



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

PAULO VÍTOR GERMANO DUTRA DE OLIVEIRA

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO JAGUARIBE EM JOÃO
PESSOA/PB - DA NASCENTE ATÉ A MATA DO BURAQUINHO**

JOÃO PESSOA

2025

PAULO VÍTOR GERMANO DUTRA DE OLIVEIRA

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO JAGUARIBE EM JOÃO
PESSOA/PB - DA NASCENTE ATÉ A MATA DO BURAQUINHO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação de Engenharia Química do Centro
de Tecnologia da Universidade Federal da
Paraíba em cumprimento aos requisitos para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Química.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Vivian Stumpf Madeira.

JOÃO PESSOA

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

O48d Oliveira, Paulo Vitor Germano Dutra de.
 Diagnóstico da qualidade da água do Rio Jaguaribe em
 João Pessoa/PB - da nascente até a mata do buraquinho /
 Paulo Vitor Germano Dutra de Oliveira. - João Pessoa,
 2025.
 66 f. : il.

 Orientação: Vivian Stumpf Madeira.
 TCC (Graduação) - UFPB/CT.

 1. Recursos hídricos. I. Madeira, Vivian Stumpf. II.
 Título.

UFPB/BSCTCDU 66.01(043.2)

PAULO VÍTOR GERMANO DUTRA DE OLIVEIRA

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO JAGUARIBE EM JOÃO
PESSOA/PB - DA NASCENTE ATÉ A MATA DO BURQUINHO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação de Engenharia Química do Centro
de Tecnologia da Universidade Federal da
Paraíba em cumprimento aos requisitos para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Química.

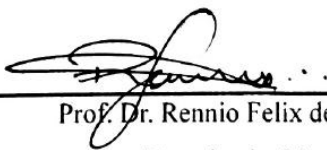
Orientador: Prof.^a. Dr.^a. Vivian Stumpf Madeira.

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a. Dr.^a. Vivian Stumpf Madeira

Orientador(a)



Prof. Dr. Rennio Felix de Sena

Examinador(a)



Bach. Marina Marinho Carvalho

Examinador(a)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela vida, pela saúde e por me conceder forças nos momentos mais difíceis desta caminhada acadêmica. Sem Ele, nada disso seria possível.

À minha futura esposa, Antonia Jussara, pelo amor, paciência e apoio incondicional em todos os momentos. Sua presença foi fundamental para que eu me mantivesse firme diante dos desafios.

À minha mãe, Cida, e à minha outra mãe de coração, minha tia Lili, ambas que carregam o nome Maria, pelo carinho, incentivo e pelas inúmeras orações. Ao meu pai, Gilvan, pela dedicação e pelos valores ensinados, que levo comigo todos os dias. Aos meus irmãos, Paloma, Ana Clara e Rodrigo, por serem fonte de inspiração, alegria e companheirismo ao longo dessa jornada.

Estendo minha gratidão a toda a minha família: aos Germanos, por parte de mãe, e aos Duras, por parte de pai. A família é grande e não seria possível citar todos individualmente, mas cada um contribuiu, de sua forma, para que este momento fosse alcançado.

Agradeço também aos meus vizinhos e amigos tão próximos, Jacaraú, Clara e Laurinha, pelo convívio e pelas boas risadas; aos amigos da universidade, que hoje moram porta a porta comigo, e à Fátima, esposa do meu irmão Rodrigo, que considero como uma irmã de coração.

Registro ainda um agradecimento especial ao meu avô materno, Chico Germano, que infelizmente nos deixou no meio desta jornada. Em vida, me ensinou muito, transmitiu valores que carrego comigo e foi exemplo de dedicação e sabedoria. Sei que, de alguma forma, continua a olhar por mim do céu.

Expresso minha profunda gratidão à professora e orientadora Vivian, por acreditar em meu potencial, por todo o suporte acadêmico e pela confiança depositada em meu trabalho. Sua orientação foi essencial para a concretização deste TCC.

Aos colegas e amigos Ana Alice, Felipe Júnior, Úrsula, Flaviano, Pedro Lucena e Thyago, agradeço por tornarem a trajetória do curso e do laboratório LACQUA muito mais leve, divertida e enriquecedora. Foi e continua sendo um prazer aprender e compartilhar experiências ao lado de vocês.

À Secretaria de Meio Ambiente de João Pessoa (SEMAM/JP), agradeço pelo apoio e auxílio fundamentais, tanto na aquisição de reagentes quanto na compra do medidor multiparâmetro, recursos que possibilitaram a realização das análises físico-químicas deste trabalho.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para que este momento se tornasse realidade, deixo aqui o meu mais sincero obrigado.

RESUMO

Este trabalho apresenta um diagnóstico atual da qualidade da água do rio Jaguaribe, em João Pessoa (PB), ao longo do trecho compreendido entre sua nascente, na Comunidade Boa Esperança, e a Mata do Buraquinho. A pesquisa baseou-se em análises físico-químicas e microbiológicas, complementadas por observações em campo, com o objetivo de identificar os principais impactos ambientais decorrentes das ações antrópicas. Foram avaliados parâmetros como pH, turbidez, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total, nitrogênio total, coliformes termotolerantes e outros, confrontando-os com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Os resultados apontaram que a qualidade da água da nascente é “Boa”, conforme classificação do Índice de Qualidade da Água (IQA), e que a mesma pode ser destinada à balneabilidade (recreação de contato primário). Com exceção do parâmetro oxigênio dissolvido, a qualidade da água se enquadra nos parâmetros da Classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005. Uma degradação acentuada na qualidade da água ocorre, ao longo do curso do rio, evidenciada por concentrações elevadas de nutrientes e microrganismos patogênicos, além de registros de assoreamento das margens, lançamento de esgoto doméstico e acúmulo de resíduos sólidos. Foram identificados dois trechos críticos onde ocorre contaminação. Um, entre a nascente e o ponto C, com um aumento expressivo da contagem de coliformes fecais, atingindo 20.625 UFC/100 mL, e outro, entre o ponto D (no Cristo Redentor) e o ponto E (no Varjão), onde a contagem de coliformes fecais aumentou de 2.593 para 19.812 UFC/100 mL. A ausência de infraestrutura de saneamento básico, a ocupação irregular, a supressão da mata ciliar e o depósito de resíduos sólidos nas margens do rio configuram os principais vetores de poluição. Este diagnóstico fornece subsídios técnicos para ações imediatas a serem tomadas, visando à recuperação ambiental do rio, dos serviços ecossistêmicos e à melhoria da qualidade de vida da população.

Palavras-chave: Recursos hídricos; poluição hídrica; qualidade da água; rio Jaguaribe; Saneamento ambiental.

ABSTRACT

This study presents a current assessment of the water quality of the Jaguaribe River in João Pessoa, Paraíba, along the stretch between its source in the Boa Esperança Community and the Buraquinho Forest. The research was based on physical-chemical and microbiological analyses, complemented by field observations, with the aim of identifying the main environmental impacts resulting from anthropogenic actions. Parameters such as pH, turbidity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand (BOD), total phosphorus, total nitrogen, thermotolerant coliforms, and others were evaluated, comparing them with the limits established by CONAMA Resolution No. 357/2005. The results indicated that the spring water quality is "Good," according to the Water Quality Index (WQI), and that it is suitable for bathing (primary contact recreation). With the exception of the dissolved oxygen parameter, the water quality meets the Class 2 parameters of CONAMA Resolution No. 357/2005. A marked degradation in water quality is occurring along the river's course, evidenced by high concentrations of nutrients and pathogenic microorganisms, as well as records of silting of the riverbanks, discharge of domestic sewage, and accumulation of solid waste. Two critical stretches of contamination were identified. One, between the source and point C, saw a significant increase in fecal coliform counts, reaching 20,625 CFU/100 mL, and the other, between point D (at Cristo Redentor) and point E (at Varjão), where the fecal coliform count increased from 2,593 to 19,812 CFU/100 mL. The lack of basic sanitation infrastructure, irregular occupation, the removal of riparian vegetation, and the dumping of solid waste on the riverbanks constitute the main drivers of pollution. This diagnosis provides technical support for immediate actions aimed at restoring the river's environment, its ecosystem services, and improving the population's quality of life.

Keywords: Water resources; water pollution; water quality; Jaguaribe River; environmental sanitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classes de enquadramento para o uso da água.	17
Figura 2: Parâmetros da CONAMA para cada classe de águas.	18
Figura 3: Distribuição das Bacias Hidrográficas de João Pessoa.	21
Figura 4: Gráficos parametrizados dos fatores do IQA.	24
Figura 5 - Localização da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, João Pessoa – PB.	28
Figura 6: Grande quantidade de espuma no rio Jaguaribe no Bairro do Rangel.	30
Figura 7: Acúmulo de lixo as margens do rio Jaguaribe no Bairro do Varjão.	30
Figura 8: Rio Jaguaribe transborda e atinge o limite na Avenida Beira Rio.	30
Figura 9: Mancha escura na praia de Intermares.	31
Figura 10: Post denunciando mancha escura na foz do rio Jaguaribe.	32
Figura 11: Post convidando a comunidade a cuida da praia de Lucena.	32
Figura 12: Áreas de Atuação do programa João Pessoa Sustentável.	34
Figura 13: Parâmetros fora dos valores de referência estabelecidos pela CONAMA 357/05.	35
Figura 14: Mapa das áreas com e sem galeria de águas pluviais e rede coletora de esgoto.	37
Figura 15: Esquema de zona úmida construídos com fluxo subterrâneo.	38
Figura 16: Mapa dos pontos analisados.	41
Figura 17: Ponto A.	42
Figura 18: Esgoto estourado acima do Ponto A.	42
Figura 19 - Ponto B.	43
Figura 20: Tubulações de drenagem no Ponto B.	43
Figura 21: Ponto C.	44
Figura 22: Coleta de amostra para análises no Ponto C.	44
Figura 23: Ponto D.	45
Figura 24: Assoreamento, lixo e gado às margens do rio.	45
Figura 25: Ponto E.	45
Figura 26: Coleta de amostra no Ponto E.	45
Figura 27: Ponto F.	46
Figura 28: Análises em campo.	46
Figura 29 - Medidor Multiparâmetro em uso eletrométrico.	47
Figura 30: Acúmulo de resíduos sólidos as margens da nascente (Ponto A).	56
Figura 31: Resíduo sólido dentro do fluxo da drenagem (Ponto B).	56
Figura 32: Acúmulo de resíduos sólidos bem como um fluxo de esgoto direto para o rio (Ponto D).	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros para o cálculo do Índice de Qualidade de Água.....	23
Tabela 2: Faixas para avaliar a qualidade da água no estado da Paraíba.	25
Tabela 3: Classificação de IET para rios.	27
Tabela 4: Detalhes da coleta e tratamento da amostra.	40
Tabela 5: Referência metodológica empregada nas análises.....	49
Tabela 6: Resultados das análises da segunda campanha de coletas.	50
Tabela 7: Continuação dos resultados das análises da segunda campanha de coletas.....	51
Tabela 8: Resultados das análises da primeira campanha de coletas.....	53
Tabela 9: Continuação dos resultados das análises da primeira campanha de coletas.	54
Tabela 10: Resultados unificado dos pontos.	58

