

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E METAIS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS DO RIO PEDREIRA, AMAPÁ, BRASIL

Raylana da Silva Bastos [1], Flávio Raíque Nunes da Silva [2], Yung Xin da Silva Lin[3], Tiago Gabriel Correia[4]

RESUMO

Este estudo avaliou a qualidade das águas superficiais do Rio Pedreira, Macapá-AP, para diagnosticar o estado de conservação frente a pressões antrópicas. As amostragens ocorreram em quatro pontos (P1 a P4) nos períodos chuvoso (jan-jul) e seco (ago-nov) de 2025, incluindo amostragens *in situ* durante ciclos de 24 horas. Os resultados indicaram pH variando entre a acidez e a neutralidade (4,99 a 7,2) e concentrações de OD variando de 3,98 a 7,34 mg/L. Os valores estiveram frequentemente abaixo dos limites da Resolução CONAMA nº 357/2005, o que reflete a dinâmica natural de decomposição de matéria orgânica na Amazônia. Metais como Al e Fe foram detectados em concentrações condizentes com a litologia regional, enquanto os HPAs permaneceram abaixo do limite de detecção. Os resultados sugerem que o Rio Pedreira, nos trechos estudados, apresentou características limnológicas preservadas, com variações físico-químicas ditadas majoritariamente por processos biogeoquímicos naturais, embora a ausência de saneamento exija monitoramento contínuo para garantir a segurança hídrica das comunidades locais.

PALAVRAS-CHAVE: Metais. Parâmetros físico-químicos. Qualidade da água. Rio amazônico. Sazonalidade.

INTRODUÇÃO

Os rios amazônicos são ecossistemas dinâmicos governados por variações constantes de fatores bióticos e abióticos. Características físicas como luminosidade, temperatura e pH, aliadas a parâmetros químicos como a disponibilidade de nutrientes e oxigênio dissolvido, exercem papel fundamental na manutenção da biota aquática (Silveira, 2004). Nesses ambientes, a qualidade da água é influenciada pelo elevado aporte de matéria orgânica proveniente da floresta, cuja decomposição gera substâncias húmicas e fúlvicas que conferem acidez natural aos corpos hídricos (Lin *et al*., 2008).

A composição química dessas águas também é reflexo da interação com solos lateríticos, resultando na presença natural de metais como Al e Fe. A solubilidade e a toxicidade desses elementos, em especial o Al, são influenciadas pelo pH; em condições de maior acidez, tornam-se mais biodisponíveis, podendo desencadear respostas fisiológicas e osmorregulatórias na fauna ictiológica (Poléo, 1997; Gensemer; Playle, 1999). Assim, o monitoramento desses parâmetros é crucial para diferenciar variações naturais de impactos antrópicos.

O Rio Pedreira, afluente do Rio Amazonas no Amapá, abriga em margens seu entorno comunidades ribeirinhas quilombolas que dependem desse recurso para pesca, consumo e transporte. Contudo, a carência de saneamento básico e o lançamento de efluentes domésticos *in natura* podem comprometer esse equilíbrio ecológico e a saúde das populações locais (Flexa *et al*., 2021; Azevedo, 2006). Diante deste cenário, o presente estudo objetivou verificar a qualidade da água superficial do Rio Pedreira, por meio da análise de parâmetros abióticos e níveis de metais, fornecendo subsídios para a gestão sustentável deste recurso na região da comunidade do Lontra da Pedreira.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostragens foram realizadas ao longo de um ciclo sazonal, contemplando as variações dos períodos chuvoso (jan–jul) e de estiagem (ago-nov) no Rio Pedreira, Macapá–AP. Foram estabelecidos quatro pontos amostrais: Boa Vista (P1 - área de referência); Comunidade Lontra da Pedreira (P2 - área sob influência urbana); banco arenoso intertidal (P3), praia temporária visível na baixa-mar; e foz do Igarapé Ipixuna Miranda (P4). A seleção dos pontos visou capturar o gradiente ambiental sob influência do pulso de maré (*flood pulse*), característica marcante da hidrodinâmica regional.

As variáveis pH, temperatura, oxigênio dissolvido (OD), amônia total (NH_3), nitrito (NO_2) e condutividade el foram monitoradas em ciclo nictemeral (24 horas) em cada campanha, com medições realizadas a cada seis horas para contemplar as quatro fases da maré (preamar, baixa-mar, enchente e vazante). Adicionalmente, avaliou-se a condutividade elétrica, alcalinidade, dureza e íons dissolvidos, tais como: F^-, NH_4Cl, cloro livre e ácido cianúrico). Coletouse ainda material para determinação de fósforo total e uma ampla varredura de metais totais (incluindo Al, Fe, Hg, As, Pb, Cr, entre outros). As concentrações de metais foram determinadas por espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS), enquanto os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) foram determinados por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS), totalizando 16 compostos prioritários. As análises

[1]Aluna do curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Amapá. Macapá, Amapá, Brasil. E-mail: rayllanabastos@gmail.com

[2]Aluno do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Amapá. Macapá, Amapá, Brasil. E-mail: flavio.raiqueacd@gmail.com

[3]Aluna do Programa de Pós-graduação Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Macapá, Amapá, Brasil. E-mail: xinlinyung@gmail.com

[4]Docente do Programa de Pós-graduação Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade Federal do Amapá. Macapá, Amapá, Brasil. E-mail: tiago.correia@unifap.br



de campo foram realizadas *in situ*, e todos os procedimentos analíticos, incluindo as determinações de metais e HPAs, seguiram os protocolos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2023).

