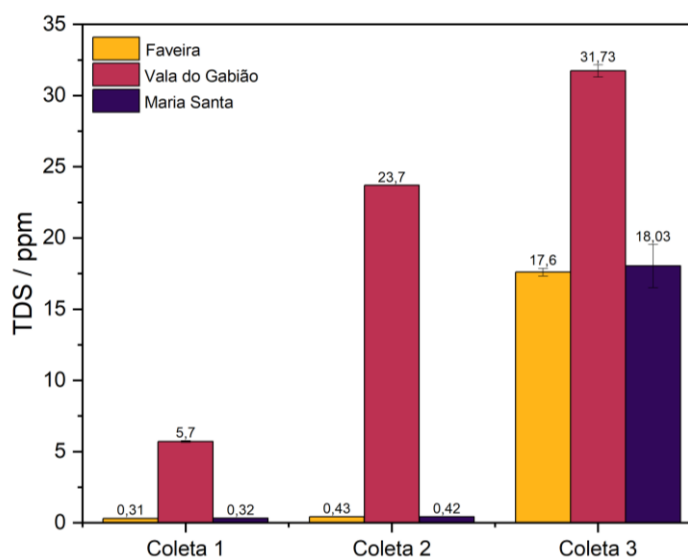


Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, águas de Classe 2 devem apresentar pH entre 6,0 e 9,0. Nas campanhas 2 e 3, M.S e F.R apresentaram valores abaixo do limite mínimo, indicando não conformidade ambiental e possível comprometimento ecológico. O ponto V.G permaneceu dentro da faixa legal, embora a estabilidade do pH deva ser interpretada considerando a influência de tamponamento químico decorrente de poluição orgânica.

Grau de mineralização da água do Rio Pericumã

Os sólidos totais dissolvidos correspondem à soma de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes na água, incluindo íons, sais minerais, metais-traço e compostos orgânicos de baixo peso molecular. Esse parâmetro é um indicador da mineralização da água e da interação entre processos geoquímicos naturais e aportes antrópicos, sendo amplamente utilizado na avaliação da qualidade de águas superficiais (SAWYER; MCCARTY; PARKIN, 2003). Na Figura 3 são apresentados os resultados obtidos nas amostragens.

Figura 3. Variação espacial e temporal das concentrações de sólidos totais dissolvidos (TDS) nos pontos monitorados do rio Pericumã.



A concentração de TDS em sistemas fluviais é influenciada pelo intemperismo de rochas, lixiviação do solo, evaporação, regime hidrológico e descargas domésticas ou industriais, que podem alterar significativamente a composição química da coluna d'água.

Na primeira campanha, os pontos M.S e F.R apresentaram TDS de 0,31 ppm, indicando baixa mineralização, enquanto o ponto V.G registrou 5,68 ppm, sugerindo influência de fontes antrópicas locais, uma vez que se trata de uma vala de drenagem urbana. Esses sistemas frequentemente transportam sais, nutrientes, matéria orgânica dissolvida e resíduos urbanos para o rio.

Na segunda campanha, observou-se leve incremento em M.S (0,42 ppm) e F.R (0,43 ppm), mantendo-se baixos, enquanto V.G apresentou aumento expressivo para 23,7 ppm,



possivelmente associado à redução da vazão e à intensificação da concentração de solutos, além do aporte contínuo de efluentes urbanos e mobilização de partículas durante eventos de escoamento superficial.

Na terceira campanha, houve aumento mais pronunciado dos TDS em todos os pontos: 18,4 ppm em M.S, 18 ppm em F.R e 32,2 ppm em V.G, indicando tendência de enriquecimento gradual da água em solutos. Entre os fatores contribuintes destacam-se evaporação, redução da capacidade de diluição e incremento de efluentes domésticos e urbanos dissolvidos. Esse padrão reflete a acumulação progressiva de sais provenientes de descargas difusas e pontuais ao longo da bacia hidrográfica.

