



659 - TENDÊNCIAS NA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARATIBE, PERNAMBUCO, BRASIL

Jocimar Coutinho Rodrigues Junior⁽¹⁾

Mestre em Engenharia Civil pelo Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutorando em Engenharia Civil pela UFPE.

Ester Milena dos Santos⁽²⁾

Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Doutoranda em Engenharia Civil pela UFPE.

Ana Carolina Santos Freire Bonfim de Almeida⁽³⁾

Graduada em Engenharia Civil pelo Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestranda em Engenharia Civil pela UFPE.

Anderson Luiz Ribeiro de Paiva⁽⁴⁾

Professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (DECIV) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutor em Engenharia Civil pela UFPE.

Lourdinha Florêncio⁽⁵⁾

Professora do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (DECIV) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutora em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Wageningen-Holanda.

Endereço⁽¹⁾: Av. da Arquitetura, s/n - Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-550 - Brasil - Tel: (81) 2126-8200 - e-mail: jocimar.junior@ufpe.br

RESUMO

Em diversas localidades, o desenvolvimento industrial e urbano contribuiu para a intensificação da poluição em bacias hidrográficas. Com o passar do tempo, tornou-se imprescindível a elaboração de estudos de previsão e tendência acerca da qualidade de água dos corpos hídricos, como forma de gerenciamento. Com isso, o presente trabalho tem como objetivo analisar a tendência de parâmetros de qualidade de água, na bacia hidrográfica do rio Paratibe, em Pernambuco, Brasil. Foi utilizado o teste de Mann-Kendall, que consiste em uma ferramenta estatística de análise de tendências e identificação de padrões temporais de mudanças positivas ou negativas em séries de dados, com significância de 5% ($p = 0.05$). Dentre os dados utilizados, foram selecionados os 3 pontos monitorados pela Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), localizados em área de captação de água (PA-10), no distrito industrial de Paulista (PA-15) e na área residencial de Paulista (PA-25), contando com um banco de dados com informações anuais entre 2001 e 2019, com informações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Oxigênio Dissolvido (OD), Amônia e Fósforo. Os resultados obtidos apontam que há tendência significativa para OD e DBO em todos os pontos analisados ($p < 0.05$). Para os parâmetros de nutrientes, a amônia não apresentou tendência ou mudanças de comportamento ($p > 0.05$), em relação ao Fósforo, foi constatado tendência significativa para o ponto PA-10 (negativa) e para o ponto PA-25 (positiva). Deste modo, é possível compreender a influência da urbanização e da industrialização no comportamento da qualidade de água. Com isso, torna-se possível compreender a influência da urbanização e da industrialização na qualidade de água e nos seus impactos.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos Hídricos, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Amônia, Fósforo Total.

INTRODUÇÃO

Em diversas localidades, o desenvolvimento industrial e urbano contribuiu para a intensificação da poluição em bacias hidrográficas. Com o passar do tempo, tornou-se imprescindível a elaboração de estudos de previsão e tendência acerca da qualidade de água dos corpos hídricos, como forma de gerenciamento. Neste sentido, a verificação da tendência da qualidade de água em bacias hidrográficas pode auxiliar na gestão de recursos hídricos, buscando tornar as áreas urbanas e assentamentos, locais seguros, resilientes e sustentáveis, com o adequado acesso ao saneamento básico (SANTOS et al., 2020).



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



O uso e ocupação do solo no entorno de corpos hídricos foram caracterizados por uma falta de planejamento sistemático, sem a devida consideração dos compartimentos ambientais, onde priorizou-se a minimização de custos e a maximização dos benefícios econômicos. Entretanto, o crescimento demográfico e a exploração descontrolada dos recursos naturais, notadamente da água, têm ocasionado impactos significativos tanto em termos quantitativos, quanto qualitativos na qualidade ambiental (TUCCI, 2009). Diante desse cenário, a análise minuciosa da qualidade da água em cursos d'água torna-se crucial para compreender as interações complexas entre fatores naturais e atividades antropogênicas, a fim de desenvolver e avaliar estratégias de gestão e conservação eficazes.