Utilizaram-se equipamentos portáteis do laboratório BioFisio-UNIFAP: pHmetro (Hanna HI98130), refratômetro (Brewparts BP099), condutivímetro (MS Tecnopon mCA150) e oxímetro (YSI EcoSense DO200A). Determinações complementares utilizaram kits LabconTest® e tiras Umlecoa®. As análises de metais e HPAs foram conduzidas em laboratório especializado, seguindo os critérios de rigor analítico da Resolução CONAMA nº 357/2005.

RESULTADOS

Os resultados das águas superficiais do rio Pedreira apresentaram variações espaciais e sazonais (Tabela 1). O pH variou de 4,99 a 7,2, com valores entre 5,06 ± 0,17 (P1) e 7,2 ± 0,1 (P4) no período chuvoso, e entre 4,99 ± 0,13 e 7,2 ± 0,1 na estiagem. Observa-se um gradiente longitudinal com águas mais ácidas a montante e valores próximos à neutralidade na foz. Parte dos registros em P1 e P2 encontra-se abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (pH 6 a 9) para águas doces Classe 2, o que é frequente em sistemas amazônicos devido à presença de substâncias húmicas oriundas da decomposição da matéria orgânica (Esteves, 1998; Lin *et al.*, 2008).

As concentrações de oxigênio dissolvido (OD) oscilaram entre 3,98 ± 1,24 mg/L e 7,34 ± 0,1 mg/L. Valores inferiores a 5 mg/L, registrados em Boa Vista e Lontra da Pedreira, sugerem o predomínio de processos heterotróficos no metabolismo do sistema nesta área amostral. Nesses trechos, a intensa oxidação da matéria orgânica alóctone e o metabolismo oxidativo microbiano demandam maior aporte de oxigênio, superando a taxa de reoxigenação e a produção primária local (Li *et al.*, 2023).

Os demais parâmetros analisados, como temperatura, turbidez, condutividade elétrica, dureza e transparência, mantiveram-se dentro de faixas observadas em ambientes tropicais. A temperatura variou entre 27,8 e 31,2 °C no período chuvoso e entre 28,18 e 31,2 °C na estiagem, enquanto a condutividade elétrica foi inferior a 60 µS/cm, indicando baixa concentração de eletrólitos. A turbidez variou de 7,37 ± 3,67 a 45,10 ± 8,77 NTU, com valores máximos (Praia Interdital) na estiagem. A dureza variou de 50 a 70 mg/L $CaCO_3$ o que classifica as águas como moles, com baixa variação de carbonatos dissolvidos. Essas variações espaciais estão associadas às mudanças naturais ao longo do gradiente longitudinal do sistema fluvial (Larsen *et al.*, 2019).

Salinidade, cloro (livre e total), fluoreto, cobre, chumbo, MPS, ácido cianúrico e cloreto de amônio apresentaram concentrações < limite de detecção LD em todos os pontos. Quanto aos metais, a maioria (As, Cr, Ni, Ag, Se, V) permaneceu abaixo do limite de detecção (LD < 0,001 mg/L). Entretanto, foi registrado Fe 0,278 mg/L, Ca 1,048 mg/L e Si 3,368 mg/L. O Al destacou-se com 0,132 mg/L, concentração associada à litologia regional e aos solos ácidos, fator que favorece sua solubilização (Lawrence *et al.*, 2021). Tais valores situam-se em conformidade com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de Classe II, reforçando a integridade ambiental do sistema frente a possíveis aportes antropogênicos. Em relação aos HPAs todos os 16 compostos analisados apresentaram-se abaixo do limite de detecção do método (LD < 0,0330 µg/L), indicando ausência de contaminação por HPAs na área.

Tabela 1 – Média e desvio padrão das análises físico-químicas nos quatros pontos amostrais no Rio Pedreira.

