

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

Aplicação do índice de qualidade das águas (IQA) desenvolvido para rios de águas pretas em uma região periurbana da Amazônia central

Messias Dias Clarindo¹; Carla Estefani Batista²; Adriano Nobre Arcos³ & Sergio Duvoisin Junior⁴

Abstract: The Tarumã-Açu river basin, located in the city of Manaus-AM, is a reflection of a context that involves the advance of urbanization, compromising the quality and preservation of local water resources. Monitoring the water quality in this region is necessary, and for this, the parameters suggested by the Applied Chemistry to Technology (GP-QAT) research group were used, where they proposed a water quality index (WQI) for blackwater rivers, composed of nine variables: Thermotolerant coliforms (Term_Col), dissolved oxygen (DO), total phosphorus, pH, biochemical oxygen demand (BOD), dissolved solids (DS), electrical conductivity (Cond), and Turbidity (Turb). Therefore, this research aimed to analyze the variation of the WQI and evaluate the water quality of the Tarumã-Açu river, during the flood and dry seasons. One collection per month was carried out at five sampling points. The data were analyzed using R software, including descriptive analysis and principal component analysis (PCA). The results of the PCA analysis defined the variables total phosphorus, conductivity, and thermotolerant coliforms as the main contributors to water quality. Furthermore, the IQAGP-QAT ranged between the poor and excellent categories during the seasons, presenting the worst qualities in the dry season.

Resumo: A bacia hidrográfica do rio Tarumã-Açu, localizada na cidade de Manaus-AM, é reflexo de um contexto que envolve o avanço da urbanização, comprometendo a qualidade e preservação dos recursos hídricos locais. O monitoramento da qualidade da água nessa região se faz necessário, e para isso, utilizou-se os parâmetros sugeridos pelo grupo de pesquisa Química Aplicada à Tecnologia (GP-QAT), onde os mesmos propuseram um índice de qualidade de água (IQA) para rios de águas pretas, composta por nove variáveis: Coliformes termotolerantes (Col_Term), oxigênio dissolvido (OD), fósforo total, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos dissolvidos (SD), condutividade elétrica (Cond) e Turbidez (Turb). Portanto, esta pesquisa objetivou analisar a variação do IQA e avaliar a qualidade da água do rio Tarumã Açu, no período de cheia e de seca. Foram realizadas uma coleta por mês em cinco pontos de amostragem. Os dados foram analisados pelo software R, incluindo análise descritiva e análise de componentes principais (ACP). Os resultados da análise de ACP definiu as variáveis fósforo total, condutividade e coliformes termotolerantes, como os principais contribuintes na qualidade da água. Além disso, o IQAGP-QAT variou entre as faixas ruim e ótima durante as estações, apresentando as piores qualidades no período de estiagem.

Palavras-Chave – Monitoramento ambiental, Recursos Hídricos, Rio Tarumã-Açu.

1) Mestre e Doutorando em Clima e Ambiente, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Av. André Araújo, 2936, Aleixo, 69060-001, Manaus-AM. messiasclarindo12@gmail.com

2) Doutora, Grupo de Pesquisa Química Aplicada à Tecnologia, Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Av. Darcy Vargas, 1.200 - Parque Dez de Novembro, 69050-020, Manaus – AM. carla.estefani@hotmail.com

3) Doutor, Grupo de Pesquisa Química Aplicada à Tecnologia, Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Av. Darcy Vargas, 1.200 - Parque Dez de Novembro, 69050-020, Manaus – AM. adriano.bionobre@gmail.com

4) Professor/Pesquisador do Grupo de Pesquisa Química Aplicada à Tecnologia, Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Av. Darcy Vargas, 1.200 - Parque Dez de Novembro, 69050-020, Manaus – AM. duvoisin66@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

A água é uma das fontes de vida na terra, além de ser fundamental para a sobrevivência humana, desempenha um papel central na regulação dos ciclos naturais (LOZANO-PARRA, 2018). Na Amazônia, essa importância é amplificada pela vasta rede hidrográfica e pela singularidade de seus ecossistemas aquáticos, como os diferentes tipos de rios: águas escuras ou pretas, águas claras e águas brancas (FITTKAU, 1964; SIOLI, 1950). Essa diversidade de ecossistemas aquáticos impõe que o monitoramento da qualidade da água seja adaptado às características limnológicas de cada tipo de rio, demandando avaliações técnicas e analíticas distintas para a gestão dos recursos hídricos regionais.

Diante do contexto, a cidade de Manaus, capital do Amazonas, é margeada por rios de águas pretas e abriga bacias hidrográficas essenciais para a região. Dentre elas, a bacia do rio Tarumã-Açu se destaca por sua área de aproximadamente 1.372 km² e por sua relevância social e econômica, sendo intensamente utilizada para atividades de lazer e turismo em suas praias, balneários e flutuantes (ALVARENGA; CUESTA; SOUZA, 2024; VASCONCELOS et al., 2019). Contudo, esta bacia vem sofrendo intensa pressão antrópica, decorrente da expansão urbana desordenada em suas margens e da contaminação de seus igarapés (SOUZA; WACHHOLZ; COLARES, 2021; IWATA, CEMIN E TEIXEIRA, 2024).