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	OBJETIVOS	15
2.1.	Objetivo Geral	15
2.2.	Objetivos Específicos.....	15
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1.	Da gestão dos Recursos Hídricos no Brasil.....	16
3.2.	Do enquadramento dos corpos d'água em classes.....	16
3.3.	Do descarte de efluentes líquidos nos corpos hídricos.....	18
3.4.	Das áreas de preservação permanentes - APPs.....	19
3.5.	Das bacias hidrográficas de João Pessoa – PB.....	20
3.6.	Dos rios urbanos, uso da água, poluição e causas de degradação	22
3.7.	Do índice de qualidade da água (IQA).....	23
3.8.	Do índice de estado trófico (IET)	26
3.9.	Estudo de caso - Rio Jaguaribe, João Pessoa/PB.....	27
3.9.1.	Bacia hidrográfica do rio Jaguaribe.....	27
3.9.2.	Ações antrópicas sobre o rio Jaguaribe	29
3.9.3.	Atuação da sociedade civil frente à poluição do rio Jaguaribe/PB	31
3.10.	Programa João Pessoa Sustentável	33
3.10.1.	Monitoramento ambiental do rio Jaguaribe (PB).....	34
3.11.	Saneamento e ocupações ribeirinhas no entorno do rio Jaguaribe	36
3.12.	Soluções baseadas na natureza para melhoria da qualidade da água.....	38
4.	METODOLOGIA	40
4.1.	Caracterização da área de estudos e pontos de coleta	40
4.1.1.	Ponto A - Nascente	41
4.1.2.	Ponto B - Drenagem.....	42
4.1.3.	Ponto C - Mistura	43
4.1.4.	Ponto D – Cristo Redentor.....	44

4.1.5.	Ponto E - Varjão	45
4.1.6.	Ponto F – Jardim Botânico.....	46
4.2.	Campanhas de coletas amostrais.....	46
4.3.	Procedimentos de análises e equipamentos.....	47
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
5.1.	Resultados das análises de qualidade da água para o Trecho 1 – Pontos A, B e C	50
5.2.	Resultados das análises de qualidade da água para o Trecho 2 – Pontos B, D, E e F	53
5.3.	Registros de Poluição ao longo do rio Jaguaribe/PB	56
	Durante as visitas e coletas das amostras de água para as análises, alguns registros fotográficos revelam a poluição antrópica no entono dos pontos de coleta, como demonstrado nas figuras inseridas abaixo.	56
5.4.	Avaliação geral do trecho analisado.....	58
6.	CONCLUSÃO	61
6.1.	Perspectivas para trabalhos futuros.....	62
	REFERÊNCIAS	63

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial ao desenvolvimento humano, econômico e ambiental, estando diretamente associada à saúde pública, à segurança alimentar e à manutenção da biodiversidade. O acesso à água potável constitui condição básica para a sobrevivência, mas ainda é um desafio global. Estima-se que mais de 2 bilhões de pessoas não tenham acesso a água potável segura no mundo, resultando em milhões de mortes anuais por doenças de veiculação hídrica, como diarreias e hepatites (ONU, 2015; BRASIL, 2019).

No Brasil, apesar dos avanços em políticas públicas, a universalização do abastecimento de água e do esgotamento sanitário ainda está distante da realidade. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022), aproximadamente 33 milhões de brasileiros não possuem acesso à água tratada e o índice de perdas na distribuição ultrapassa 40%. Essa situação se agrava na Região Nordeste, que historicamente enfrenta desafios relacionados à escassez hídrica, à baixa cobertura de saneamento e à má gestão dos recursos disponíveis. Estudos recentes apontam que a falta de infraestrutura básica acelera o processo de degradação ambiental, sobretudo em áreas urbanas (COSTA, 2024).

No município de João Pessoa (PB), o rio Jaguaribe se destaca como um dos principais cursos d'água urbanos, mas apresenta forte degradação em razão de múltiplas pressões antrópicas. O despejo de esgoto *in natura*, o descarte inadequado de resíduos sólidos e a ocupação irregular das margens têm comprometido de forma significativa a qualidade ambiental do rio (SANTOS, 2023). Como manancial superficial urbano, o Jaguaribe possui papel estratégico, contribuindo para o escoamento pluvial, a regulação microclimática e a manutenção da fauna e flora associadas. Entretanto, sua degradação progressiva compromete não apenas o ecossistema local, mas também a qualidade de vida da população ribeirinha.

A literatura evidencia que rios urbanos sofrem intensamente os efeitos da urbanização desordenada, da impermeabilização do solo e da ausência de infraestrutura de saneamento, fatores que ampliam a poluição difusa e aceleram processos como o assoreamento e a eutrofização (FREIRE et al., 2013). O excesso de nutrientes, a elevação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a presença de coliformes termotolerantes indicam contaminação orgânica, comprometendo o equilíbrio ecológico e ocasionando problemas como mortandade de peixes, proliferação de algas e riscos sanitários (FREIRE et al., 2013; COSTA, 2024).

Nesse contexto, a realização de análises físico-químicas e microbiológicas sistemáticas é indispensável para caracterizar a qualidade da água e subsidiar diagnósticos

técnicos. Parâmetros como pH, oxigênio dissolvido, turbidez, condutividade elétrica, fósforo total, nitrato e coliformes termotolerantes, quando avaliados à luz da Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), fornecem subsídios essenciais para enquadramento dos corpos hídricos e definição de políticas de recuperação.

Em João Pessoa, iniciativas como o Programa João Pessoa Sustentável têm buscado implementar sistemas de monitoramento ambiental contínuo, incluindo o acompanhamento da qualidade da água do rio Jaguaribe (PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA, 2025a). Paralelamente, o Ministério Público da Paraíba (MPPB) instaurou, em 2025, procedimentos de investigação e formou um comitê permanente de acompanhamento, em parceria com órgãos ambientais, para apurar e mitigar a poluição do rio (MINISTÉRIO PÚBLICO DA PARAÍBA, 2025). Além disso, pesquisas recentes com soluções experimentais, como o uso de biofilmes e macrófitas aquáticas, têm apontado alternativas viáveis para a recuperação parcial da qualidade da água (SANTOS, 2023).

Assim, compreender o estado atual do rio Jaguaribe por meio de análises técnicas é fundamental para subsidiar ações de gestão integrada dos recursos hídricos urbanos, fortalecer políticas públicas de saneamento e orientar medidas de requalificação ambiental capazes de garantir a preservação desse importante curso d'água para as atuais e futuras gerações.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a qualidade da água do rio Jaguaribe, em João Pessoa – PB, no trecho entre a nascente e a mata do buraquinho, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas e identificar, por trecho, as potenciais fontes de contaminação da água.

2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar o entorno dos pontos de coleta de amostras de água considerando suas condições ambientais e pressões antrópicas.
- Realizar análises físico-químicas e microbiológicas da água coletada, de acordo com protocolos técnicos nacionais e internacionais.
- Confrontar a qualidade da água em cada ponto de coleta com a qualidade esperada pelo enquadramento e calcular os índices de qualidade da água (IQA) e de estado trófico (IET).
- Identificar as principais fontes de poluição e discutir os impactos ambientais.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Da gestão dos Recursos Hídricos no Brasil

Recurso hídrico é a quantidade de água, superficial ou subterrânea, em uma determinada região ou bacia, disponível para qualquer uso específico. A gestão e a proteção dos recursos hídricos no Brasil estão fundamentadas na Lei nº 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Esta lei estabelece que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da política e, entre os seus objetivos, o primeiro, é assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos (Brasil, 1997).

A Lei nº 9.433/1997, traz um conjunto de instrumentos legais, para a efetivação da PNRH entre eles: I) os Planos de Recursos Hídricos (elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o País); II) o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes; III) a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos (que visa assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água); IV) a cobrança pelo uso dos recursos hídricos (que visa reconhecer a água como bem econômico, incentivar a racionalização e obter recursos financeiros para serem aplicados na bacia hidrográfica); V) e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (Brasil, 1997).

A Resolução do Conselho Nacional de Recursos hídricos, Nº 15/2001, destaca ainda que as águas superficiais, subterrâneas e meteóricas são partes integrantes e indissociáveis do ciclo hidrológico e, que, portanto, na implementação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, deverão ser incorporadas medidas que assegurem a promoção da gestão integrada das águas superficiais, subterrâneas e meteóricas (Brasil, 2001).

3.2. Do enquadramento dos corpos d'água em classes

O enquadramento dos corpos d'água em classes, previsto no Art. 9º da Lei nº 9.433/1997, tem como objetivos assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e reduzir os custos de combate à poluição, mediante ações preventivas permanentes (BRASIL, 1997).

A Resolução CONAMA Nº 357/2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Essa resolução classifica as águas em doces, salobras e salinas, de acordo com sua salinidade, e subdivide-as em diferentes classes. Para as

águas doces, as classes especial, I, II e III incluem o abastecimento para consumo humano, variando apenas quanto à complexidade do tratamento requerido. As águas doces enquadradas na Classe 1, por exemplo, são destinadas, ao abastecimento para o consumo humano, após tratamento simplificado (filtração, desinfecção e correção de pH), já as águas doces enquadradas na Classe IV, são destinadas somente à navegação e à harmonia paisagística, como demonstrado na Figura 1 abaixo.

Figura 1: Classes de enquadramento para o uso da água.

USOS DAS ÁGUAS DOCES		CLASSES DE ENQUADRAMENTO				
		ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas			Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário						
Aquicultura						
Abastecimento para consumo humano		Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário						
Pesca						
Irrigação			Hortalças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais						
Navegação						
Harmonia paisagística						

Observação: As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água.

Fonte: ANA – Portal da Qualidade das Águas.

Para cada classe de qualidade, a Resolução CONAMA N° 357, estabelece condições e padrões de qualidade das águas, os quais são limites individuais, para cada substância, em cada classe de qualidade, como demonstrado resumidamente na Figura 2. Quando as águas de um corpo hídrico apresentam qualidade inferior à estabelecida na Resolução CONAMA N° 357/2005, de acordo com a classe em que este corpo d'água está enquadrado, este enquadramento, e todos os parâmetros de qualidade discriminados na resolução, passam a representar metas a serem alcançadas com a adoção de práticas para recuperação da qualidade deste recurso hídrico (Brasil, 2005).

Figura 2: Parâmetros da CONAMA para cada classe de águas.

Parâmetros	Classes				
	Especial	1	2	3	4
OD mg/l	7 a 10	6	5	4	2
DBO mg/l	-	3	5	10	-
Nitrogênio Nitrato	-	10	10	10	-
Fósforo*	-	0,025	0,025	0,025	-
Turbidez (UNT)	-	40	100	100	-
Coliformes Fecais	ausentes	200	1.000	4.000	-

*Os limites de fósforo variam nas Classes 2 e 3 para águas de ambientes lênticos, intermediários e lóticos. As concentrações máximas de coliformes termotolerantes também variam na Classe 3, de acordo com o uso. Para recreação de contato secundário, não deverá ser excedido o limite de 2.500; para dessedentação de animais criados confinados, não deverá ser excedido o limite de 1.000 e para os demais usos, não deverá ser excedido o limite de 4.000 coliformes termotolerantes.

Fonte: CONAMA.

3.3. Do descarte de efluentes líquidos nos corpos hídricos

A Resolução CONAMA 430/2011 complementa e altera a CONAMA 357, para dispor especificamente sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, incluindo limites máximos permitidos para diversos parâmetros, monitoramentos e responsabilidades do lançador. Os Art. 3º e 5º desta resolução trazem:

Art. 3º Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

Art. 5º Os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento.