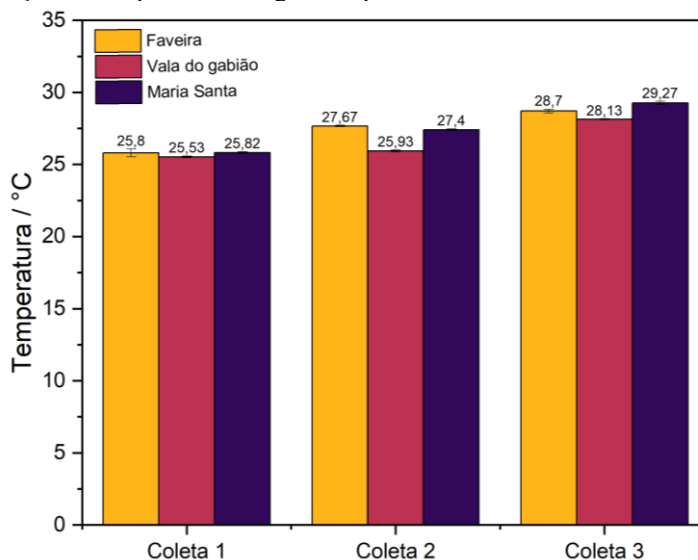
Segundo Sawyer, McCarty e Parkin (2003), concentrações elevadas de TDS resultam da interação entre intemperismo natural e influência antrópica. Hem (1985) aponta que valores inferiores a 500 ppm são típicos de águas com boa qualidade sob o ponto de vista da mineralização. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, o limite máximo para águas doces Classe 2 é 500 ppm. Todos os valores observados permanecem significativamente abaixo desse limite, indicando mineralização relativamente baixa. No entanto, a tendência crescente de TDS, especialmente no ponto V.G, evidencia pressões antrópicas locais e reforça a necessidade de monitoramento contínuo, uma vez que o aumento sistemático deste parâmetro pode ser um indicativo precoce de degradação da qualidade da água em sistemas fluviais urbanos.

Regime térmico da água no trecho urbano do Rio Pericumã

Os resultados indicaram aumento gradual da temperatura ao longo do monitoramento, possivelmente associado a variações sazonais e condições climáticas locais. Na primeira campanha, as temperaturas foram homogêneas entre os pontos, sugerindo intensa mistura da coluna d'água e ausência de fontes térmicas pontuais. Na segunda campanha, M.S e F.R registraram aumento, enquanto V.G permaneceu estável, refletindo diferenças locais em insolação, profundidade ou cobertura vegetal ripária. Na terceira campanha, todos os pontos apresentaram os maiores valores, possivelmente decorrentes de maior radiação solar, redução de vazão ou menor sombreamento das margens. A Figura 4 apresenta a variação espacial e temporal da temperatura nos pontos monitorados.



Figura 4. Variação da temperatura da água nos pontos amostrais monitorados no rio Pericumã.



Do ponto de vista ecológico, o aumento da temperatura reduz a solubilidade de oxigênio e intensifica o metabolismo de organismos aquáticos e microrganismos heterotróficos, elevando a demanda bioquímica por oxigênio (WETZEL, 2001). Esse fenômeno pode causar estresse ambiental, acelerar a decomposição de matéria orgânica, estimular proliferação microbiana e favorecer processos de eutrofização, especialmente em sistemas impactados por nutrientes de efluentes domésticos ou escoamento urbano.