Em resposta à necessidade de ferramentas de gestão adaptadas, e em consonância com as diretrizes do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Amazonas (PERH-AM), o grupo de pesquisa Química Aplicada a Tecnologia (GP-QAT) realizou durante os anos de 2021 a 2023, 10 campanhas largas de monitoramento ambiental na bacia do Rio Negro, no qual através de 342.930 análises envolvendo 161 parâmetros de qualidade da água desenvolveram um Índice de Qualidade da Água (IQA) específico para os rios de águas pretas da bacia amazônica (JUNIOR, et al., 2025).

Portanto, este trabalho tem como objetivo aplicar o IQA desenvolvido para rios de águas pretas, analisar a variação sazonal e avaliar os parâmetros que o compõem. Buscou-se, com isso, identificar os principais fatores que influenciam a qualidade da água do rio Tarumã-Açu e fornecer subsídios para a gestão sustentável dos recursos hídricos na região.

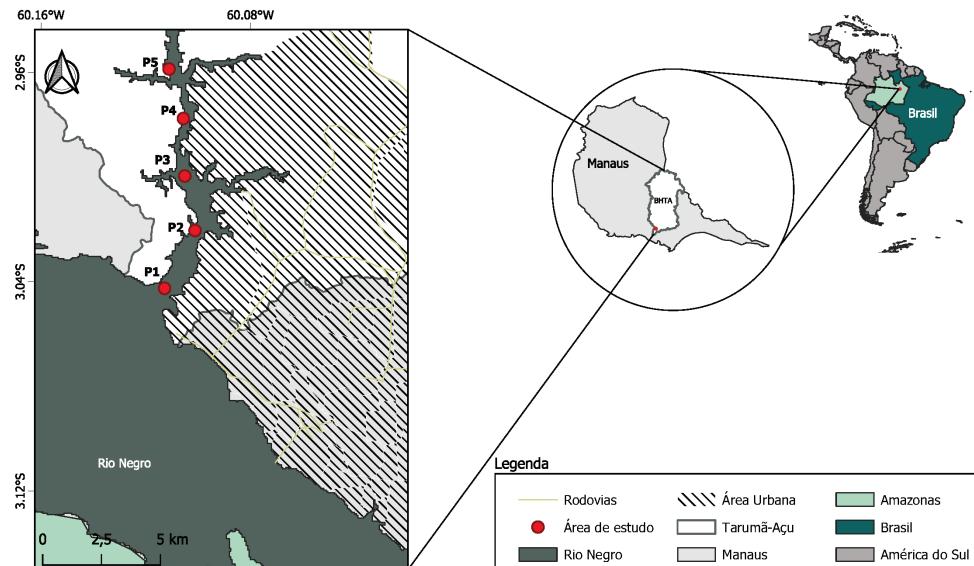
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado na bacia do rio Tarumã-Açu, situado em Manaus - Amazonas, com as direções entre os paralelos 20° 11' 50" e 3° 03' 13"S e meridianos 59° 55' 08" e 60° 06' 21"W, à margem esquerda do rio Negro.

Realizou-se uma coleta mensal, pelo período de quatro meses, duas coletas realizadas na estação de cheia (fevereiro e maio) e duas coletas realizadas na estação seca (agosto e novembro), em cinco pontos distribuídos equidistantemente pela área urbana da bacia do rio Tarumã-Açu (Figura 01), com início no mês de fevereiro e término no mês de novembro de 2024.

Figura 01. Localização dos cinco pontos de coleta na bacia hidrográfica do rio Tarumã-Açu.



2.2 Procedimentos experimentais

As coletas de amostras foram realizadas respeitando as recomendações do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: águas, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos, da Agência Nacional das Águas – ANA e da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2015).

Na tabela 1 apresenta os parâmetros inclusos do IQA GP-QAT e os métodos para levamento dos dados. As análises laboratoriais foram realizadas na Universidade Estadual do Amazonas - Escola Superior de Tecnologia UEA/EST, pelo Grupo de Química Aplicada a Tecnologia – QAT, e seguiu as práticas recomendadas pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater da APHA/AWWA (APHA/AWWA/WEF, 2017).