PARÂMETROS	**CHUVOSO**				**ESTIAGEM**			
	Boa Vista	Lontra da Pedreira	Praia Intertidal	Foz do Ipixuna Miranda	Boa Vista	Lontra da Pedreira	Praia Intertidal	Foz do Ipixuna Miranda
Salinidade ‰	0	0	0	0	0	0	0	0
Temperatura °C	27,97 ± 0,33	27,87 ± 1,13	29,4 ± 0,1	31,2 ± 0,1	28,18 ± ,26	28,90 ± 0,56	29,20 ± 1,28	31,2 ± 0,1
pH	5,06 ± 0,17	5,83 ± 0,48	6,6 ± 0,1	7,2 ± 0,1	4,99 ± 0,13	6,33 ± 0,36	6,63 ± 0,25	7,2 ± 0,1
O.D. mg/L	4,41 ± 1,52	3,98 ± 1,24	6,13 ± 0,1	7,34 ± 0,1	6,06 ± 0,31	4,90 ± 1,24	5,09 ± 1,60	7,34 ± 0,1
Transparência cm	> 150	103 ± 10	92,0 ± 2,1	-	> 150	32,08 ± 4,96	-	-
Turbidez NTU	7,37 ± 3,67	26,17 ± 4,43	-	-	5,68 ± 1,24	32,95 ± 12,97	45,10 ± 8,77	-
Condutividade µS/cm	13,97 ± 2,76	57,15 ± 61,67	-	-	9,64 ± 0,85	25,44 ± 8,89	23,17 ± 0,1	-
Dureza (KH) mg/L	70 ± 44,72	50 ± 0	50 ± 0,1	50 ± 0,1	50 ± 0	57,69 ± 18,78	50 ± 0,1	50 ± 0,1
NO_2^- mg/L	0	0,02 ± 0,001	-	0	0	0	0	0
NH_3 mg/L	0	0,02 ± 0,0001	0,25 ± 0,1	0	0	0	0	0

Fonte: autores (2026).

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicam que as águas superficiais do rio Pedreira apresentaram variações espaciais entre os pontos amostrados e entre os períodos chuvoso e de estiagem, principalmente para os parâmetros pH e oxigênio



dissolvido. Os valores de pH mostraram tendência de aumento ao longo do curso do rio, passando de condições mais ácidas nos trechos a montante para valores próximos da neutralidade na região da foz, padrão compatível com características naturais de sistemas fluviais amazônicos. As concentrações de oxigênio dissolvido também apresentaram variações entre os pontos, com valores mais baixos nos trechos superiores do rio e maiores na região da foz.

Os demais parâmetros físico-químicos analisados mantiveram-se dentro de faixas normalmente observadas em ambientes aquáticos tropicais. Além disso, a maioria dos metais e os HPAs apresentaram concentrações abaixo do limite de detecção, enquanto Al e Fe detectados associam-se à litologia regional. Dessa forma, os resultados indicam baixa influência de fontes de contaminação antrópica, sugerindo que as variações observadas refletem principalmente processos naturais e a dinâmica biogeoquímica do Rio Pedreira.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi apoiado pelo INCT ADAPTA III com recursos do CNPq – Conselho Nacional de Pesquisas (409202/2024-0) e CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 24. ed. Editado por William C. Lipps, Ellen Burton Braun-Howland e Terry E. Baxter. Washington, DC: APHA Press, 2023.

AZEVEDO, Rainier Pedraça de. Uso de água subterrânea em sistema de abastecimento público de comunidades na várzea da Amazônia central. *Acta Amazonica*, v. 36, n. 3, p. 313-320, 2006. DOI: 10.1590/S0044-59672006000300004.

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. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 18 mar. 2005. p. 58-63. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama.

ESTEVES, Francisco de Assis. *Fundamentos de limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998.

FLEXA, Gustavo da Silva; FARIA, Ana Paula Justino de; HENRIQUE, Israel Nunes; ALMEIDA, Yane Santos. Qualidade da água de rio na Amazônia: um estudo de caso sobre o rio Pará do Uruará. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 12, n. 7, p. 342-351, 2021. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.007.0031.

GENSEMER, Robert W.; PLAYLE, Richard C. The bioavailability and toxicity of aluminium in aquatic environments. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v. 29, n. 4, p. 315-450, 1999.

LARSEN, Søren; BRUNO, Maria C.; VAUGHAN, Ian P.; ZOLEZZI, Gabriele. Testing the River Continuum Concept with geostatistical stream-network models. *Ecological Complexity*, v. 39, p. 100773, 2019. DOI: 10.1016/j.ecocom.2019.100773.

LAWRENCE, Gregory B.; BALDIGO, Barry P.; ROY, Karen M.; GEORGE, Scott. Trends and Current Status of Aluminum Chemistry in Adirondack Headwater Streams 30 Years after the Clean Air Act Amendments of 1990. *Atmospheric Environment*, v. 249, p. 118233, 2021. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2021.118233.

LI, Yan; LIU, Zelin; LI, Peng; ZHOU, Xiaolu; DENG, Zhengmiao; ZOU, Ziying; TANG, Jiayi; ZHANG, Cicheng; LI, Tong; PENG, Changhui. Dissolved and particulate organic carbon transport among forest, river, and wetland ecosystems: a review of processes, controlling factors, challenges, and prospects. *Environmental Reviews*, v. 33, p. 1-22, 2025. DOI: 10.1139/er-2024-0078.

LIN, Whei Oh; SILVA, Izabel Souto Ferreira da; BORGES, Phelippe Maximo de Jesus. Água potável na Amazônia IV: água preta e húmus. *Cadernos de Estudos e Pesquisas*, 3º quadrimestre, 2008

SILVEIRA, M. P. *Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.