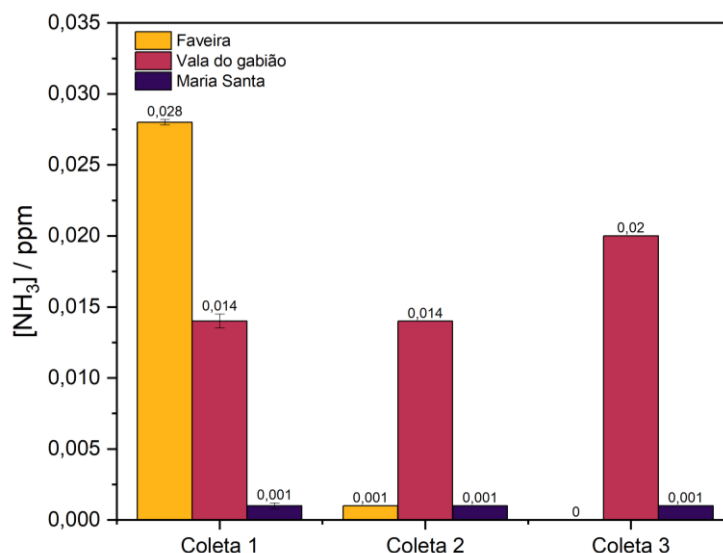
Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, alterações térmicas não devem exceder 3 °C em relação às condições naturais. Os valores observados situam-se dentro da faixa típica de rios tropicais, não indicando poluição térmica significativa. Entretanto, a tendência de aumento progressivo reforça a necessidade de monitoramento contínuo, devido ao seu potencial de amplificar processos de degradação da qualidade da água, como redução de oxigênio dissolvido e aumento da demanda bioquímica por oxigênio.

Dinâmica da Amônia Dissolvida ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) no Rio Pericumã

A amônia constitui uma das principais formas de nitrogênio em ambientes aquáticos, resultante da decomposição da matéria orgânica nitrogenada e da excreção metabólica de organismos aquáticos. Sua ocorrência está associada a aportes de esgotos domésticos, efluentes orgânicos e à mineralização microbiana, integrando o ciclo biogeoquímico do nitrogênio em ecossistemas aquáticos (WETZEL, 2001). A Figura 5 apresenta as concentrações de amônia nos diferentes pontos amostrais do rio Pericumã.



Figura 5. Concentração de amônia ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) nos pontos monitorados do rio Pericumã durante o período de estudo.



Quimicamente, a amônia existe em equilíbrio entre as formas não ionizada (NH_3) e ionizada (NH_4^+), sendo a proporção dependente de pH e temperatura. Condições de pH elevado e temperaturas mais altas favorecem NH_3 , mais tóxica para peixes e invertebrados devido à sua difusão através de membranas biológicas, provocando distúrbios fisiológicos e alterações respiratórias (EMERSON; RUSSO; LUND, 1975).

Durante as campanhas de monitoramento do rio Pericumã, as concentrações de amônia total foram baixas, abaixo dos limites legais, indicando ausência de acúmulo significativo. Em algumas amostras, valores próximos ao limite de detecção refletiram limitações metodológicas em pH extremo, especialmente em condições fortemente ácidas, que podem comprometer a precisão de métodos colorimétricos.

Ambientes com alta carga orgânica pode apresentar rápida conversão da amônia em nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) por nitrificação microbiana, particularmente em condições aeróbias, justificando concentrações baixas mesmo frente a aportes significativos de matéria orgânica. Conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005, o limite máximo para amônia total em águas doces Classe 2 é 0,02 ppm; todos os valores medidos permaneceram abaixo desse limite.

Dada a toxicidade do NH_3 , recomenda-se monitoramento contínuo, considerando que variações de pH e temperatura podem alterar significativamente o equilíbrio $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ e elevar o potencial tóxico mesmo em baixas concentrações totais.

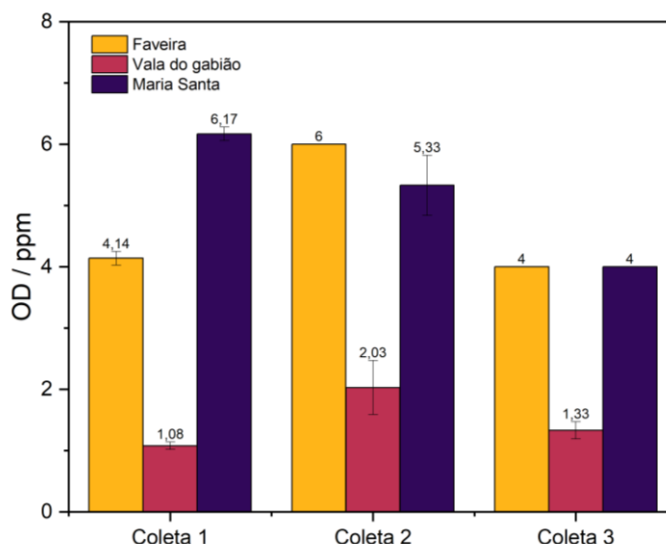
Os resultados indicam que, atualmente, a amônia não constitui o principal fator de degradação da qualidade da água nesse trecho. Entretanto, a presença de fontes potenciais de matéria orgânica na área urbana reforça a necessidade de monitoramento sistemático, associado à avaliação de nitrito e nitrato, para compreender integralmente a dinâmica da poluição nitrogenada no sistema fluvial.