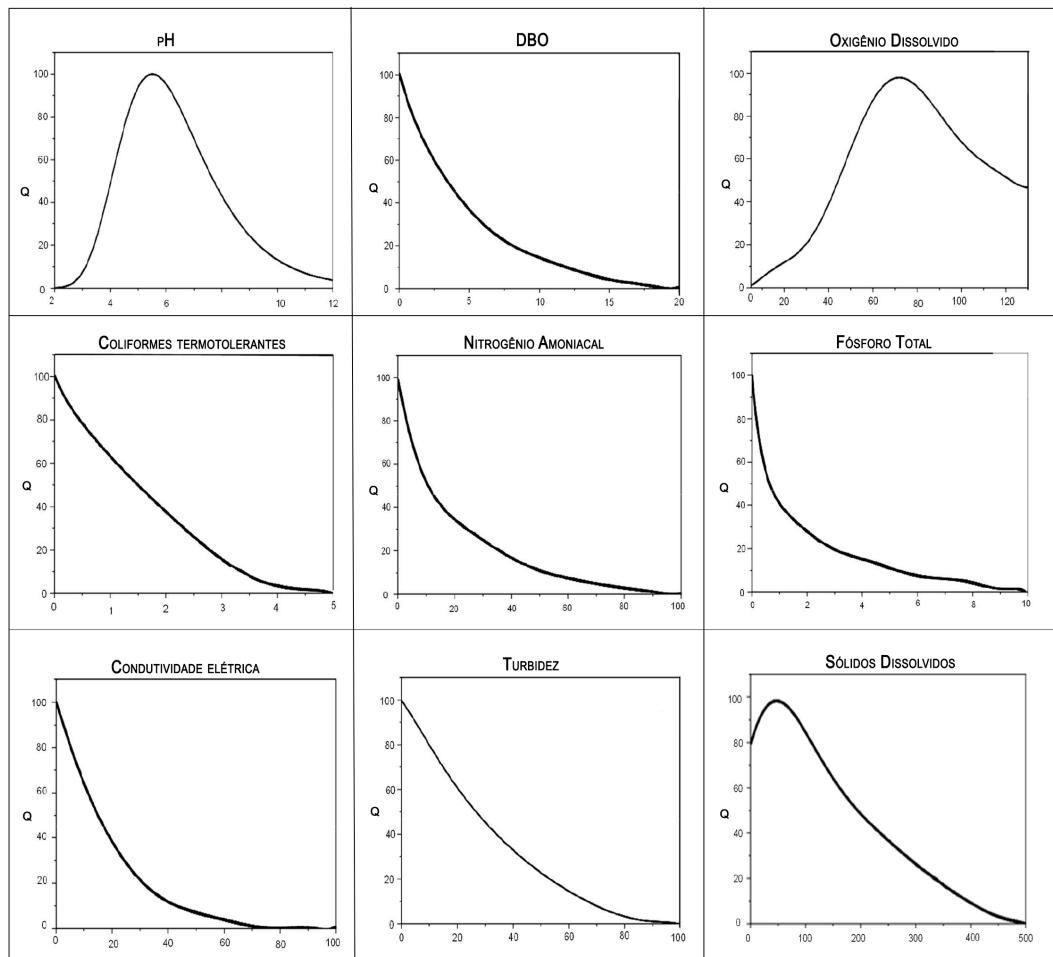
Tabela 1 - Parâmetros e análises analíticas

| Variáveis | Local de Análise | Método de Análise |
|--|------------------|---|
| pH | In situ | Sonda multiparâmetro (modelo HI-9146) |
| Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) | In situ | Sonda multiparâmetro (modelo HI-9146) |
| Coliformes termotolerantes (NPM/100ml) | Laboratório | Colilert |
| Oxigênio dissolvido (%) | In situ | Sonda multiparâmetro (modelo HI-9146) |
| Nitrogênio amoniacal (mg.L^{-1}) | Laboratório | Fotômetro Multiparâmetro (Modelo HI83399) |
| Fósforo total (mg.L^{-1}) | Laboratório | SME WW 4500 N |
| Demandra bioquímica de oxigênio (mg.L^{-1}) | Laboratório | Sensor Respirométrico |
| Turbidez (NTU) | In situ | Turbidímetro (modelo HI-98703-02) |
| Sólidos dissolvidos (mg.L^{-1}) | Laboratório | Gravimétrico |

2.3 Índice de qualidade da água GP-QAT

A determinação do índice baseou-se na seleção de nove mais representativos de qualidade da água da região Amazônica para sua composição. Atribuiu-se curvas de variação (Figura 2) para cada parâmetro com um valor de qualidade de 0 a 10 (JUNIOR, et al., 2025).