Fica clara a necessidade de se implementar um processo de tratamento, (seja ele físico químico ou biológico), nos efluentes gerados em processos industriais, agropecuários ou domésticos, a fim de se adequar a qualidade dos mesmos às exigências da Resolução.

O Art. 16 da Resolução 430/2011 especifica as condições e padrões de lançamento de efluentes, como pH entre 5 e 9, temperatura inferior a 40 °C e uma série de parâmetros inorgânico e orgânicos. Já a Seção III, da referida resolução, trata, especificamente, das

condições e padrões para efluentes de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários, e no Artigo 21, especifica uma série de condições e valores para parâmetros específicos como descrito abaixo.

Art. 21. Para o lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários deverão ser obedecidas as seguintes condições e padrões específicos:

I - Condições de lançamento de efluentes:

- a) pH entre 5 e 9;
- b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
- c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone *Inmhoff*. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- d) Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20°C: máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.
- e) substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L; e
- f) ausência de materiais flutuantes.

Para o diagnóstico e as ações de recuperação dos recursos hídricos, o enquadramento do corpo hídrico e os limites de lançamentos dos efluentes precisam ser considerados e conhecidos, a fim de que sejam tratados de forma integrada com o saneamento básico da região (água, esgoto, drenagem pluvial e resíduos sólidos), o controle da poluição industrial e a restauração de áreas degradadas, como a supressão da mata ciliar (que causa a erosão e o assoreamento do corpo d'água), a modificação do curso d'água, a invasão em área de proteção ambiental e outras (CONAMA - Resolução nº 357 de 17 de março de 2005).

3.4. Das áreas de preservação permanentes - APPs

A Lei nº 12.651/2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, define em seu Art. 3º as Áreas de Preservação Permanente (APPs) como espaços protegidos, cobertos ou não por vegetação nativa, com a função de preservar os recursos hídricos, a estabilidade geológica e a biodiversidade, além de proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

O Art. 4º estabelece como APPs, em zonas rurais e urbanas, as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene ou intermitente, excluídos os efêmeros, observando-se larguras mínimas que variam de 30 metros a 500 metros, a depender da largura do curso d'água. Além das margens dos cursos d'água, a lei também protege as áreas no entorno dos lagos, lagoas naturais e reservatórios artificiais, bem como um raio mínimo de 50 metros no entorno das

nascentes e olhos d'água perenes, independentemente da situação topográfica (BRASIL, 2012). Nesse contexto, a própria legislação diferencia nascente de olho d'água, sendo a primeira um afloramento natural perene do lençol freático que dá origem a um curso d'água, e o segundo, um afloramento natural, mesmo que intermitente.

O surgimento de uma nascente ocorre pela emergência do lençol freático à superfície, quando a água subterrânea aflora naturalmente, formando córregos, ribeirões e rios. Elas podem ser classificadas quanto ao fluxo (perenes, intermitentes e efêmeras) e quanto à formação (com acúmulo inicial ou de contato). Assim, o reconhecimento da função ecológica e hidrológica das nascentes é essencial para a manutenção da qualidade e da quantidade de água disponível em uma bacia hidrográfica (BRASIL, 2012).

Portanto, a integração das normas da Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) com a legislação de proteção da vegetação nativa (BRASIL, 2012) evidencia que a gestão da água e a preservação dos ecossistemas associados (como margens, nascentes e olhos d'água) são indissociáveis. No contexto urbano, como no município de João Pessoa e na bacia do rio Jaguaribe, esse arcabouço legal se torna ainda mais relevante diante das pressões antrópicas e da necessidade de planejamento sustentável.

3.5. Das bacias hidrográficas de João Pessoa – PB

A bacia hidrográfica é definida como a área de drenagem delimitada por divisores topográficos, na qual a água precipitada converge para um exutório comum; trata-se, portanto, da unidade natural de planejamento dos recursos hídricos (ANA, 2025; AESA, s.d.). De forma didática, pode ser entendida como a área onde a precipitação é coletada e conduzida para um sistema de drenagem natural, no qual um rio principal é alimentado por seus afluentes, formando uma rede de drenagem. Essas bacias são separadas umas das outras por estruturas do relevo, chamadas de divisores de águas, que normalmente estão associadas a serras, morros, picos e chapadas.

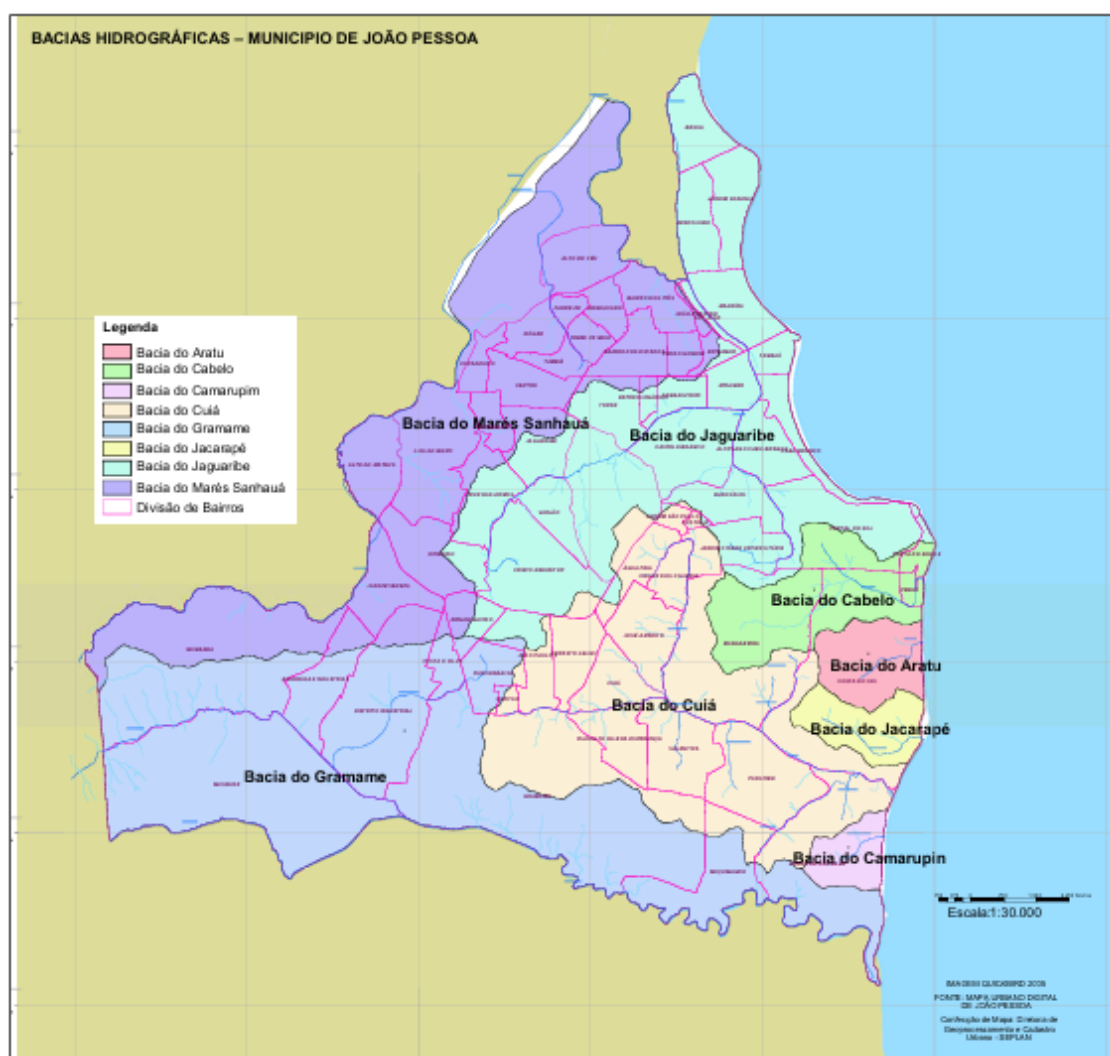
Os rios, elementos centrais das bacias hidrográficas, são cursos d'água que escoam da parte mais elevada do terreno até áreas mais rebaixadas, desaguando em mares, oceanos, lagos ou outros rios. Eles apresentam diferentes feições e compartimentos:

- **Nascente:** ponto onde o lençol freático aflora na superfície, originando o curso d'água.
- **Leito:** faixa por onde as águas do rio escoam.
- **Afluente (ou tributário):** curso de água secundário que deságua no rio principal, contribuindo para seu volume.

- **Confluência:** local em que ocorre o encontro de dois ou mais rios.
- **Margem:** a terra firme localizada lateralmente ao rio, marcando a transição entre o curso d'água e o terreno emerso.
- **Foz em delta:** ocorre quando o canal principal do rio se ramifica em vários canais menores próximos à desembocadura.
- **Foz em estuário:** caracteriza-se quando o rio deságua em um único canal, sem ramificações.

No município de João Pessoa, diferentes microbacias compõem o mosaico hidrográfico urbano, como podemos ver na Figura 3, entre elas a do rio Jaguaribe, objeto deste estudo. Documentos técnicos estaduais e municipais (AESAs; Programa João Pessoa Sustentável), têm mapeado nascentes e condições ambientais dessas bacias, subsidiando ações de monitoramento e requalificação (AESAs, s.d.; PMJP, 2020; JPSustentável, 2025).

Figura 3: Distribuição das Bacias Hidrográficas de João Pessoa.



Fonte: Adaptado de QUEIROZ, 2009.

3.6. Dos rios urbanos, uso da água, poluição e causas de degradação

Rios urbanos são sistemas altamente dinâmicos e sensíveis à ocupação do solo e à descarga de efluentes. A urbanização acelera a impermeabilização, aumenta o escoamento superficial, concentra cargas poluidoras e modifica canais, desencadeando queda de qualidade da água, assoreamento e eventos de inundação (TUCCI, 2008; TUNDISI & TUNDISI, 2008). Em João Pessoa, o rio Jaguaribe é um dos principais cursos d'água urbanos, cortando áreas densamente povoadas e recebendo múltiplos usos e pressões antrópicas (REIS et al., 2017; CAVALCANTE, 2018). Evidências jornalísticas e institucionais locais apontam persistência de lançamento irregular de resíduos, ocupações em margens e intervenções pontuais de desassoreamento, sinalizando um quadro típico de degradação urbana e vulnerabilidade socioambiental (A UNIÃO, 2023; PMJP, 2024).

Os usos típicos dos rios urbanos incluem abastecimento (após tratamento convencional ou avançado), recreação, diluição de efluentes, conservação ambiental e paisagismo. O enquadramento dos corpos d'água e os usos preponderantes são regidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Em áreas urbanas, a competição de usos e a baixa cobertura de saneamento ou ligações clandestinas podem comprometer a balneabilidade e a proteção da biota aquática (ANA, 2017; CONAMA, 2005; CETESB, 2007).

Efluentes domésticos não tratados são a principal fonte de DBO, nutrientes (N e P) e patógenos em rios urbanos brasileiros (ANA, 2017). Efluentes industriais variam conforme o setor, podendo conter metais, compostos orgânicos e salinidade elevada; seus lançamentos são disciplinados pela CONAMA nº 430/2011, como descrito anteriormente. Em áreas periurbanas, a atividade agropecuária contribui com a poluição difusa: sedimentos (erosão), nutrientes e agrotóxicos, agravada pela remoção de mata ciliar (EMBRAPA, 2016; 2012).