Segundo o relatório emitido pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2018), ao longo dos anos tem sido evidenciado um declínio na qualidade da água, marcado por um aumento notável na contaminação por agentes patogênicos, compostos orgânicos, nutrientes e salinidade. Uma série de variáveis vem contribuindo para esse agravamento, tais como o crescimento descontrolado da população, a rápida expansão urbana, a industrialização sem regulamentação, juntamente com a aplicação excessiva de substâncias químicas na agricultura, como fertilizantes e pesticidas (USTAOGLU et al., 2020).

Os indicadores de qualidade da água, tais como a concentração de oxigênio dissolvido, DBO, pH, turbidez, e a presença de contaminantes específicos, são utilizados para monitorar e avaliar a saúde dos rios. Esses parâmetros fornecem informações cruciais para a tomada de decisões em gestão ambiental, permitindo a identificação de fontes de poluição, a avaliação do impacto das atividades humanas e a eficácia das medidas de controle implementadas. A monitoração contínua e sistemática desses indicadores é fundamental para detectar mudanças na qualidade da água e implementar ações corretivas oportunas (BERTOSSO et al., 2013).

No planejamento de recursos hídricos, a elaboração de estudos envolvendo a aplicação de métodos estatísticos pode auxiliar a manipulação e interpretação de dados, em decorrência de fornecerem resultados simples e de fácil assimilação, a partir de um conjunto de dados complexos (HAIR et al., 2009). Dessa forma, o emprego desses métodos facilita a possível identificação de fontes de poluição no que compete ao monitoramento de recursos hídricos.

Assim, as tendências de aumento de parâmetros de qualidade em corpos hídricos constituem questões ambientais complexas e de grande relevância para a gestão dos recursos hídricos e a preservação dos ecossistemas aquáticos. Tais mudanças estão intrinsecamente ligadas às atividades humanas e às transformações ecológicas associadas. Dessa forma, compreensão dessas tendências é essencial para a implementação de estratégias eficazes de mitigação e conservação.

A legislação ambiental desempenha um papel vital na proteção da qualidade da água dos rios, as diretrizes e as normas estabelecem padrões de qualidade da água e limites para a concentração de poluentes, orientando as práticas de gestão e mitigação dos impactos ambientais. No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos e a Resolução CONAMA n.º 357/2005 são exemplos de instrumentos legais que regulam a qualidade da água e o enquadramento dos corpos hídricos, visando à preservação e recuperação dos recursos hídricos (BARROS FILHO et al., 2023).

A qualidade da água dos rios constitui um tema central nos estudos de gestão ambiental e de recursos hídricos, onde abrange-se a avaliação das características físicas, químicas e biológicas da água, e sua relação com os requisitos dos diversos usos pretendidos, tais como abastecimento humano, irrigação, recreação, preservação da vida aquática e usos industriais. Somado a isso, estudos de qualidade da água em cursos hídricos são essenciais para a compreensão dos processos ecológicos, a saúde dos ecossistemas aquáticos e a sustentabilidade dos serviços ecossistêmicos oferecidos por estes corpos d'água.

Em razão da influência de múltiplos estressores antropogênicos sobre as águas superficiais, tornou-se necessário promover uma gestão ambiental que leve em consideração a intensidade da degradação dos cursos d'água e sua relação espaço-temporal com o aporte de cargas poluidoras. Assim, segundo Mack et al. (2019), o declínio na qualidade das águas despertou um interesse crescente em diversas nações acerca do uso e ocupação do solo e seus impactos na paisagem e na qualidade da água.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a tendência de parâmetros de qualidade de água, na bacia hidrográfica do rio Paratibe, em Pernambuco, Brasil, a fim de verificar as alterações na qualidade hídrica ocorrentes ao longo do trajeto do rio e, as possíveis influências.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área deste estudo consiste na bacia hidrográfica do rio Paratibe, que se localiza na bacia pernambucana Metropolitana Norte (UP02). Seu rio principal possui extensão aproximada de 9,2 km e a bacia drena grandes municípios da região metropolitana do Recife (APAC, 2023). Para analisar a tendência da qualidade de água, foram selecionados os parâmetros de Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Amônia e Fósforo Total.