Disponibilidade de oxigênio dissolvido no Rio Pericumã

O oxigênio dissolvido (OD) é um indicador-chave da qualidade ambiental de sistemas aquáticos, essencial para os processos metabólicos de organismos aeróbios e para o equilíbrio dos ciclos biogeoquímicos em ambientes fluviais (WETZEL, 2001). Além de refletir a capacidade do sistema em sustentar a biota, o OD indica indiretamente a presença de matéria orgânica e a intensidade da decomposição microbiana, frequentemente associadas à poluição por efluentes domésticos. A Figura 6 apresenta os níveis de oxigênio dissolvido (OD) registrados no rio Pericumã.

Figura 6. Concentração de oxigênio dissolvido (OD) nos pontos monitorados do rio Pericumã ao longo das campanhas de amostragem.



A concentração de OD resulta do balanço entre aeração atmosférica, fotossíntese e consumo biológico de oxigênio, via respiração de organismos e oxidação microbiana da matéria orgânica (SPERLING, 2004). Alterações nesses processos podem reduzir significativamente a disponibilidade de oxigênio na coluna d'água, comprometendo a estabilidade ecológica.

Os dados deste estudo evidenciam padrões espaciais distintos ao longo do rio. Nos pontos M.S e F.R, a maior parte das campanhas registrou concentrações adequadas para a manutenção da biota, indicando condições relativamente favoráveis de oxigenação. Em contraste, o ponto V.G apresentou valores persistentemente baixos (1–2 ppm), caracterizando hipóxia, estresse para organismos aquáticos, redução da diversidade e risco de mortalidade de espécies sensíveis (Figura 6).

Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, corpos d'água Classe 2 destinados à proteção da vida aquática devem apresentar OD mínimo de 4–5 ppm. Os níveis registrados em V.G estão abaixo do limite legal, indicando não conformidade ambiental e comprometimento da qualidade ecológica. A persistência de baixos níveis de OD nesse ponto sugere elevada carga de matéria orgânica biodegradável, cuja decomposição por microrganismos heterotróficos consome oxigênio, reduzindo sua disponibilidade para a biota (SPERLING, 2004). Esse padrão é típico de ambientes impactados por esgotos domésticos ou efluentes urbanos sem tratamento.



Fatores físicos e químicos, como aumento da temperatura e acúmulo de matéria orgânica no sedimento, podem amplificar a redução de OD, diminuindo a capacidade de autodepuração do sistema.

Considerando que V.G corresponde a uma estrutura de drenagem urbana com descarga direta no rio, os baixos níveis de OD refletem a influência de aportes antrópicos, reforçando a necessidade de medidas de gestão ambiental para controlar poluição difusa e pontual na bacia hidrográfica. Os resultados integrados de OD corroboram evidências de pressão antrópica em outros parâmetros, destacando V.G como ponto crítico de degradação da qualidade da água no trecho urbano do Rio Pericumã.