As matas ciliares exercem funções de proteção do leito e margens, retenção de sedimentos, interceptação de nutrientes e praguicidas, sombreamento (controle térmico) e suporte à biodiversidade. A sua supressão eleva o escoamento superficial, a erosão e o assoreamento, aumenta a temperatura da água e reduz oxigênio dissolvido, piorando o índice de qualidade (EMBRAPA, 2012; SIGAM/SMA-SP, 2009). Em bacias urbanas, a recuperação de APPs ripárias, ou seja, a restauração da vegetação nativa em áreas de margem de rios e nascentes, é um dos instrumentos mais eficazes para restaurar serviços ecossistêmicos (UNESP, 2016).

O assoreamento é o acúmulo de sedimentos no leito, reduzindo a seção hidráulica, a capacidade de transporte e a qualidade do habitat aquático. Urbanização sem controle (solo

exposto, taludes, vias) e supressão de vegetação ripária aceleram a carga de sólidos em suspensão. O manejo adequado do uso do solo, estabilização de margens e recuperação ciliar são estratégias centrais para mitigação destes problemas (EMBRAPA, 2007; FAEP, 2024).

A impermeabilização eleva picos de vazão e reduz o tempo de concentração, intensificando alagamentos. No rio Jaguaribe, por exemplo, reportagens locais e ações da Defesa Civil apontam histórico de alagamentos em comunidades ribeirinhas, com intervenções de limpeza e desassoreamento para mitigação (A UNIÃO, 2023). Políticas estruturais de drenagem sustentável e requalificação ripária são recomendadas em sinergia com o planejamento urbano (TUCCI, 2008; JPSustentável, 2025).

3.7. Do índice de qualidade da água (IQA)

O IQA amplamente usado no Brasil deriva do WQI (*Water Quality Index*) da NSF (*National Sanitation Foundation*), adaptado por órgãos estaduais e pela CETESB, combinando nove parâmetros (Tabela 1) com pesos distintos: OD, coliformes termotolerantes, pH, DBO, nitrato, fósforo total, turbidez, temperatura e sólidos totais (CETESB, 2007; ANA/PNQA, 2025). O IQA sintetiza, em escala de 0 a 100, a condição da água para usos preponderantes, servindo ao monitoramento e à comunicação com tomadores de decisão (ANA, 2025).

Tabela 1: Parâmetros para o cálculo do Índice de Qualidade de Água.

Parâmetro	Peso (w)
Coliformes termotolerantes	0,15
Ph	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Temperatura	0,10
Sólidos totais	0,08
Oxigênio dissolvido	0,17
Turbidez	0,08

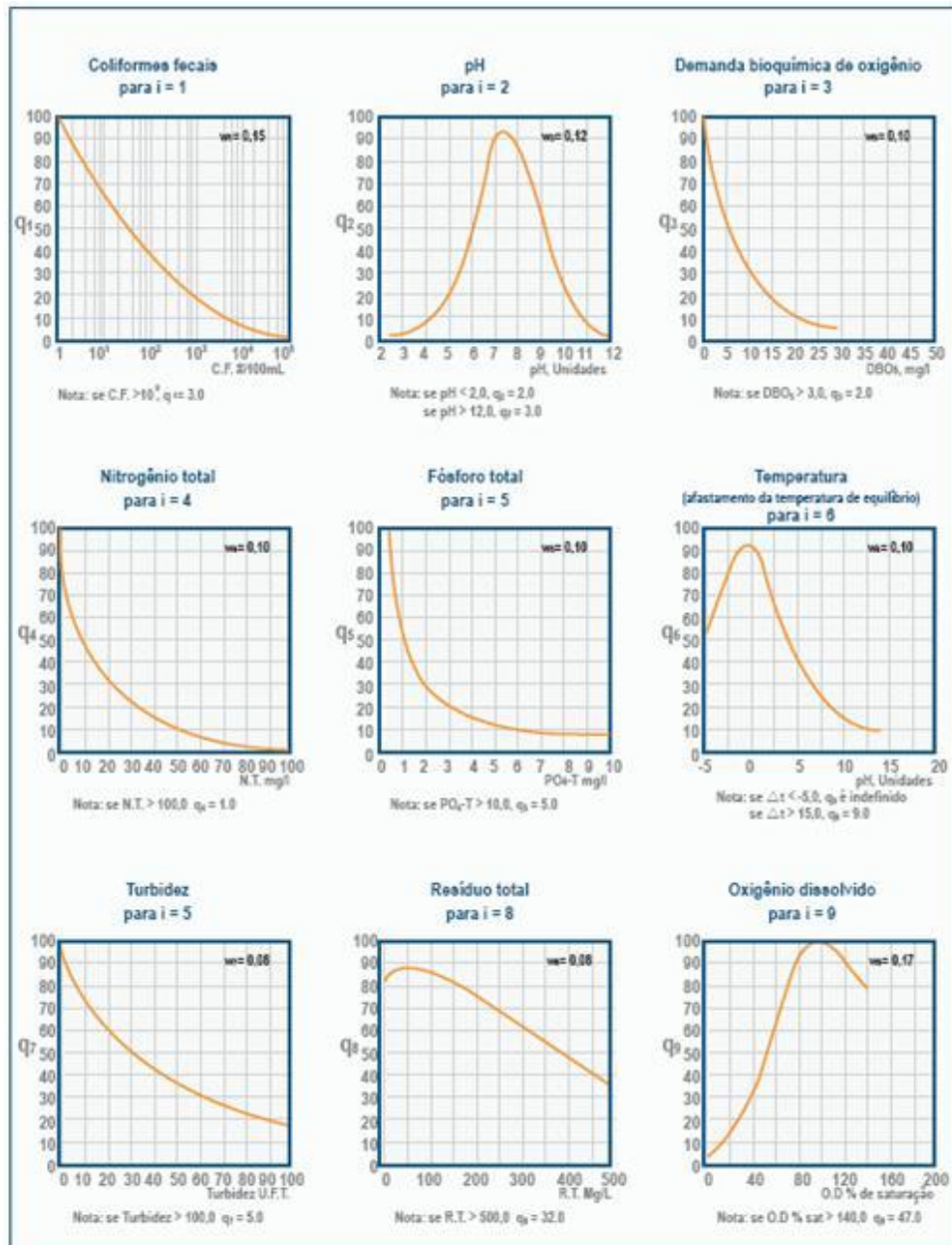
Fonte: SANTOS et al, 2018.

Cada parâmetro considerado recebe um peso específico (w), enquanto a qualidade observada ou medida (q) é ajustada de acordo com essa ponderação. Assim, o Índice de Qualidade da Água (IQA) é calculado por meio da multiplicação de cada componente (qi^w),

conforme a equação 1. Os gráficos apresentados na Figura 4 são utilizados para determinar os valores de q_i .

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

Figura 4: Gráficos parametrizados dos fatores do IQA.



Fonte: ANA, 2004.

Os valores do IQA são classificados em faixas de qualidade, as quais podem variar entre os estados brasileiros. No caso da Paraíba, tais faixas estão apresentadas na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2: Faixas para avaliar a qualidade da água no estado da Paraíba.

Ponderação	Categoria
$80 < IQA \leq 100$	Ótima
$52 < IQA \leq 79$	Boa
$37 < IQA \leq 51$	Razoável
$20 < IQA \leq 36$	Ruim
$IQA \leq 19$	Péssima

Fonte: Adaptado de CETESB, 2007.

Os parâmetros que compõem o IQA constituem um método consolidado de avaliação da qualidade da água bruta, permitindo compreender as condições da água destinada ao processo de desinfecção, uma vez que refletem as características mais relevantes dos corpos hídricos. A seguir, apresentam-se as principais variáveis consideradas, conforme a Agência Nacional de Águas (ANA):

- **Oxigênio Dissolvido (OD):** águas contaminadas apresentam baixos teores de oxigênio dissolvido, dificultando a sobrevivência de organismos aquáticos; em contrapartida, águas limpas exibem valores elevados. Esse parâmetro é fundamental para a manutenção da vida nos ecossistemas aquáticos.
- **Coliformes Termotolerantes:** bactérias presentes, em grande parte, no trato digestório de animais, indicam contaminação de origem fecal. A *Escherichia coli* é a espécie mais representativa do grupo e, devido à facilidade de detecção, sua contagem permite estimar a concentração de coliformes termotolerantes, por meio da multiplicação do número de *E. coli* por 1,25.
- **Potencial Hidrogeniônico (pH):** expressa a acidez ou alcalinidade da água pela concentração de íons hidrogênio (H^+). Alterações no pH podem induzir a precipitação de substâncias tóxicas, tornando a água imprópria para o consumo humano.
- **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO):** corresponde à quantidade de oxigênio necessária para a decomposição aeróbia da matéria orgânica por microrganismos. Diferencia-se da Demanda Química de Oxigênio (DQO), que considera também a oxidação de compostos inorgânicos. Altos valores de DBO indicam poluição por despejos domésticos ou efluentes agropecuários.
- **Temperatura da Água:** fora dos limites adequados, interfere na sobrevivência e reprodução de organismos aquáticos termotolerantes. Sua variação pode decorrer de fatores naturais (estações do ano) ou de ações antrópicas (descarga de efluentes industriais).

- **Nitrogênio Total:** soma dos teores de nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal e orgânico. O nitrato, em especial, é indicador de poluição por dejetos animais e efluentes industriais. Em associação com o fósforo, favorece a proliferação de algas e o processo de eutrofização.
- **Fósforo Total:** parâmetro essencial na caracterização da atividade biológica dos corpos d'água. Em concentrações elevadas, estimula o crescimento excessivo de algas. Suas principais fontes incluem efluentes domésticos e detergentes ricos em fosfato.
- **Turbidez:** representa a presença de partículas em suspensão que reduzem a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese e impactando organismos aquáticos. Níveis elevados de turbidez também dificultam o tratamento da água, exigindo maior uso de coagulantes.
- **Sólidos Totais (ST):** correspondem ao material remanescente após evaporação e secagem da amostra. Seu acúmulo no leito dos rios pode contribuir para o assoreamento e aumentar o risco de enchentes.

3.8. Do índice de estado trófico (IET)

O Índice de Estado Trófico (IET) é uma metodologia designada para classificar os corpos hídricos com base na sua quantidade de nutrientes e produtividade biológica aparente, procurando avaliar possíveis situações de eutrofização, que é a reprodução excessiva de plantas macrófitas e algas sobre a superfície aquática, algo normalmente acompanhado por efeitos adversos à comunidade aquática local. (CETESB, 2003).

Entre os principais métodos utilizados para medir o estado trófico, o de Carlson (1977) é considerado o mais renomado, porém tende a ser aplicável apenas às regiões temperadas. O Índice de Carlson foi posteriormente modificado e adaptado para zonas tropicais através dos trabalhos de Toledo Jr. (1983) e Lamparelli (2004), incluindo novas classificações. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) adota o modelo proposto por Lamparelli.