Figura 2 - Curva de Variação das variáveis do IQA GP-QAT



Para avaliar a qualidade da água de rios de águas pretas, construiu-se um cálculo logarítmico que se dá pela equação:

$$\text{IQA (água preta)} = ((-2.35097 \times 10^{-16} + 99.94591 \times 10(w)) \times 0.15) + ((100 - 3.98753b + 7.08 \times 10^{-4}b_2 + 0.00619b_3 - 3.62 \times 10^{-4}b_4 + 1.16 \times 10^{-5}b_5 - 2.17 \times 10^{-7}b_6 + 2.35 \times 10^{-9}b_7 - 1.35 \times 10^{-11}b_8 + 3.18 \times 10^{-14}b_9) \times 0.15) + ((100 - 64.59328c + 68.07611c_2 - 78.8927c_3 + 58.93817c_4 - 27.7c_5 + 8.12c_6 - 1.43c_7 + 1.39 \times 10^{-1}c_8 - 5.71 \times 10^{-3}c_9) \times 0.15) + ((3.01177 - 1.66751d + 0.36414d_2 - 0.002553d_3 + 9.09 \times 10^{-4}d_4 - 1.72 \times 10^{-5}d_5 + 1.83 \times 10^{-7}d_6 - 1.09 \times 10^{-9}d_7 + 3.37 \times 10^{-12}d_8 - 4.19 \times 10^{-15}d_9) \times 0.15) + ((100 - 7.15074f + 0.2671f_2 + 5.02 \times 10^{-5}f_3 - 3.89 \times 10^{-4}f_4 + 1.48 \times 10^{-5}f_5 - 2.70 \times 10^{-7}f_6 + 2.70 \times 10^{-9}f_7 - 1.42 \times 10^{-11}f_8 + 3.11 \times 10^{-14}f_9) \times 0.10) + ((100 - 145.6286g + 155.76905g_2 - 101g_3 + 39.2g_4 - 9.46g_5 + 1.42g_6 - 1.28 \times 10^{-1}g_7 + 6.38 \times 10^{-3}g_8 - 1.35 \times 10^{-4}g_9) \times 0.10) + ((100 - 24.8781h + 5.31814h_2 - 1.02h_3 + 1.12 \times 10^{-1}h_4 - 3.72 \times 10^{-3}h_5 - 4.16 \times 10^{-4}h_6 + 4.77 \times 10^{-5}h_7 - 1.84 \times 10^{-6}h_8 + 2.56 \times 10^{-8}h_9) \times 0.10)$$

$$0.10) + ((100 - 1.64638i - 0.06945i2 + 4.90 \times 10^{-3}i3 - 1.56 \times 10^{-4}i4 + 2.93 \times 10^{-6}i5 - 3.33 \times 10^{-8}i6 + 2.15 \times 10^{-10}i7 - 6.59 \times 10^{-13}i8 + 5.27 \times 10^{-16}i9) \times 0.05) + ((79.24707 + 0.83862j - 0.00848j2 - 5.53 \times 10^{-5}j3 + 1.12 \times 10^{-6}j4 - 6.88 \times 10^{-9}j5 + 2.23 \times 10^{-11}j6 - 4.12 \times 10^{-14}j7 + 4.08 \times 10^{-17}j8 - 1.69 \times 10^{-20}j9) \times 0.05)$$

Onde:

w = $-10(-z) - z + 1$; z = $(a - 5.51082)/1.51245$; a = valor do pH; b = valor da condutividade elétrica; c = valor do coliformes termotolerantes; d = valor do oxigênio dissolvido; f = valor do nitrogênio amoniacal; g = valor do fósforo total; h = valor da Demanda bioquímica de oxigênio; i = valor da Turbidez e j = valor do Sólidos dissolvidos

Por fim, a aplicação do índice de qualidade da água proposta é a definição das faixas de qualidade em que as águas brutas analisadas são encontradas. A faixa sugerida pelo GP-QAT encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação do Índice de Qualidade de Água sugerido pelo GP-QAT

| Categoria | Faixa do IQA para Rios de Águas pretas |
|----------------|--|
| PÉSSIMA | 0 – 30 |
| RUIM | 31 – 59 |
| REGULAR | 60 – 74 |
| BOA | 75 – 84 |
| ÓTIMA | 85 – 100 |

2.4 Análise de componentes principais (ACP)

Neste trabalho, a estatística foi utilizada como ferramenta principal para identificar as relações e determinar quais parâmetros mais influenciam a qualidade da água do rio Tarumã-Açu. Os dados referentes aos nove parâmetros foram organizados em uma planilha do Excel. Para a análise estatística, foi escolhido o *software R*. Com o uso deste software, foi possível realizar a Análise de Componentes Principais (ACP), que reduz a complexidade dos dados ao identificar um número menor de componentes principais. Esses componentes explicam de forma eficiente a variação observada nos parâmetros analisados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As métricas descritivas dos parâmetros de qualidade da água para o período de cheia podem ser observadas abaixo (Tabela 3). Alguns parâmetros chamam atenção pelos valores com maior desvio padrão (DP.), como é o caso do oxigênio dissolvido (18,43%) com máxima de 109,50% e sólidos dissolvidos (16,60 mg.L⁻¹) com máxima de 78,67 mg.L⁻¹. A variação no conjunto de dados das concentrações das variáveis oxigênio dissolvido e sólidos dissolvidos podem ser relacionadas ao período de chuvas na região de Manaus, pois a alta quantidade de precipitação faz com que ocorra assoreamento do solo e pressão hidrostática na água (DARWICH et al., 2005). Além disso, a quantidade alta de oxigênio dissolvido faz com que poluentes sejam eliminados por decomposição (FIORUCCI & FILHO, 2005).