Distribuição de nitrito (NO_2^-) no rio Pericumã

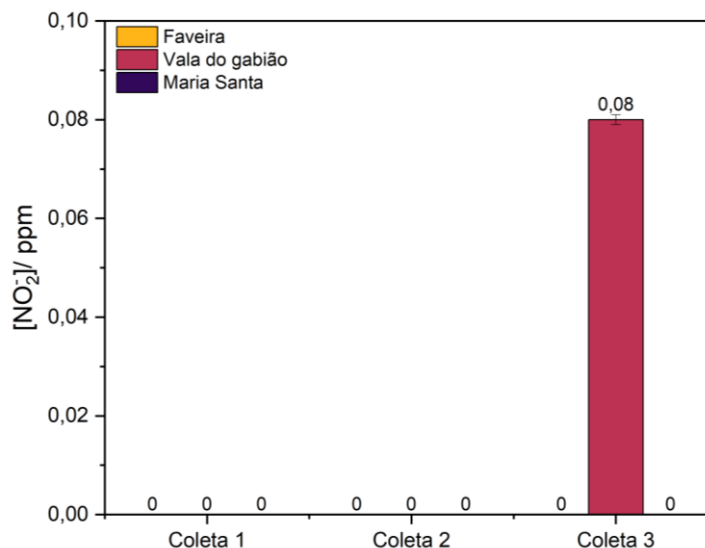
O nitrito (NO_2^-) é uma espécie intermediária do ciclo biogeoquímico do nitrogênio em ambientes aquáticos, formada durante a nitrificação, na qual a amônia ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) é oxidada inicialmente a nitrito e posteriormente a nitrato (NO_3^-) por bactérias nitrificantes. Em condições ambientais equilibradas, o nitrito apresenta concentrações geralmente baixas devido à rápida conversão em nitrato (WETZEL, 2001). Concentrações detectáveis indicam desequilíbrios microbiológicos, podendo refletir aporte recente de matéria orgânica nitrogenada, condições redox desfavoráveis ou limitação da etapa final da nitrificação.

Nas duas primeiras campanhas de monitoramento (coletas 1 e 2), não foram detectadas concentrações de nitrito nos pontos analisados, sugerindo estabilidade na transformação das espécies nitrogenadas. Na terceira campanha, o ponto V.G registrou 0,25 ppm, enquanto M.S e F.R permaneceram com valores não detectáveis (Figura 7), indicando uma alteração pontual possivelmente associada a aportes antrópicos, como esgotos domésticos ou resíduos orgânicos urbanos.

A Figura 7 apresenta a distribuição espacial das concentrações de nitrito nos pontos amostrais. O comportamento observado é consistente com os baixos níveis de oxigênio dissolvido registrados em V.G, condição que pode limitar a atividade de bactérias nitrificantes e favorecer acúmulo de intermediários nitrogenados.



Figura 7. Concentração de nitrito (NO_2^-) nos pontos amostrais do rio Pericumã durante as campanhas de monitoramento.



O nitrito é altamente tóxico para organismos aquáticos, interferindo no transporte de oxigênio ao oxidar hemoglobina a meta-hemoglobina, comprometendo a respiração dos peixes (CAMARGO; ALONSO, 2006). Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, concentrações elevadas de nitrito são inadequadas para águas destinadas à proteção da vida aquática. O valor observado em V.G (0,25 ppm) excede os limites das classes 1 e 2, caracterizando não conformidade ambiental e possível comprometimento ecológico.

A ocorrência pontual de nitrito, associada à baixa oxigenação e proximidade de áreas urbanas, indica forte influência antrópica e sugere que V.G atua como ponto de aporte de poluentes nitrogenados. Esses resultados reforçam a necessidade de monitoramento sistemático das espécies nitrogenadas (amônia, nitrito e nitrato) para compreender a dinâmica do ciclo do nitrogênio e os impactos antropogênicos na bacia do rio Pericumã.

Desta forma, pode concluir que o trecho urbano do Rio Pericumã apresenta impacto antrópico significativo, evidenciado por acidificação extrema, aumento progressivo da mineralização, hipóxia persistente em V.G e acúmulo pontual de nitrito, indicando comprometimento ecológico localizado. Apesar da amônia total estar dentro dos limites legais, os resultados reforçam a necessidade de monitoramento contínuo e implementação de medidas de gestão ambiental para preservar a qualidade da água e a integridade da biota aquática.

Conclusão

O presente estudo evidencia que o trecho urbano do Rio Pericumã se encontra sob forte influência antrópica, refletida na degradação localizada da qualidade da água. Observou-se acidificação extrema nos pontos M.S e F.R, associada a aporte de matéria orgânica e processos de decomposição microbiana, enquanto V.G apresentou estabilidade do pH devido a tamponamento químico, apesar da persistente baixa oxigenação dissolvida.