O cálculo do IET utiliza sobretudo os parâmetros fosfato (composto de fósforo e oxigênio) e clorofila a. O fosfato, um dos principais nutrientes responsáveis pelo crescimento das algas e das cianobactérias, representa uma medida do potencial de eutrofização de um meio aquático. Em contraste, a clorofila a simboliza a resposta do ambiente à presença do agente eutrofizador, o próprio fosfato no caso. Contudo, a eutrofização não depende exclusivamente dessas grandezas, com outros fatores podendo influenciar no andamento do processo como, por exemplo, a transparência da água e a variabilidade sazonal. (ALVARENGA et. al., 2011)

De acordo com a CETESB, caso não haja resultados disponíveis para ambos o fósforo total e a clorofila α , o IET pode ser calculado com apenas uma das variáveis e considerado equivalente ao IET total, desde que conste uma observação prévia. Neste projeto, somente a variável de fosfato será empregada para obter o valor do IET, seguindo a Equação 2 abaixo:

$$IET(P) = 10 \times \left\{ 6 - \left[\frac{0,42 - 0,36 \times (\ln(P))}{\ln 2} \right] \right\} - 20 \quad (2)$$

Onde:

IET = Índice de Estado Trófico;

P = Concentração de fosfato total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

ln = Logaritmo natural

Observação: A fórmula é válida somente para rios e outros ambientes lóticos.

A Tabela 3 apresenta os valores dos IETs e suas classificações, conforme modelo modificado por Lamparelli (2004):

Tabela 3: Classificação de IET para rios.

Fosfato/Fósforo (mg/m^3)	IET	Categoria
$P \leq 13$	$IET \leq 47$	Ultraoligotrófico
$13 < P \leq 35$	$47 < IET \leq 52$	Oligotrófico
$35 < P \leq 137$	$52 < IET \leq 59$	Mesotrófico
$137 < P \leq 296$	$59 < IET \leq 63$	Eutrófico
$296 < P \leq 640$	$63 < IET \leq 67$	Supereutrófico
$640 < P$	$67 < IET$	Hipereutrófico

Fonte: Adaptado da CETESB, 2013.

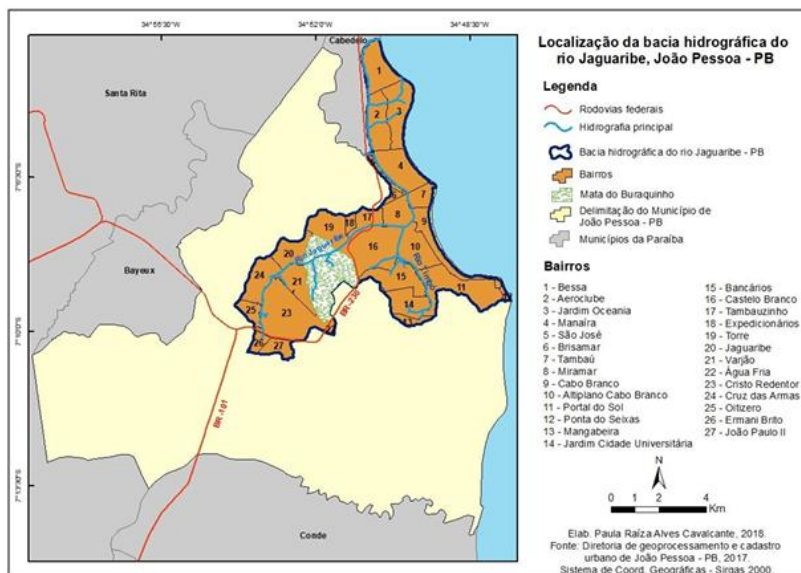
3.9. Estudo de caso - Rio Jaguaribe, João Pessoa/PB

3.9.1. Bacia hidrográfica do rio Jaguaribe

O rio Jaguaribe é considerado o rio mais importante da cidade de João Pessoa, pois está inserido totalmente dentro da cidade, percorrendo a capital paraibana de sul a norte. Ele se encontra na bacia hidrográfica intraurbana de mesmo nome a qual faz parte da Sub-bacia do Baixo Paraíba. É delimitado a leste pelo Oceano Atlântico, a oeste pela Bacia do rio Marés, a norte pelas Bacias do rio Mandacaru e do rio Sanhauá, e a sul pela Bacia do rio Cuiá. Por compor a rede hidrográfica do rio Paraíba, o rio Jaguaribe está incluído no Comitê de Bacias

Hidrográficas do rio Paraíba (CBH-PB). A Figura 5 abaixo mostra a localização da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe.

Figura 5 - Localização da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, João Pessoa – PB.



Fonte: Cavalcante, 2018.

Com aproximadamente 21 km de extensão, o rio Jaguaribe originalmente nascia no Bairro Ernani Sátiro, porém esta nascente foi aterrada para construção do Conjunto Residencial Esplanada, passando a cabeceira a se localizar às margens da BR-230, próximo à Comunidade Boa Esperança, área ao sul da cidade. À jusante de sua nascente, o rio Jaguaribe segue no sentido oeste-leste e é alimentado por riachos e pequenos córregos, passa pela Mata do Buraquinho, no Jardim Botânico, até encontrar seu principal afluente, o riacho Timbó, em sua margem direita. Este riacho nasce entre os bairros de Jardim Cidade Universitária e Portal do Sol e encontra o rio Jaguaribe na planície litorânea da Praia de Cabo Branco.

A seguir, o rio Jaguaribe continua em direção ao norte até o Shopping Manaíra, onde sofre uma bifurcação. Parte do rio foi canalizada e passa sob o estacionamento do Manaíra Shopping, em direção ao norte, e a outra parte segue para oeste, por baixo da rodovia BR-230, até desaguar no manguezal do Rio Mandacaru, afluente do Rio Paraíba. Sua desembocadura original se localiza no Oceano Atlântico, no Maceió entre os bairros do Bessa e de Intermars. Ao trecho entre a antiga foz e a nova, foi dado o nome de Rio Morto, o qual possui uma extensão de aproximadamente 5,5 km, seguindo, com baixa energia, no sentido sul-nordeste, até desaguar no mar.

Em seu trajeto, o rio Jaguaribe passa por 32 dos 64 bairros e 41 assentamentos autoconstruídos precariamente. Os principais bairros são: Esplanada, Ernani Sátiro, Oitizeiro,

Cristo Redentor, Cruz das Armas, Varjão (Rangel), Jaguaribe, Torre, Expedicionários, Tambauzinho, Miramar, Cabo Branco, Tambaú, Manaíra, São José, Loteamento Morada Nova (Cabedelo), Alto do Céu, Renascer, Aeroclube e Bessa.

3.9.2. Ações antrópicas sobre o rio Jaguaribe

No ecossistema urbano do rio Jaguaribe, a poluição advém predominantemente de efluentes domésticos e industriais lançados sem tratamento adequado, em especial nos bairros densamente ocupados. O relatório trimestral do rio Jaguaribe elaborado pela NIPPON KOEI LAC, aponta que o Índice de Estado Trófico (IET) do rio varia entre supereutrófico e hipereutrófico, evidenciando grande aporte de cargas orgânicas em função do despejo de esgoto residencial não tratado nas águas fluviais. Outros relatos recentes também destacam episódios visuais, como bolhas de espuma branca (provável indicador de despejo químico) em pontos como o bairro do Varjão na Figura 6 (G1 Paraíba, 2025).

A ocupação urbana crescente tem contribuído para a supressão da mata ciliar ao longo do rio Jaguaribe. Essa vegetação desempenha papel essencial na estabilidade das margens e na filtragem das águas, ajudando a reduzir o transporte superficial de sedimentos e nutriente que aceleram a eutrofização. Estudos acadêmicos e técnicos registram intensa pressão antrópica sobre a microbacia do rio Jaguaribe, com ocupação subnormal (assentamentos irregulares em áreas urbanas), lançamentos irregulares e perda de cobertura ripária (QUEIROZ, 2009; CAVALCANTE, 2018).

O rio Jaguaribe sofre intensamente com o assoreamento, que reduz a capacidade de transporte de água do leito e provoca transbordamentos durante períodos de chuvas intensas. O acúmulo de sedimentos associado a obstruções e ocupações irregulares das margens promove não apenas o assoreamento, mas também a ocorrência frequente de inundações urbanas, que comprometem residências e a infraestrutura urbana. As figuras 6, 7 e 8 mostram trechos do rio Jaguaribe em áreas urbanas de João Pessoa.

Figura 6: Grande quantidade de espuma no rio Jaguaribe no Bairro do Rangel.



Fonte: G1 Paraíba, 2025.

Figura 7: Acúmulo de lixo as margens do rio Jaguaribe no Bairro do Varjão.



Fonte: G1 Paraíba, 2025.

Figura 8: Rio Jaguaribe transborda e atinge o limite na Avenida Beira Rio.



Fonte: JÚNIOR, 2025.

Pesquisas recentes testaram soluções baseadas na natureza (perifíton/biotratamento) com ganhos em oxigênio dissolvido e redução de fósforo total (SANTOS, 2019; BiotERRA, 2023). Iniciativas municipais atuais incluem monitoramento do rio para orientar políticas permanentes de requalificação (JPSustentável, 2025).

3.9.3. Atuação da sociedade civil frente à poluição do rio Jaguaribe/PB

A poluição do rio Jaguaribe tem se intensificado nos últimos anos, gerando impactos ambientais expressivos ao longo de seu curso. Apenas esse ano, em sua foz, localizada no bairro de Intermares, no município de Cabedelo, houve aparição de uma mancha escura e maus odores que chamaram a atenção de toda sociedade pessoense, Figura 9.

Figura 9: Mancha escura na praia de Intermares.



Fonte: G1 Paraíba, 2025.

Nesse contexto, a sociedade civil tem exercido papel central na denúncia e mobilização social, especialmente por meio do Movimento Esgotei, que se consolidou como um importante ator de pressão política e ambiental. O grupo tem promovido atos públicos, como manifestações silenciosas em Intermares, com o objetivo de sensibilizar a população e exigir providências dos órgãos competentes quanto ao despejo irregular de efluentes e esgoto *in natura* no rio (PORTAL T5, 2025). As ações do movimento têm repercutido junto às instituições públicas. O Ministério Público da Paraíba (MPPB), após denúncias da sociedade civil, instaurou procedimentos para identificar os responsáveis pela poluição e determinou prazos para a Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA) adotar medidas emergenciais visando reduzir os danos ambientais nas praias afetadas (BRASIL DE FATO, 2025). Em complemento, fiscalizações municipais identificaram currais e pocilgas que lançavam dejetos diretamente no rio, resultando na remoção de estruturas irregulares às margens do Jaguaribe (PARAÍBA DIA A DIA, 2025).

Diante desse cenário, observa-se que a atuação da sociedade civil tem desempenhado um papel fundamental no fortalecimento da fiscalização ambiental e no incentivo à formulação de políticas públicas mais efetivas. A pressão social, materializada por meio de manifestações, denúncias e articulações com instituições acadêmicas e órgãos de controle, revela a importância da participação comunitária para o enfrentamento da poluição hídrica em ambientes urbanos. Esse movimento, de mobilização social, aproxima o presente estudo de caso da realidade contemporânea, permitindo compreender que os impactos ambientais sobre o rio Jaguaribe estão intimamente ligados não apenas às ações antrópicas, mas também às respostas da sociedade frente a tais problemas. Na Figura 10 podemos ver uma denúncia do Movimento Esgotei sobre a mancha escura que apareceu na praia de Intermares, e na Figura 11 uma iniciativa de convidar a comunidade a preservar e cuidar das praias.

Figura 10: Post denunciando mancha escura na foz do rio Jaguaribe.



Fonte: @movimentoesgotei.

Figura 11: Post convidando a comunidade a cuidar da praia de Lucena.



Fonte: @movimentoesgotei.