Ademais, foram utilizados os dados do recorte temporal que abrange o período entre os anos de 2001 e 2018, exceto os anos de 2011 e 2015 em que não há registros, conforme dispõe o Relatório de Qualidade da Agência Ambiental de Pernambuco (CRPH, 2023), para os 3 pontos de monitoramento do órgão, conforme mostra a Figura 1, sendo os pontos PA-10, PA-15 e PA-25.

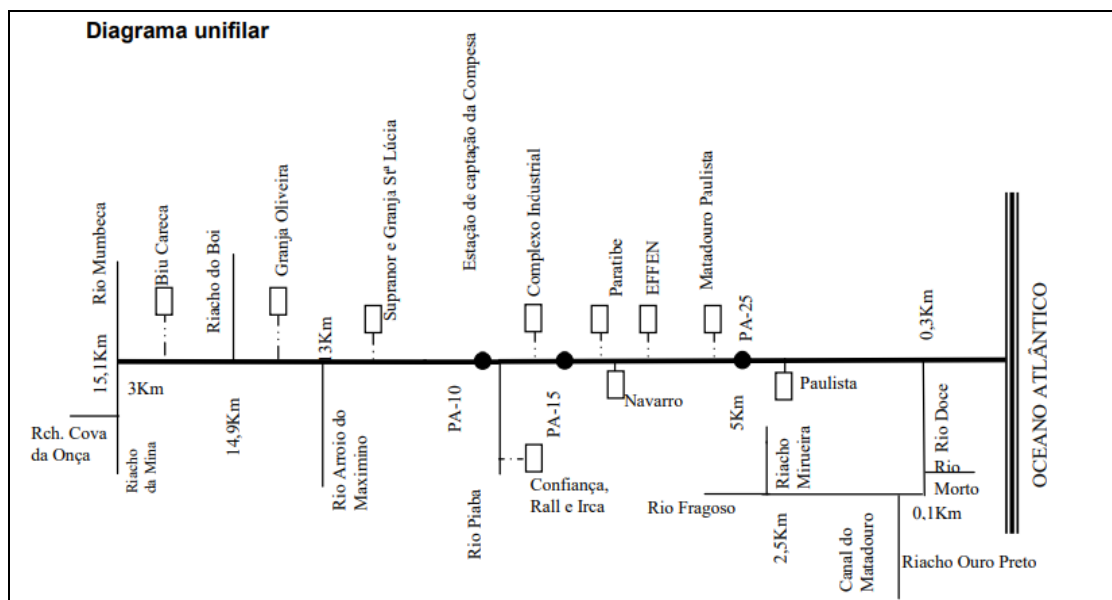


Figura 1: Pontos de Monitoramento na bacia do rio Paratibe.

Ressalta-se que a seleção desses dados foi fundamentada na conformidade com pressupostos metodológicos pertinentes, incluindo a verificação da normalidade por meio do teste de Shapiro-Wilk. A estratégia adotada para a seleção de dados foi embasada nas coletas realizadas para análise da qualidade da água, que ocorreram semestral ou trimestralmente em cada ano de monitoramento, dependendo do parâmetro considerado, resultando em uma amostra composta por mais de 50 observações para cada um dos indicadores de qualidade mencionados, em cada ponto de monitoramento.

Diante do conjunto de dados amostrais disponíveis, prosseguiu-se com a análise do comportamento da série temporal, em que foi empregada a estatística não-paramétrica de tendências, o teste de Mann-Kendall, que envolve a formulação de duas hipóteses (TRINDADE et al., 2017):

- Hipótese Nula (H0): indica que não há tendência significativa na série temporal.
- Hipótese Alternativa (H1): refuta a hipótese nula, ou seja, indica que há tendência significativa na série temporal.