Tabela 3 – Valores descritivos das variáveis de qualidade do IQA GP-QAT no período de cheia

| Variáveis | Mínima | Média | Máxima | Mediana | Desvio P. |
|---|--------|-------|--------|---------|-----------|
| pH | 5,19 | 5,60 | 6,67 | 5,50 | 0,46 |
| DBO (mg.L ⁻¹) | 0,00 | 8,06 | 11,90 | 9,70 | 4,46 |
| OD (%) | 54,00 | 70,55 | 109,50 | 64,15 | 18,43 |
| Coli_Termo (NMP/100mL) | 6,20 | 15,33 | 30,00 | 11,70 | 8,18 |
| N_Amo (mg.L ⁻¹) | 0,00 | 0,11 | 0,44 | 0,075 | 0,13 |
| Fósforo total (mg.L ⁻¹) | 0,007 | 0,017 | 0,036 | 0,020 | 0,009 |
| Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) | 7,00 | 12,30 | 20,00 | 12,50 | 3,59 |
| Turbidez (NTU) | 2,56 | 5,18 | 12,40 | 4,44 | 3,03 |
| Sólidos Dissolvidos (mg.L ⁻¹) | 20,00 | 44,53 | 78,67 | 41,00 | 16,60 |

Na tabela 4, estão apresentadas as análises descritivas do período de seca. Observa-se valores alto, como é o caso dos parâmetros coliformes termotolerantes (1.413,10 NMP/100mL), do oxigênio dissolvido (133,60%), fósforo total (0,152 mg.L⁻¹), nitrogênio amoniacal (1,58 mg.L⁻¹), condutividade (57,00 $\mu\text{S.cm}^{-1}$), turbidez (63,00 NTU). Destaca-se um desvio padrão alto no indicador coliformes termotolerantes (414,76 NMP/100mL). Além disso, as variáveis turbidez, DBO e nitrogênio amoniacal apresentaram valores baixos para o periodo de estiagem.

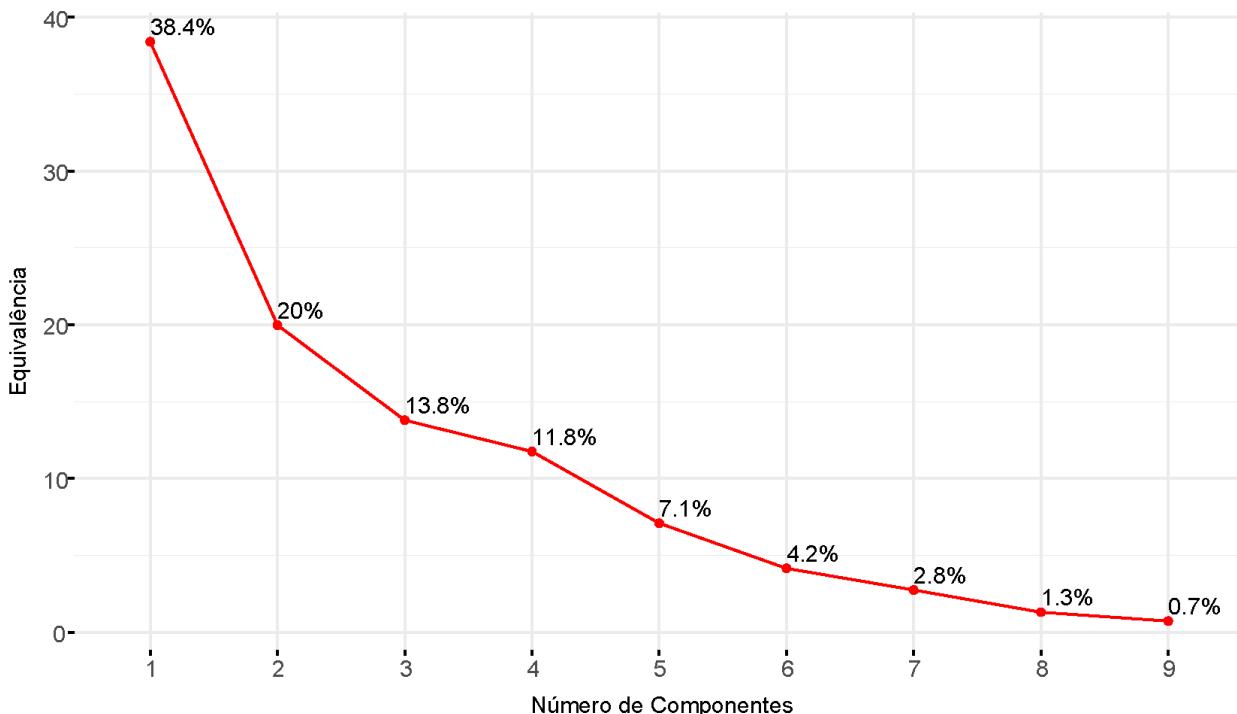
Tabela 4 – Valores descritivos das variáveis de qualidade do IQA GP-QAT no período seco