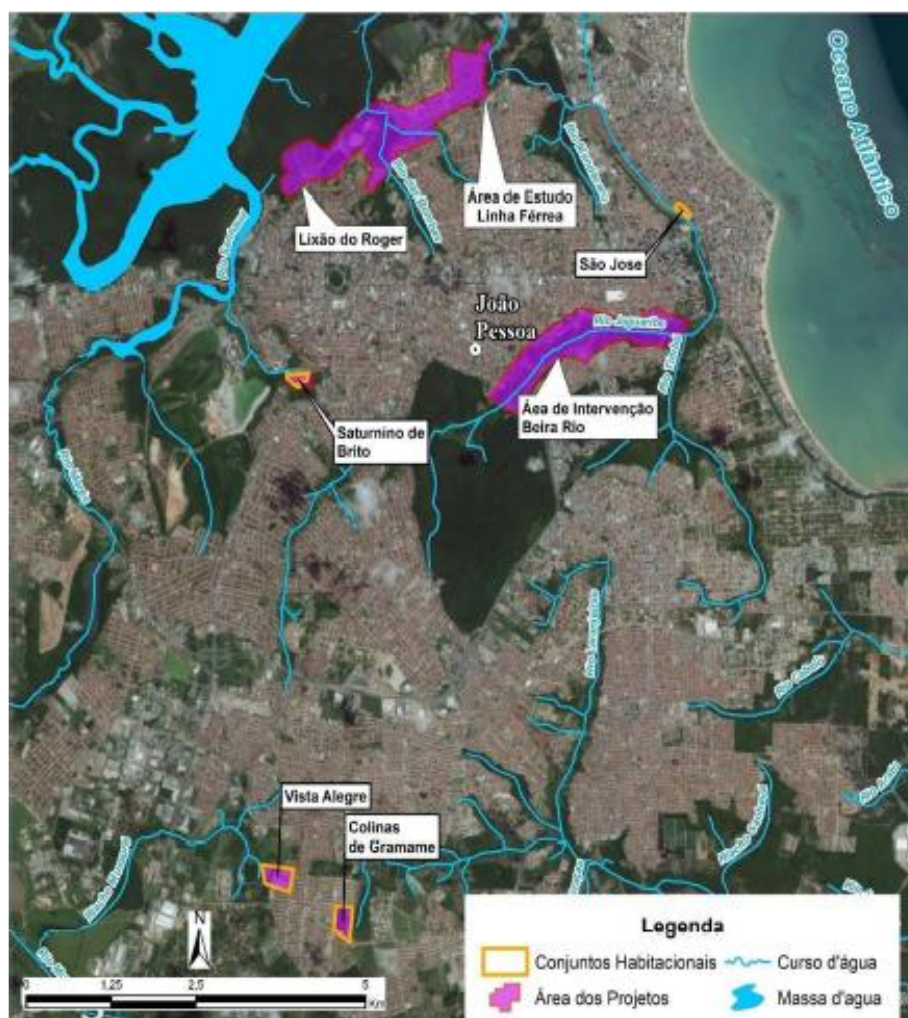
3.10. Programa João Pessoa Sustentável

O Programa de desenvolvimento urbano integrado e sustentável do município de João Pessoa, Programa João Pessoa Sustentável, financiado, em parte, pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID, tem por objetivo melhorar a qualidade de vida da população, em especial dos segmentos mais pobres, e promover o desenvolvimento social e econômico sustentável do Município (JOÃO PESSOA (PB) a). As obras previstas no programa são: construção de habitações populares para relocação de população residente em área de risco ou de proteção ambiental; obras complementares de infraestrutura para as comunidades do Complexo Beira Rio – CBR (pavimentação, drenagem, esgotamento sanitário, iluminação pública, contenção de encostas, recuperação e estabilização de APP, implantação de equipamentos de uso público e a implantação de um Parque Linear); recuperação de área do antigo lixão atualmente desativado (Lixão do Roger); obras de desassoreamento do rio Jaguaribe e implantação do Centro de Cooperação da cidade – CCC.

As áreas de atuação do programa, mostradas na Figura 12 abaixo, são: Vista Alegre; Colinas de Gramame; Saturnino de Brito; Lixão do Roger; Área de estudo Linha Férrea; São José e Complexo Beira Rio (que engloba as comunidades São Rafael, Padre Hildon Bandeira, Brasília de Palha, Santa Clara, Gafofo Liberdade, Vila Tambauzinho, Tito Silva e Miramar).

Dentro das Políticas e salvaguardas do BID, a Política de Meio Ambiente e Cumprimento de Salvaguardas, define as salvaguardas que devem ser observadas em Programas financiados pelo Banco. A Salvaguarda B5, Requisitos para a Avaliação Ambiental, contempla empreendimento onde se faz necessário o desenvolvimento de estudos ambientais, como é o caso do Programa João Pessoa Sustentável, em função disso, é realizado o diagnóstico e monitoramento ambiental de um trecho do rio Jaguaribe (aquele diretamente afetado pelo projeto), e o mesmo, é entregue a Prefeitura Municipal de João Pessoa em relatórios trimestrais.

Figura 12: Áreas de Atuação do programa João Pessoa Sustentável.



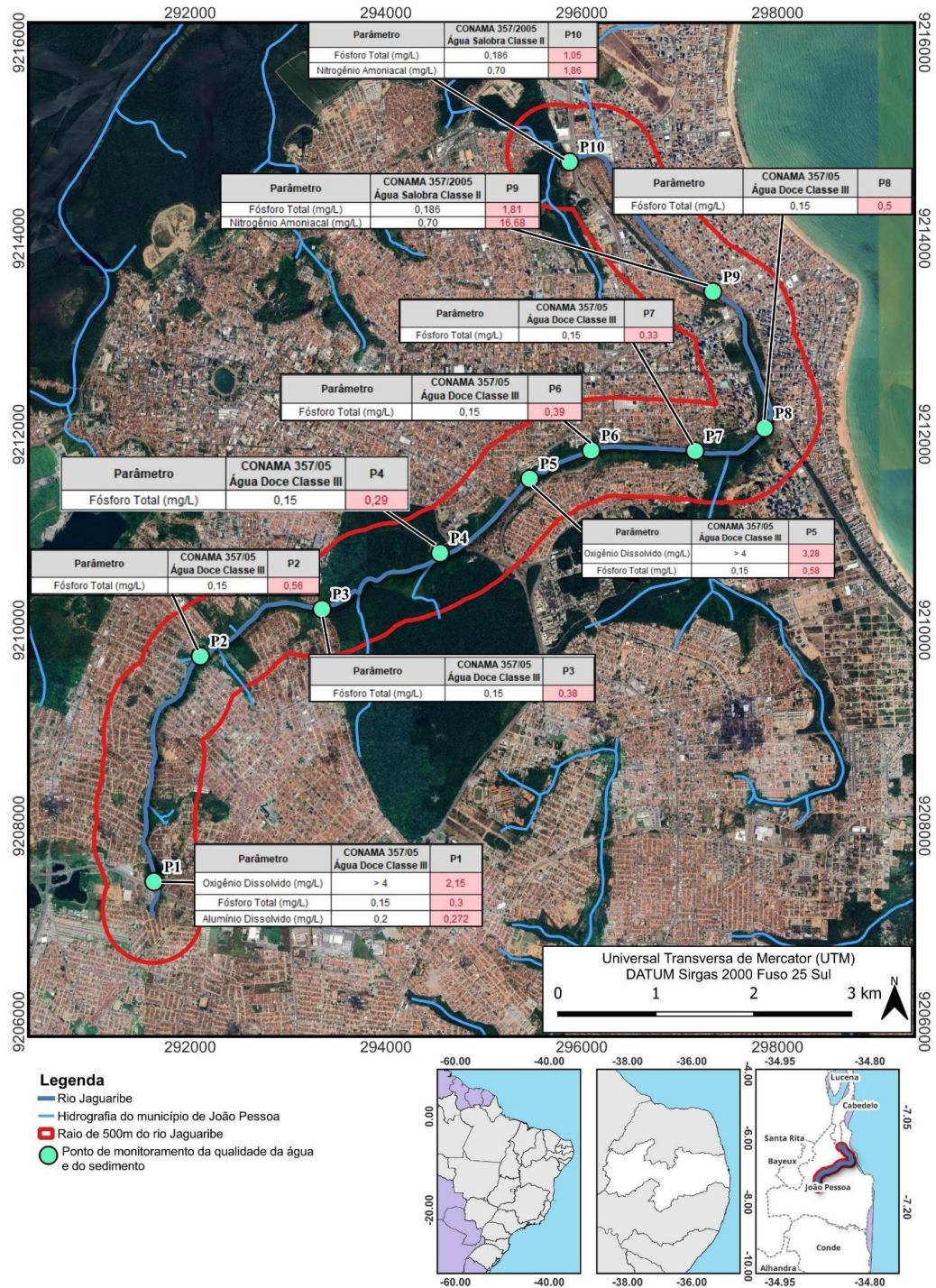
Fonte: JOÃO PESSOA (PB) a, 2025.

3.10.1. Monitoramento ambiental do rio Jaguaribe (PB)

Os relatórios trimestrais de diagnóstico e monitoramento ambiental constituem ferramentas essenciais para o acompanhamento contínuo da qualidade da água em corpos hídricos urbanos, como o rio Jaguaribe. Esses documentos fornecem dados sistematizados sobre parâmetros físico-químicos e microbiológicos, permitindo identificar variações sazonais e potenciais impactos antrópicos. Conforme apresentado no primeiro relatório trimestral do diagnóstico do Jaguaribe, do Programa João Pessoa Sustentável, feito pela empresa NIPPON KOEI LAC, indicadores como pH, oxigênio dissolvido, turbidez e presença de coliformes termotolerantes foram analisados em diferentes pontos de coleta, o que possibilita uma visão integrada do estado do rio em períodos distintos (JOÃO PESSOA (PB) a, 2025).

A Figura 13 abaixo mostra o trecho analisado pela empresa NIPPON KOEI LAC, bem como as irregularidades nos pontos analisados, nota-se que o fósforo está em inconformidade em todos os pontos, sendo outras inconformidades os parâmetros de nitrogênio amoniacal, oxigênio dissolvido e alumínio dissolvido.

Figura 13: Parâmetros fora dos valores de referência estabelecidos pela CONAMA 357/05.



Fonte: JOÃO PESSOA (PB) a, 2025.