Dessa forma, com a aplicação do teste de Mann-Kendall, caso o resultado do teste indique em um valor-p menor que um nível de significância previamente determinado, a hipótese nula será rejeitada, sugerindo assim,



a existência de uma tendência estatisticamente significativa na série temporal. No presente estudo, o nível de significância estabelecido foi de 0,05. Portanto, valores-p inferiores a este limiar indicam a presença de uma tendência. O procedimento de aplicação do teste de Mann-Kendall foi realizado utilizando a linguagem de programação R, com o suporte do pacote “trend”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados de qualidade do período em análise (2001-2019), foram calculados os resultados estatísticos descritos, conforme mostra a Tabela 1. É possível visualizar que a OD sofre redução ao longo do trajeto do rio, entre o ponto mais próximo a nascente e o deságue, sendo que no PA-10 a concentração de OD foi de 5,9 mg/L, no PA-15 foi de 4,0 mg/L e, no PA-25 foi de 1,2 mg/L. Esse cenário inversamente ocorre com a DBO, o PA-15 (2,1 mg/L) demonstrou menor valor do que no PA-15 (8,8 mg/L) e no PA-25 (9,9 mg/L). No que tange o Amônio e Fósforo, que estão mais relacionados com o lançamento de nutrientes, a concentração médio também registra ao longo do curso do rio Paratibe.

Em relação aos resultados do Teste de Tendência de Mann-Kendall (MK), a Tabela 2 expõe os valores-p obtidos para os parâmetros em estudos. Neste caso, a OD, DBO e Fósforo apresentaram tendências de variação em algum ponto. Em contrapartida, a Amônia mesmo mostrando um valor médio alto, não demonstrou haver tendência de variações ao longo dos anos de estudo, em nenhuma ponto da bacia hidrográfica do rio Paratibe.

Tabela 1: Valores dos parâmetros de qualidade, durante o período de estudo (2001-2019)

	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Amônia (mg/L)	Fósforo (mg/L)
PA - 10				
Média	5,9	2,1	0,3	0,1
Mediana	5,9	2,0	0,0	0,1
Desvio Padrão	0,9410	1,1278	0,9686	0,2371
PA - 15				
Média	4,0	8,8	0,9	0,6
Mediana	4,4	4,3	0,7	0,4
Desvio Padrão	1,6553	13,4545	1,0677	0,5075
PA - 25				
Média	1,2	9,9	6,5	0,9
Mediana	0,8	4,2	5,4	0,9
Desvio Padrão	1,0062	13,1350	5,2203	0,4600

Tabela 2: Valores-p obtidos a partir do Teste de MK.

Ponto	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	Amônia (mg/L)	Fósforo (mg/L)
PA - 10	6,49E-05	1,61E-03	0,92	3,43E-03
PA - 15	3,19E-03	1,66E-05	0,75	0,07
PA - 25	4,67E-06	6,91E-11	0,34	1,21E-03

De forma geral, a análise da série temporal correspondente ao monitoramento do rio Paratibe, ao longo do período de 17 anos, mostra variabilidade tanto em termos espaciais como temporais e ocorre de maneira distinta entre os anos e entre os pontos de amostragem. A aplicação do teste de Mann-Kendall fornece conhecimentos relevantes, como ser visto na Figura 2, em que revela os pontos que possuem parâmetros com tendência significativa ($p < 0.05$).

Os resultados obtidos apontam que há tendência significativa para OD e DBO em todos os pontos analisados ($p < 0.05$). Neste caso, para o ponto PA-10, que consiste no local de captação de água, verifica-se que há uma tendência positiva para a OD e uma negativa para DBO, evidenciando um cenário otimista, com aumento de OD e redução de DBO. Esta perspectiva é oposta nos pontos PA-15 e PA-25, cujos locais abrangem maior intensidade de impactos ambientais, onde a OD apresenta tendência negativa e a DBO tendência positiva. A

amônia não apresentou tendência ou mudanças de comportamento ($p > 0.05$). Para Fósforo, foi constatado tendência significativa para o ponto PA-10 (negativa) para o ponto PA-25 (positiva).