| Variáveis | Mínima | Média | Máxima | Mediana | Desvio P. |
|---|--------|--------|----------|---------|-----------|
| pH | 5,03 | 5,53 | 6,67 | 5,28 | 0,56 |
| DBO (mg.L ⁻¹) | 0,00 | 1,99 | 10,10 | 2,27 | 2,89 |
| OD (%) | 56,30 | 84,61 | 133,60 | 75,65 | 27,02 |
| Coli_Termo (NMP/100mL) | 4,10 | 187,72 | 1.413,10 | 16,80 | 414,76 |
| N_Amo (mg.L ⁻¹) | 0,00 | 0,23 | 1,58 | 0,08 | 0,45 |
| Fósforo total (mg.L ⁻¹) | 0,005 | 0,033 | 0,152 | 0,021 | 0,040 |
| Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$) | 7,00 | 17,90 | 57,00 | 11,50 | 15,66 |
| Turbidez (NTU) | 0,00 | 14,66 | 63,00 | 8,20 | 18,62 |
| Sólidos Dissolvidos (mg.L ⁻¹) | 18,00 | 33,93 | 62,00 | 31,50 | 10,99 |

Com os valores descritivos obtidos, realizou-se a estatística de análise de componentes principais, e usou-se a recomendação de Gardiman Júnior (2015), onde o autovalor das componentes

é considerado aceitável entre 70 e 90% para explicar o comportamento da variação dos dados. Nota-se na figura 3, que para este estudo as primeiras 3 componentes corresponderam a 72,2%.

Figura 3 – Autovalores da formação das componentes

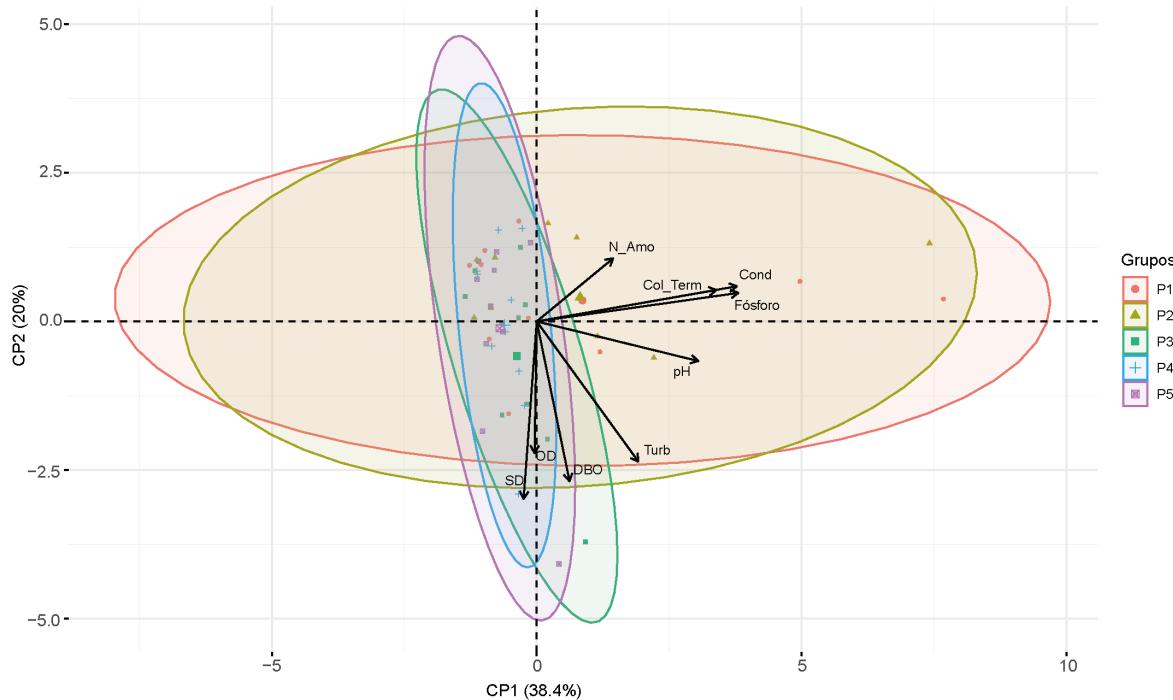


Afim de estabelecer as variâncias das variáveis de qualidade da água do rio Tarumã, construiu-se um biplot (Figura 4), para averiguar a influência das variáveis e a singularidade dos pontos de amostragem. Estabeleceu por critério de maior variação dos dados as duas primeiras componentes principais, CP1 (30,8%) e CP2 (20%).