3.11. Saneamento e ocupações ribeirinhas no entorno do rio Jaguaribe

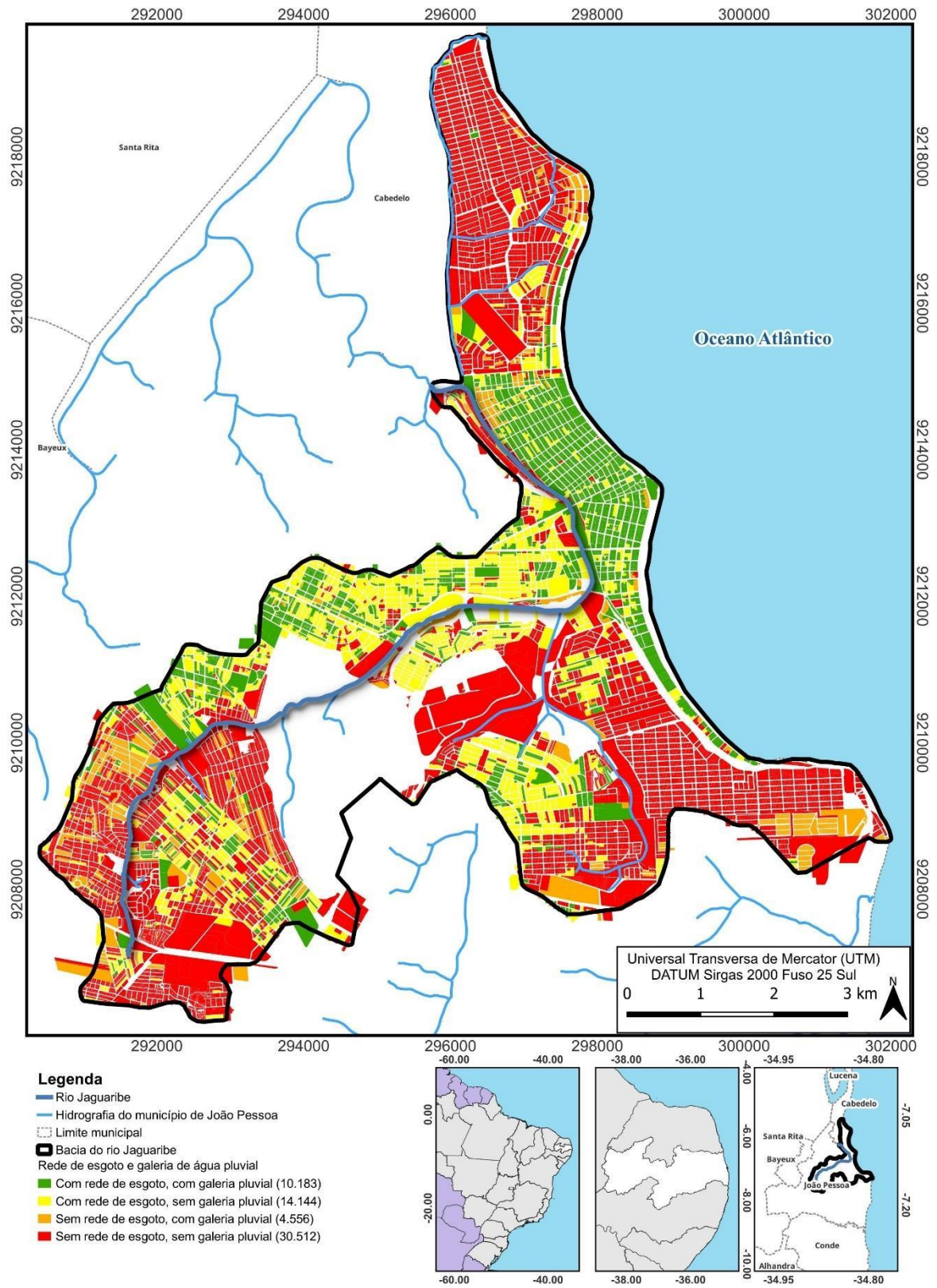
O saneamento básico constitui um dos principais desafios socioambientais na bacia do rio Jaguaribe, em João Pessoa. De acordo com o diagnóstico realizado no âmbito do Programa João Pessoa Sustentável, cerca de 51% dos imóveis localizados na área de estudo não possuem rede coletora de esgoto nem de águas pluviais, enquanto apenas 8% contam com galerias pluviais. Além disso, foram identificados 24 pontos de descarte de efluentes, nos quais águas pluviais e esgoto são lançados conjuntamente, evidenciando a precariedade da infraestrutura instalada e os riscos de contaminação do corpo hídrico (JOÃO PESSOA (PB) a, 2025).

A esse quadro soma-se o descarte inadequado de resíduos sólidos nas margens do rio. Foram observados lixos acumulados e lançamento irregular de resíduos e efluentes provenientes de oficinas, borracharias, residências e depósitos próximos ao Jaguaribe, contribuindo para a degradação da qualidade ambiental da bacia (JOÃO PESSOA (PB) a, 2025).

Além das deficiências em infraestrutura, destaca-se a vulnerabilidade socioambiental das populações que vivem às margens do Jaguaribe. Foram mapeadas quatro comunidades diretamente instaladas nas áreas ribeirinhas: Padre Hildon Bandeira, São Rafael, Miramar e Tito Silva. Essas comunidades sofrem os efeitos da falta de saneamento e da pressão de ocupação em Áreas de Preservação Permanente (APPs) (JOÃO PESSOA (PB) a, 2025).

Assim, observa-se que a problemática ambiental do Jaguaribe envolve não apenas a gestão do saneamento básico e dos resíduos sólidos, mas também a reestruturação das áreas ocupadas por comunidades vulneráveis, apontando para a necessidade de ações integradas entre urbanismo, meio ambiente e políticas sociais. A Figura 14 abaixo mostra as áreas com e sem galeria de águas pluviais e rede coletora de esgoto, percebe-se a precariedade do sistema de saneamento, principalmente no trecho inicial do rio Jaguaribe.

Figura 14: Mapa das áreas com e sem galeria de águas pluviais e rede coletora de esgoto.



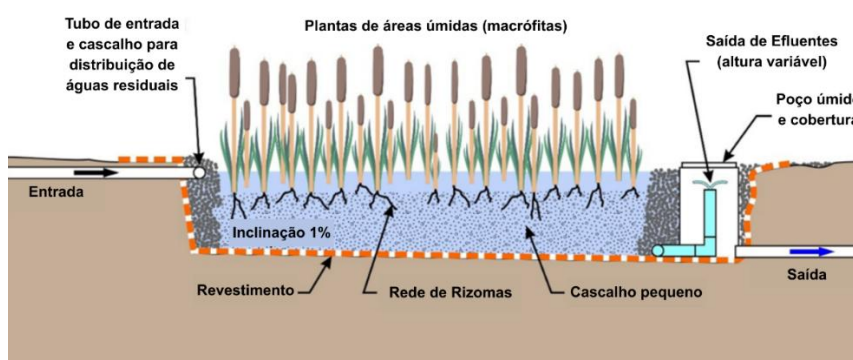
Fonte: JOÃO PESSOA (PB) a, 2025.

3.12. Soluções baseadas na natureza para melhoria da qualidade da água

As Soluções Baseadas na Natureza (SbN), também conhecidas como *Nature-Based Solutions* (NBS), consistem em práticas que utilizam, restauram ou simulam processos naturais para enfrentar desafios socioambientais, como poluição hídrica, degradação de ecossistemas e mudanças climáticas. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2023), essas soluções envolvem proteção, conservação, restauração e uso sustentável de ecossistemas naturais ou modificados, contribuindo para a melhoria da qualidade da água e para a segurança hídrica. A UNESCO (2020) destaca que as SbN podem atuar tanto no tratamento de poluentes difusos quanto no amortecimento de impactos relacionados a eventos extremos, como secas e inundações.

Entre as principais estratégias de SbN destacam-se: zonas úmidas construídas (*constructed wetlands*), fitorremediação, biochar enriquecido biologicamente, biorreatores de biofilme e a renaturalização de margens fluviais. *Wetlands* construídas, por exemplo, demonstraram eficiência significativa na remoção de nutrientes, sedimentos, matéria orgânica, metais pesados e patógenos, além de antibióticos e genes de resistência microbiana, com taxas de remoção variando de 13% a 100% dependendo do substrato e do tipo de vegetação empregada (LI et al., 2022; XUE et al., 2024). Na Figura 15 pode-se observar um exemplo de zona úmida construída.

Figura 15: Esquema de zona úmida construídos com fluxo subterrâneo.



Fonte: Adaptado de FRTR.

A fitorremediação, por sua vez, utiliza plantas aquáticas ou ripárias para remover, estabilizar ou degradar poluentes. Estudos recentes apontam que o avanço tecnológico, aliado à microbiologia e à nanotecnologia, tem aumentado a eficiência dessa técnica, especialmente para metais pesados e compostos orgânicos persistentes (WENTZELL, 2025).

Outro recurso associado às SbN são os biorreatores com biofilmes microbianos, que promovem degradação de matéria orgânica e poluentes emergentes, além de reduzirem genes de resistência a antibióticos em efluentes urbanos (PENG et al., 2024). Complementarmente, a renaturalização de margens de rios e a restauração da vegetação ciliar funcionam como barreiras naturais contra sedimentos e nutrientes, auxiliando na regulação da temperatura, no aumento do oxigênio dissolvido e na melhoria da qualidade microbiológica da água. No Brasil, práticas de restauração fluvial com base em SbN têm se mostrado eficientes para a redução de inundações e para a recuperação de funções ecológicas dos rios (DELLA JUSTINA et al., 2023).

No contexto do rio Jaguaribe, em João Pessoa - PB, SbN podem desempenhar papel fundamental na redução da carga poluidora difusa e na mitigação de impactos do escoamento urbano e dos despejos domésticos. Medidas como a recomposição da mata ciliar, implantação de zonas úmidas artificiais e uso de tecnologias baseadas em vegetação aquática podem contribuir para a melhoria dos parâmetros físico-químicos, como oxigênio dissolvido, pH, turbidez e nutrientes, bem como para a diminuição de coliformes termotolerantes e outros microrganismos patogênicos. Contudo, a aplicação dessas soluções requer planejamento, manutenção e integração com políticas de saneamento básico, de modo a potencializar sua efetividade.

4. METODOLOGIA

A presente pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Cromatografia e Quimiometria Aplicada (LACQUA), vinculado ao Departamento de Eng. Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Nesse ambiente foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas, com o objetivo de avaliar a qualidade da água do rio Jaguaribe. Além da caracterização dos parâmetros de qualidade, buscou-se também investigar possíveis impactos de origem antrópica ao longo do percurso do rio.

4.1. Caracterização da área de estudos e pontos de coleta

As análises microbiológicas e físico-químicas foram realizadas a partir de amostras de água coletadas na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, em João Pessoa – PB. Para a execução das análises foram coletadas amostras em diferentes pontos ao longo do rio Jaguaribe, conforme detalhado na Tabela 4 e disposto na Figura 16.

Tabela 4: Detalhes da coleta e tratamento da amostra.

Pontos	Descrição	Georreferenciamento	Data	Classe (DZS 205 – SELAP)
A	Nascente , Bairro Cristo Redentor, Comunidade Boa Esperança	7° 10' 01" S 34° 53' 09" W	02/09/2025	2
B	Drenagem , entre o Km 27e Km 28	7°09'59" S 34°53'12" W	26/08/2025 e 02/09/2025	2
C	Trecho após mistura da drenagem e do rio, entre o Km27e Km 28	7° 09' 57" S 34° 53' 11" W	02/09/2025	2
D	Rua Deputado José Tavares, Cristo Redentor	7°09'09" S 34°53'12" W	26/08/2025	2
E	Av. Antônio Silva de Melo, Varjão/Rangel	7°08'28" S 34°52'16" W	26/08/2025	2
F	Jardim Botânico Benjamin Maranhão	7°08'11" S 34°51'39" W	26/08/2025	2

Fonte: Autor, 2025.

Figura 16: Mapa dos pontos analisados.



Fonte: Google Earth modificado pelo autor, 2025.