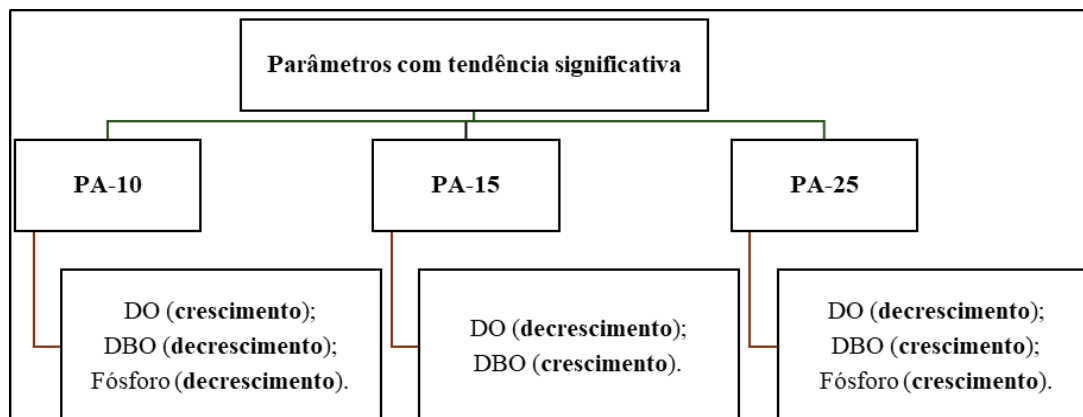


Figura 2: Parâmetros com tendência significativa no Teste de Mann-Kendall.

Assim, no que tange a Amônia, não se delimitou tendências claras em nenhum dos pontos. Por outro lado, para os parâmetros de OD e DBO, há indícios de tendência de redução e aumento, respectivamente, em área excessivamente urbanizada, próximo ao deságue. Outra observação notável, é o inverso deste comportamento, em que há na tendência de aumento de OD e tendência de redução de DBO, observada nas proximidades do ponto de nascente.

A baixa concentração de oxigênio dissolvido, frequentemente resultante de altas taxas DBO, tem efeitos devastadores sobre a fauna aquática. Espécies que dependem de níveis adequados de oxigênio podem ver suas populações reduzidas, levando à perda de biodiversidade e à simplificação dos ecossistemas. A diminuição da biodiversidade compromete a resiliência dos ecossistemas, tornando-os mais vulneráveis a perturbações ambientais e reduzindo a capacidade de recuperação frente a impactos externos. Além disso, a baixa concentração de oxigênio afeta processos biogeoquímicos fundamentais, como a nitrificação, a decomposição de matéria orgânica e o ciclo do carbono, exacerbando ainda mais a deterioração da qualidade da água.

No que concerne a presença de amônia, que apresenta toxicidade organismos aquáticos, a sua concentração e alterações são influenciadas por fatores como pH, temperatura e concentração de oxigênio dissolvido. Em ambientes aquáticos, a amônia pode existir em duas formas: amônia não ionizada (NH_3) e íon amônio (NH_4^+). A forma não ionizada é mais tóxica e sua concentração aumenta com pH e temperatura elevados. Neste caso, no rio Paratibe não houve tendência de mudanças na concentração da amônia, possivelmente em decorrência da estabilidade de fatores como pH e temperatura. A exposição à amônia pode causar efeitos letais e subletais em peixes e invertebrados aquáticos, incluindo danos às brânquias, redução da capacidade de respiração, desequilíbrio osmótico e alterações comportamentais.

Com isso, a toxicidade crônica pode resultar em crescimento reduzido, reprodução prejudicada e aumento da susceptibilidade a doenças. Ademais, a conversão da amônia em nitrito (NO_2^-) e posteriormente em nitrato (NO_3^-) através dos processos de nitrificação, consiste em um aspecto crítico da ciclagem do nitrogênio em ecossistemas aquáticos. No entanto, o nitrito, intermediário da nitrificação, é também altamente tóxico para a vida aquática. A presença elevada de amônia pode, portanto, levar a concentrações perigosas de nitrito, agravando os efeitos tóxicos no ecossistema (CUI et al., 2020).