Evidencia-se na figura 4, que a CP1 correspondeu a contribuição das variáveis fósforo total, condutividade elétrica e coliformes termotolerantes como as mais influentes na região local. O resultado corrobora a ideia de que a baixa qualidade das águas da bacia está relacionada com a influência urbana, pois as variáveis correspondentes estão associadas a esgoto doméstico (GUEDES et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2023). A CP2 é contribuída pelas variáveis turbidez, sólidos dissolvidos, DBO e oxigênio dissolvido, que podem estar associadas a carga de matéria orgânica e poluentes químico em suspensão.

Aos grupos formados no biplot (figura 4), destaca-se a variabilidade e extensão dos pontos P1 e P2. Estes estão localizados a jusante da bacia do rio Tarumã-Açu, que após descargas de efluentes ou poluente vindo de igarapés ou até mesmo da montante, poluem o local por ser a região de acumulo da bacia (JÚNIOR, 2020). Os pontos, P3, P4 e P5, apresentam características semelhantes entre si de variabilidade. Embora menos poluídos por nutrientes e coliformes, sua posição na parte inferior indica níveis de influência do oxigênio dissolvido, DBO e sólidos dissolvidos, característico de rios de águas escuras (KLINGE; RODRIGUES, 1971; SPERLING, 2014).

Figura 4 - Biplot da Análise de Componentes Principais das variáveis de qualidade da água e dos pontos de amostragem na bacia hidrográfica do rio Tarumã-Açu.



Após a contribuição dos indicadores de qualidade da água, calculou-se o IQA GP-QAT, onde construiu-se a tabela 5 com os valores categóricos de qualidade para os meses estudados. Dos resultados, a qualidade da água variou entre ruim e ótima, com valores mais baixos no período de estiagem, com a qualidade ruim no mês de novembro, indicando pior qualidade da água do ponto P1 a jusante.

Tabela 5 - Análise da sazonalidade da qualidade da água através do IQA GP-QAT.

| PERÍODO | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
|-----------|----|----|----|----|----|
| Fevereiro | 75 | 64 | 75 | 78 | 80 |
| Maio | 78 | 82 | 74 | 72 | 86 |
| Agosto | 79 | 81 | 82 | 85 | 89 |
| Novembro | 55 | 64 | 68 | - | - |

Estudo realizado por Arcos e Cunha (2022) utilizando o IQA proposto pela CETESB identificaram que as praias localizadas na margem esquerda do Rio Negro (Lua, Tupé e Ponta Negra) apresentaram IQA variando entre ótimo e bom, entretanto, sua qualidade diminuía com a seca do Rio Negro. Além disso, quando foi identificada a questão da balneabilidade, apenas a praia da Lua e Tupé apresentaram condições de próprias o ano todo, e a Ponta Negra no período de seca do rio não apresentou uma boa qualidade da água. O regime hidrológico na região está diretamente relacionado com a mudança das variáveis limnológicas no ambiente aquático, e esse comportamento também foi observado no presente estudo na Bacia do Tarumã-açu.

Segundo Santos et al. (2023), com o avanço da urbanização em Manaus ao longo do tempo, surge a necessidade de um monitoramento contínuo dos recursos hídricos da região. Esse programa visa avaliar a qualidade ambiental dos rios e igarapés que banham a cidade, essenciais para o lazer e a prática de esportes tanto pela população local quanto pelos turistas.

4. CONCLUSÃO

Os resultados indicam que a qualidade da água do rio Tarumã-Açu no ano 2024 é influenciada por fontes de poluição ricas em nutrientes e material orgânico/fecal, devido ao lançamento de esgoto doméstico e outros efluentes gerados pelo uso e ocupação da bacia, processo intensificado pelo avanço da urbanização e por um sistema de tratamento sanitário ineficaz. Além disso, o IQA GP-QAT exibe uma sazonalidade modulada pela interação entre o regime hidrológico amazônico e as pressões antrópicas da região urbana de Manaus. O período final da estiagem emerge como o mais crítico para a qualidade da água.

O monitoramento contínuo, com atenção aos períodos hidrológicos críticos, é fundamental para subsidiar ações de gestão e conservação dos recursos hídricos na Amazônia Central. Estudos futuros poderiam investigar com maior detalhe a contribuição de diferentes usos do solo na bacia do Tarumã-Açu e a dinâmica específica de poluentes.