A análise de sólidos totais dissolvidos revelou mineralização relativamente baixa, porém com tendência de aumento progressivo, indicando acúmulo de solutos provenientes de efluentes urbanos e escoamento superficial. O regime térmico mostrou incremento gradual de



temperatura, compatível com variações sazonais, mas com potencial de amplificar processos de degradação, como redução de oxigênio dissolvido e intensificação do metabolismo microbiano.

As concentrações de amônia permaneceram dentro dos limites legais, refletindo rápida conversão microbiana em nitrito e nitrato, enquanto a detecção pontual de nitrito em V.G sinaliza desequilíbrios no ciclo do nitrogênio, potencialmente decorrentes de aporte recente de poluentes nitrogenados. A hipóxia persistente em V.G evidencia impacto direto de descargas urbanas, comprometendo a biota aquática e caracterizando não conformidade ambiental conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Em síntese, os resultados demonstram degradação química e ecológica localizada, destacando a necessidade de monitoramento contínuo e medidas de gestão ambiental para mitigar impactos antrópicos e preservar a integridade do ecossistema fluvial.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver quaisquer conflitos de interesse de natureza financeira, pessoal, institucional ou profissional que possam ter influenciado, direta ou indiretamente, o desenvolvimento, a análise, a interpretação dos dados ou as conclusões apresentadas neste estudo.

Referências

ARAÚJO, N. A.; BARBIERI, R. (Orgs.). **Sustentabilidade dos ecossistemas do Maranhão: Baixada maranhense**. 1. ed. Bauru, SP: Gradus Editora, 2021. v. 1.

BRAZ, M. G.; DUARTE, A. P.; BOTTINO, F. **Rios urbanos: percebendo a importância por meio da Educação Ambiental**. Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA), v. 17, n. 4, p. 113-127, 2022.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, n. 053, 18 mar. 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. Diário Oficial da União, Brasília, n. 66, 07 abr. 2008.

CANTANHEDE, J. C. **Análise microbiológica da água do rio Pericumã nas proximidades de comunidades ribeirinhas em Pinheiro/MA**. 2018. Disponível em: <https://monografias.ufma.br/jspui/handle/123456789/3236>. Acesso em: 10 mar. 2025.

CAISSIE, D. **The thermal regime of rivers: a review**. Freshwater Biology, v. 51, p. 1389–1406, 2006.



CAMARGO, J. A.; ALONSO, Á. **Ecological and toxicological effects of ammonia in aquatic ecosystems: a review**. *Environment International*, v. 32, n. 6, p. 831–849, 2006.

ELLWANGER, Joel Henrique; CHIES, José Artur Bogo. Pathogen pollution: Viral diseases associated with poor sanitation in Brazil. *Hygiene*, v. 3, n. 4, p. 441-449, 2023.

GOULART, M. D. C.; CALLISTO, M. **Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental**. *Revista Faculdade do Pará de Minas FAPAM*, ano 2, n. 1, p. 2-10, 2003.

HEM, J. D. **Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water**. 3. ed. Washington, DC: U.S. Geological Survey, 1985.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa nacional de saneamento básico: 2017: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

LABCON. **Manual dos testes colorimétricos para aquarismo e uso ambiental**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.labcon.com.br>. Acesso em: 13 abr. 2025.

MINUTA DE PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO (PMSB) DE PINHEIRO/MA. Disponível em: <https://pinheiro.ma.gov.br/wpcontent/uploads/2022/04/MINUTA-DE-PLANO-MUNICIPAL-PINHEIRO.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2025.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.

PINTO, L. V. A. et al. **Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG**. *Scientia Forestalis*, n. 65, p. 197-206, jun. 2004.

ROUSE JR., H.; HAMILTON, K. **Environmental Water Quality: The Effects of Temperature on Dissolved Oxygen**. *Journal of Environmental Sciences*, v. 12, n. 3, p. 45–53, 2006.

SAWYER, C. N.; MCCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. **Chemistry for environmental engineering and science**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2003.

SPERLING, M. Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

WETZEL, R. G. **Limnology: Lake and River Ecosystems**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2001.