Como consequência, a eutrofização, que também é vista na bacia do rio Paratibe, é um fenômeno frequentemente associado a altas taxas de DBO, onde o excesso de nutrientes, principalmente nitrogênio (incluindo a série de amônia) e fósforo, promove o crescimento excessivo de algas e cianobactérias (USTAOGLU et al., 2020). Esse crescimento descontrolado de algas reduz a transparência da água, bloqueia a luz solar e altera os ciclos de nutrientes, criando condições propícias para a decomposição anaeróbica da matéria orgânica, aumentando ainda mais a demanda por oxigênio. Esse ciclo vicioso pode levar a situações de colapso do ecossistema aquático, com consequências severas para a fauna e flora locais.



No que concerne o Fósforo, as principais fontes antropogênicas de fósforo nos rios incluem efluentes domésticos e industriais, escoamento superficial de áreas agrícolas onde fertilizantes fosfatados são amplamente utilizados, e a erosão de solos ricos em fósforo. Uma vez introduzido nos corpos d'água, o fósforo pode estar presente em formas solúveis, prontamente disponíveis para absorção pelas plantas aquáticas, ou ligado a partículas de sedimentos, o que pode potencial os referidos fenômenos de eutrofização.

Além dos efeitos ecológicos e econômicos, o excesso de fósforo pode influenciar a dinâmica de outros nutrientes e elementos traço no ecossistema aquático. Como exemplo, a relação entre fósforo e nitrogênio é crucial para a composição e funcionamento das comunidades biológicas (TUNDISI, 2008). Desequilíbrios na proporção de nutrientes podem favorecer espécies de algas que são mais eficientes na utilização de fósforo, alterando a composição das comunidades fitoplanctônicas e, conseqüentemente, as cadeias alimentares aquáticas.

Na bacia hidrográfica do rio Paratibe, percebe-se que na região menos urbanizada (PA-10), há a tendência de redução da concentração de Fósforo e, nos pontos a jusante, locais mais urbanizados, essa tendência é de crescimento. Neste contexto, aponta-se que as fontes antrópicas urbanas consistem nas principais motivações para ocorrência do Fósforo, na região em estudo. Portanto, as estratégias de mitigação devem incluir a melhoria do tratamento de efluentes urbanos e industriais para remover fósforo antes de seu descarte em corpos d'água.

As variações nos níveis de oxigênio dissolvido (OD) nos corpos hídricos são uma consequência direta das mudanças na DBO e nas concentrações de fósforo. Altos níveis de DBO resultam no consumo acelerado de oxigênio dissolvido, levando a condições de hipóxia (baixas concentrações de OD) ou anóxia (ausência de OD). Essas condições são particularmente prejudiciais para a vida aquática, causando mortalidade em massa de peixes e outros organismos aeróbicos. A eutrofização, por sua vez, leva à proliferação de algas, que pode inicialmente aumentar o OD durante a fotossíntese diurna. No entanto, a decomposição da biomassa algal consome grandes quantidades de oxigênio, resultando em quedas significativas de OD, especialmente durante a noite e em períodos de decomposição. Em corpos d'água estratificados, como é o caso do rio Paratibe, as camadas inferiores podem sofrer depleção de oxigênio se a matéria orgânica em decomposição se acumular e não houver mistura suficiente entre as camadas. Neste caso, se tem como consequência o agravamento das condições de baixo OD (TERCINI; MÉLLO JÚNIOR, 2016).