AGRADECIMENTOS

Ao programa de pós-graduação em Clima e Ambiente (CLIAMB), ao Instituto Nacional de pesquisa da Amazônia (INPA), a Universidade do Estado do Amazonas (UEA), a Escola Superior de Tecnologia (EST), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao grupo de pesquisa Química Aplicada a Tecnologia (GP-QAT) e a FAPEAM - Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, G. P.; CUESTA, B. O. DE B.; SOUZA, C. D. R. (2024). “*Análise da qualidade da água da Lagoa do Japiim, Manaus – Amazonas*”. Research, Society and Development, v. 13, n. 3.
- APHA/AWWA/WEF. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. (23rd ed.). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- ARCOS, A. N., & DA CUNHA, H. B. (2022). “*Índice de qualidade de água (IQA) e balneabilidade em praias de água doce no rio Negro, Manaus (Amazonas)*”. Revista Espinhaço, v.11, n.1, pp. 1-15.
- CETESB. (2015). *Qualidades da Águas Superficiais no Estado de São Paulo*. Governo Do Estado de São Paulo.
- DARWICH, J. A.; APRILE, F. M.; ROBERTSON, B. A.; ALVES, L. F. (2005). “*Limnologia do Lago Tupé: dinâmica espaço-temporal do oxigênio dissolvido*”. *BioTupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central*. Org. Melo, S. INPA, Manaus, editora INPA, Manaus – AM, pp. 35-67.

JUNIOR, S. D.; ALBUQUERQUE, P. M.; OLIVEIRA, R. L. E.; LOIOLA, S. K. S.; NETA, A. S. C.; BATISTA, C. E.; ARCOS, A. N.; BANHOS, E. F. (2025). “Um índice de qualidade para os rios da água negra da região Amazônica”. *ÁGUA*, 17, 833.

FIORUCCI, A. R.; FILHO, E. B. (2005). “A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos”. *Revista Química Nova na Escola*, n. 22, pp.10-16.

FITTKAU, E. J. (1964). “Remarks on limnology of central-Amazon rain forest streams”, Verb. internat. Verein. Limnol., 15, pp. 1092-1096.

GARDIMAN JUNIOR, B. S. (2015). “Caracterização do processo de poluição das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do rio Jucu, estado do Espírito Santo, Brasil”. *Revista Agroambiente, Boa Vista*, v. 9, n. 3, pp. 235 – 242.

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D.; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T.; SOARES, J. H. P. (2012). “Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG”. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 5, pp. 558–563.

IWATA, M. J. R.; CEMIN, G.; TEIXEIRA, M. A. S. B. (2024). “Gestão de resíduos em empreendimentos flutuantes de turismo e lazer no rio tarumã-açu em MANAUS-AM”. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, v. 17, n. 53, p. e1319.

JÚNIOR, J. C. M. DE A. (2020). “Análise do monitoramento da qualidade da água de rios da bacia hidrográfica do rio goiana”. *Revista Geociências UNG-Ser*, Guarulhos-SP, v. 19, n. 1981–741X, PP. 4–24.

KLINGE, H.; RODRIGUES, W. A. “Materias orgânicas e nutrientes na mata de terra firme perto de MANAUS”. *ACTA AMAZONICA*, V. 1, N. 1, P. 69–72, 1971.

LOZANO-PARRA, J. (2018). “Recursos hídricos: Disponibilidad, variabilidad y Gestión”. *Revista de Geografia Norte Grande*, v. 71, pp. 5–8.

OLIVEIRA, V. C.; SILVA, L. F.; REZENDE, B. N.; SANTOS, I. C. L.; MALTEZ, M. A. P. F.; OLIVEIRA, C. E. A. (2023). “Uso de estatística multivariada para avaliação de parâmetros de qualidade da água na Bacia do Rio Paracatu”. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 11, n. 11, p. 71–085.

SANTOS, M. S., DE LIMA, A. A., VITAL, A. R. T., & ARCOS, A. N. (2023). “Avaliação da qualidade da água da praia da lua no rio negro, Manaus–Amazonas”. *Revista Geonorte*, v.14, n.44, pp.185-202.

SIOLI, H. (1950). *Das wasser im Amazonasgebiet*. ForshAkademie-Verlag.

SOUZA, B. S.; WACHHOLZ, F.; COLARES, I. S. (2021). “Impactos ambientais e qualidade dos recursos hídricos: uma análise sobre a cachoeira alta do tarumã (Manaus-AM)”. *Planejamento e desenvolvimento sustentável em bacias hidrográficas*. Org. por FARIAS, K. M. S. e TRINDADE, S. P. GOIÂNIA: C&A Alfa Comunicação, 139, V. 1P. 1195.

SPERLING, M. VON. (2014). *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. 4. ED. INTRODUÇÃO À QUALIDADE DAS ÁGUAS E AO TRATAMENTO DE ESGOTOS.

VASCONCELOS, M. A.; OLIVEIRA, M. A. F.; JUNIOR, J. C. L.; SILVA, S. C. P. (2019) “Análise do uso e da cobertura da terra da bacia do tarumã-açu: um olhar para a sustentabilidade”. *Revista Terceira Margem Amazônia*, v. 5, n. 13.