As tendências observadas no aumento de fósforo e DBO, bem como as variações no OD, são inter-relacionadas e refletem os impactos das atividades humanas sobre os ecossistemas locais. O uso e ocupação do solo desregulado, a gestão inadequada de resíduos e efluentes domésticos, e o despejo de efluentes industriais, são os principais impulsionadores dessas mudanças. Para mitigar os impactos negativos, é imperativo implementar práticas de gestão sustentável, melhorar o tratamento de efluentes, adotar práticas agrícolas mais eficientes e restaurar habitats aquáticos degradados. O monitoramento contínuo desses parâmetros é fundamental para garantir a saúde e a resiliência dos ecossistemas aquáticos, permitindo a adoção de medidas corretivas e preventivas baseadas em dados científicos robustos. Assim, a integração de políticas públicas eficazes, baseadas em evidências científicas, com práticas de manejo sustentável, é crucial para assegurar a proteção e a sustentabilidade dos recursos hídricos para as gerações futuras.

Assim, a deterioração da qualidade da água, evidenciada por essa distribuição espacial heterogênea, está intimamente ligada a uma série de fatores inter-relacionados. Nesse contexto, é pertinente ressaltar que características como a natureza dos terrenos urbanos, a configuração das áreas agrícolas, a temperatura, a precipitação e a altitude desempenham papéis significativos na determinação da qualidade da água. Essa interconexão entre os fatores está em linha com as conclusões de Wang et al. (2020), cujos estudos sobre as tendências em bacias hidrográficas chinesas evidenciam um aumento no risco para a qualidade da água ao longo do percurso de montante a jusante.

Para mitigar esses efeitos, é essencial a implementação de medidas de controle e gestão integrada dos recursos hídricos. Entre as ações recomendadas estão o tratamento adequado de efluentes domésticos e industriais, a gestão sustentável de áreas agrícolas para minimizar a poluição difusa por nutrientes, e a restauração de habitats ripários. O monitoramento contínuo da qualidade da água é também fundamental para a detecção precoce de problemas, permitindo a implementação rápida de medidas corretivas. A restauração de zonas



ripárias, através da revegetação das margens do rio Paratibe, pode ajudar a melhorar a qualidade da água, promovendo a filtragem de poluentes e a infiltração de água, além de proporcionar habitats importantes para a biodiversidade aquática.

A implementação de políticas de enquadramento mais rigorosas, aliadas a um monitoramento contínuo e adaptativo, pode oferecer um caminho para melhorar a qualidade da água e garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos. A integração de tecnologias inovadoras, práticas de manejo sustentável e a recuperação de habitats para o rio Paratibe, constituem estratégias essenciais para enfrentar os desafios identificados. Além disso, a participação ativa das comunidades locais e a cooperação entre diferentes setores são fundamentais para o sucesso das iniciativas de gestão.

Com isso, enfatiza-se que o contexto geográfico, como ocorre na bacia do rio Paratibe, exerce um papel preponderante no quadro de risco à qualidade da água, sublinhando a relevância em considerar o impacto cumulativo das variáveis ambientais. Essas interferências na qualidade de água podem ser observadas na bacia hidrográfica em estudo, onde a paisagem possivelmente desempenha um papel relevante na alteração na qualidade da água. Portanto, é nítida a influência da urbanização, principalmente próximo ao deságue, sendo que essas mudanças também podem ser potencializadas por variações sazonais.

CONCLUSÕES

A análise estatística de tendências por meio do teste de Mann-Kendall na bacia hidrográfica do rio Paratibe revelou tendências significativas em alguns pontos de monitoramento, para alguns parâmetros. Neste caso, houve tendências de aumento na concentração de DBO, sugerindo aumento do lançamento de carga orgânica na água ao longo do trajeto do rio. Essas tendências podem estar sendo ocasionadas em razão de fatores como urbanização, despejo inadequado de esgoto, além de mudanças de uso e ocupação do solo ao longo da área da bacia hidrográfica em estudo.

Diante disso, torna-se possível compreender a influência da urbanização e da industrialização na qualidade de água e nos seus impactos, evidenciando a necessidade de implementação de estações de tratamento. Assim, possibilita-se o alcance de tornar o ambiente mais sustentável e seguro, contribuindo para o cumprimento a gestão dos recursos hídricos e do saneamento ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APAC – Agência Pernambuco de Águas e Clima. Bacias Hidrográficas. Disponível em: <<https://www.apac.pe.gov.br/bacias-hidrograficas>>. Acesso em: set. 2023.
2. BARROS FILHO, J. E.; SALGADO ALVES, L. M.; DEMANTOVA, G. C.; ALVES DE SANTANA, N. O uso e a cobertura do solo como subsídio na metodologia para a aplicação do instrumento da política nacional de recursos hídricos, o enquadramento segundo os usos preponderantes da água. Geografia em Questão, [S. l.], v. 16, n. 01, 2023. DOI: 10.48075/geoq.v16i01.29376.
3. BERTOSSI, A. P. A.; MENEZES, J. P. C.; CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. O.; NEVES, M. A. Seleção e agrupamento de indicadores da qualidade de águas utilizando Estatística Multivariada. Semina: Ciências Agrárias, v.34, p.2025-2036, 2013.
4. CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. Relatório Qualidade de Água. Governo de Pernambuco, 2023. Disponível em: <<http://www2.cprh.pe.gov.br/monitoramento-ambiental/qualidade-da-agua/bacias-hidrograficas/indices-e-indicadores/>>. Acesso em: set. 2023.
5. CUI, B.; YANG, Q.; LIU, X.; HUANG, S.; YANG, Y.; LIU, Z. *The effect of dissolved oxygen concentration on long-term stability of partial nitrification process*. Journal of Environmental Sciences, v.90, p.343-351, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jes.2019.12.012>.
6. HAIR, J. F.; BLACK, T. Análise multivariada de dados. Porto Alegre: Bookman, 2009.
7. MACK, L.; ANDERSEN, H. E.; BEKLIOGLU, M.; BUCAK, T.; COUTURE, R. M.; CREMONA, F.; FERREIRA, M. T.; HUTCHINS, M. G.; MISCHKE, U.; MOLINA-NAVARRO, E.; RANKINEN, K.; VENOHR, M.; BIRK, S. *The future depends on what we do today – Projecting Europe’s surface water quality into three different future scenarios*. Science of the Total Environment, 668, 470–484, 2019.



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



8. SANTOS, G. B.; VALENTINI, M. H. K.; SILVA, L. A.; FRANZ, H. S.; CORRÊA, B. L.; DUARTE, V. H.; SILVA, M. A.; CORRÊA, M. G.; VIEIRA, B. M.; NADALETI, W. C.; VIEIRA, B. M. Análise da qualidade das águas do Arroio Moreira/Fragata (RS) através de métodos estatísticos. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, 11, 217-226p., 2020. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.004.0019.
9. TRINDADE, A. L. C.; ALMEIDA, K. C. DE B.; BARBOSA, P. E.; OLIVEIRA, S. M. A. C. Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do rio das velhas, estado de minas gerais. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 22, 13–24, 2017.
10. TERCINI, J. R. B.; MÉLLO JÚNIOR, A. V. Modelo de simulação de OD e DBO integrando rio e reservatório aplicado ao rio Tietê. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)*, v. 21, n. 2, p. 338–346, 2016.
11. TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. ABRH, Porto Alegre, 2012.
12. TUNDISI, J. Recursos hídricos no future: problemas e soluções. *Estudos avançados*, v. 22, n. 68, p. 7-16, 2008.
13. ONU – Organização das Nações Unidas. *6 Clean Water and Sanitation. In: Sustainable Development Goal 6 – Synthesis Report on Water and Sanitation*. United States of America: United Nations Publications, 195 pp., 2018.
14. USTAOGU, F.; TEPE, Y.; TAS, B. *Assessment of stream quality and health risk in a subtropical Turkey river system: A combined approach using statistical analysis and water quality index. Ecological Indicators*, 113, 1-12, 2020.
15. WANG, Y.; XU, Y.; TABARI, H.; WANG, J.; WANG, Q.; SONG, S.; HU, Z. *Innovative trend analysis of annual and seasonal rainfall in the Yangtze River Delta, eastern China. Atmospheric Research*, 231, 1-14, 2020.