4.1.1. Ponto A - Nascente

Este ponto de coleta corresponde a uma nascente represada, situada em área com presença de baixa vegetação ciliar, porém existe um pouco de vegetação arbustiva, mas que apresenta modificações antrópicas, como estruturas de alvenaria e indícios de descarte inadequado de resíduos sólidos. A amostragem foi realizada na margem, utilizando-se um balde de aço inoxidável acoplado a uma haste, o que possibilitou a coleta direta da lâmina d'água sem necessidade de baldeamento. Apesar da nascente manter certa proteção natural, observou-se, além do lixo próximo ao local, o vazamento de esgoto na parte superior do terreno, a partir de um poço e visita. Embora o esgoto não seja lançado diretamente na nascente, seu escoamento alcança o corpo d'água alguns metros à frente, configurando risco potencial de contaminação.

Segundo relato de uma moradora local, que abordou-nos no momento da coleta, a água dessa nascente é amplamente utilizada pela Comunidade Boa Esperança, que a utiliza para o consumo humano, banho, lavagem de roupas e outras atividades domésticas, o que evidencia a

relevância socioambiental da nascente. Nas Figuras 17 e 18 abaixo podemos ver o Ponto A bem como o poço de visita (com esgoto extravazando) na parte superior a nascente.

Figura 17: Ponto A



Fonte: Autor, 2025.

Figura 18: Esgoto estourado acima do Ponto A.



Fonte: Autor, 2025.

4.1.2. Ponto B - Drenagem

Este ponto de coleta de amostra de água está localizado em uma área com vegetação densa em uma das margens e na outra com vegetação mais arbustiva, possui um corpo hídrico calmo com aparência de córrego. O espelho d'água está parcialmente sombreado pelas copas das árvores, como podemos ver na Figura 19. A coleta foi realizada com balde de inox com haste, que oferece segurança e acesso direto ao corpo d'água sem a necessidade de adentrar ao mesmo.

Cabe destacar que este ponto de coleta passou por duas campanhas, uma em 26/08/25 (a primeira) e outra em 02/09/25. Na primeira campanha, não tínhamos conhecimento sobre a nascente existente na comunidade Boa Esperança, essa informação foi relatada por moradores locais e, posteriormente confirmada, através de mapas e referências bibliográficas. Assim, o Ponto B, inicialmente tratado como nascente, foi reinterpretado. Este ponto foi caracterizado como água de drenagem, conforme observado no próprio local e confirmado por trabalhadores da construção civil presentes nas proximidades. Na Figura 20 podemos ver as tubulações de drenagem que passam por baixo da BR230, entre o Km 27 e Km 28. Dessa forma, a coleta no trecho inicial do rio Jaguaribe, foi complementada pela inclusão do Ponto A (nascente situada à margem da comunidade Boa Esperança), do Ponto B (água de drenagem) e do Ponto C (ponto monitorado pela SEMAM/JP), onde ocorre a junção da água da nascente com a água de drenagem e o esgoto que extravasa a partir do poço de visita.

Figura 19 - Ponto B.



Fonte: Autor, 2025.

Figura 20: Tubulações de drenagem no Ponto B.



Fonte: Autor, 2025.

4.1.3. Ponto C - Mistura

O ponto de coleta está localizado em um trecho de rio com margem composta por um banco de areia, que permite fácil acesso à lâmina d'água sem necessidade de adentrar no corpo hídrico. A área apresenta cobertura vegetal significativa, com predominância de espécies arbustivas e herbáceas típicas de ambiente ripário, conferindo certa proteção ao corpo d'água. O leito do rio nesse ponto é raso, com água de aspecto turvo, possivelmente em decorrência do carreamento de partículas de solo e matéria orgânica, além disso, esse ponto fica após o Ponto A com contribuição do esgoto estourado, e após o Ponto B que possui água de drenagem de uma área onde existe construção. Foram observados resíduos sólidos dispersos sobre a areia, evidenciando influência antrópica e possível aporte de poluição difusa.

A amostragem foi realizada a partir da margem, utilizando um balde de aço inoxidável acoplado a uma haste, o que possibilitou a coleta direta da água. A presença do banco de areia facilitou a aproximação e garantiu a coleta em área representativa do fluxo do rio. Nas figuras 21 e 22 abaixo, podemos ver o ponto amostral e a coleta da amostra, respectivamente.

Figura 21: Ponto C.



Fonte: Autor, 2025.

Figura 22: Coleta de amostra para análises no Ponto C.



Fonte: Autor, 2025.

4.1.4. Ponto D – Cristo Redentor

O ponto de coleta apresentado na Figura 23 abaixo encontra-se em um trecho urbano do rio Jaguaribe, caracterizado por forte influência antrópica. Observa-se a presença de resíduos sólidos depositados nas margens e no próprio leito do rio, além de áreas adjacentes ocupadas por moradias, vias asfaltadas e criatório de animais (curral de gado), como podemos ver na Figura 24, o que evidencia a contribuição de esgotos domésticos, lixo urbano e dejetos de animais. A vegetação ciliar encontra-se bastante reduzida, restrita a pequenos trechos de gramíneas e plantas ruderais (comunidades vegetais que se desenvolvem em ambientes fortemente perturbados pela ação humana), incapazes de exercer plenamente as funções ecológicas de proteção das margens e filtragem de poluentes difusos. A coleta da amostra foi realizada utilizando-se um balde de inox acoplado a uma haste, o que possibilitou alcançar a lâmina d'água a partir da ponte localizada no ponto amostral.

Figura 23: Ponto D.



Fonte: Autor, 2025.

Figura 24: Assoreamento, lixo e gado às margens do rio.



Fonte: Autor, 2025.

4.1.5. Ponto E - Varjão

Este ponto é um corpo hídrico de médio porte, com margens naturais de terra e vegetação rasteira. A água apresenta coloração turva, com presença de sedimentos e possível matéria orgânica em decomposição próxima à margem. Há indícios de resíduos sólidos (lixo) no entorno imediato bem como relatos de funcionários da SEMAM de que havia criação de animais nas proximidades (pocilga), porém já haviam efetuado o fechamento do estabelecimento, ainda assim, pode-se indicar contaminação por esgoto ou descarte de materiais inadequados. Podemos ver o Ponto E na Figura 25 e a coleta de amostra para análises da Figura 26.

A coleta foi realizada utilizando balde inox acoplado a uma haste, oferecendo acesso seguro para a coleta sem a necessidade de entrar na água. A vegetação e o solo encharcado reforçam a escolha do método indireto de coleta para garantir segurança e evitar perturbação do leito.

Figura 25: Ponto E.



Fonte: Autor, 2025.

Figura 26: Coleta de amostra no Ponto E.



Fonte: Autor, 2025.

4.1.6. Ponto F – Jardim Botânico

Este ponto de coleta de amostra de água está localizado em uma área com vegetação densa ao redor de um corpo hídrico calmo, com aparência mais represada ou de lagoa. A vegetação nas margens é abundante e o espelho d'água está parcialmente sombreado pelas copas das árvores, o que pode influenciar na temperatura da água e nos parâmetros biológicos, como podemos ver na Figura 27.

A coleta será realizada com balde inox acoplado a uma haste, que oferece segurança e acesso direto ao corpo d'água, na Figura 28 podemos ver a utilização do medidor multiparâmetros para fazer algumas análises *in loco*. A água apresenta coloração esverdeada e manchas claras, possivelmente devido à presença de matéria orgânica ou atividade biológica.

Figura 28: Análises em campo.

Figura 27: Ponto F.



Fonte: Autor, 2025.



Fonte: Autor, 2025.

4.2. Campanhas de coletas amostrais

As campanhas de coleta de amostras de água para as análises foram realizadas em duas datas distintas. A primeira ocorreu no dia 26 de agosto de 2025, contemplando os pontos B, D, E e F. A seleção inicial desses locais ocorreu em função da compreensão, amplamente disseminada em documentos e informações locais, de que a nascente do rio Jaguaribe estaria situada na região da BR-230, após o aterramento da nascente original localizada no bairro Ernesto Sátiro. No entanto, durante a atividade, trabalhadores da obra instalada do outro lado da rodovia relataram que a água presente nesse ponto correspondia, na realidade, a um fluxo de drenagem pluvial, que era desviado para a área e, posteriormente, se integrava ao curso do rio Jaguaribe.

A segunda campanha de coleta de amostras foi realizada em 02 de setembro de 2025, abrangendo os pontos A, B (nova coleta) e C. O ponto A foi identificado como a atual nascente do rio Jaguaribe, e também informado por relatos de moradores da comunidade Boa Esperança. As observações *in loco* corroboraram essa informação, uma vez que a água apresentava boas características organolépticas, como coloração límpida, baixa turbidez e ausência de odor desagradável. O ponto C, por sua vez, corresponde a uma área monitorada pela Secretaria de Meio Ambiente de João Pessoa (SEMAM), localizada após o ponto A e já influenciada pela contribuição do fluxo proveniente do ponto B, bem como pelo impacto de um esgoto estourado nas proximidades da nascente. Embora esse esgoto não seja lançado diretamente na nascente, ele alcança o curso d'água poucos metros à frente.

4.3. Procedimentos de análises e equipamentos

Seguindo as recomendações do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da ANA, foram mensurados 6 parâmetros específicos por leitura direta em campo: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, salinidade e sólidos dissolvidos totais. O equipamento utilizado foi um Medidor Multiparâmetro – AK88 (Akso), um aparelho portátil capaz de quantificar os parâmetros supracitados através da imersão de múltiplas sondas com eletrodos acoplados em uma única amostra líquida (Figura 29), ou seja, o Método Eletrométrico. O processo de medição foi realizado em cada ponto visitado até que se verificasse a estabilização dos números lidos no aparelho, estes valores eram então registrados em planilhas de campo.

Figura 29 - Medidor Multiparâmetro em uso eletrométrico.



Fonte: Autor, 2025.

Para o cálculo dos demais parâmetros, obteve-se, no mínimo, um recipiente de 100 mL esterilizado para análise microbiológica e dois recipientes plásticos de 1L, também esterilizados, inteiramente preenchidos com água doce nativa dos pontos amostrais, depositando-os em seguida dentro de uma caixa térmica de isopor resfriada com pacotes de gelo para a conservação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Finalizada a coleta das amostras, as análises subsequentes foram realizadas no Laboratório de Cromatografia e Quimiometria Aplicada (LACQUA), localizado no Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal da Paraíba, campus I.

Alguns dos principais procedimentos operacionais e instrumentos empregados durante as análises laboratoriais incluem a espectrofotometria UV-Visível (Espectrofotômetro UV-1280, Shimadzu), a gravimetria (Balança de Precisão 0,001g) e a titulação volumétrica. Para a quantificação microbiológica, adotou-se o uso de Colipapers Petri, papéis filtrantes e substratos capazes de identificar os diferentes tipos de microrganismos presentes em uma amostra, permitindo a sua contagem simples visual. Outros equipamentos secundários, mas cruciais para a manipulação física, química e biológica das amostras, incluem recipientes variados, capela de exaustão (Q216, Quimis), estufa (SSE 21L, SolidSteel), destilador de água (534, Fisatom), incubadora de DBO, entre outros itens. As análises foram feitas em duplicata e, em alguns casos, como na série nitrogenada, em triplicata.

Os Kits de reagentes químicos utilizados nas análises foram das marcas Hach®, Qualykits e Alfakit. A Tabela 5 especifica os métodos de análise em laboratório para os parâmetros abordados pelo projeto mais as principais fontes bibliográficas que esclarecem tais métodos com maior exatidão. O *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, publicado pela *American Public Health Association* (Associação Americana de Saúde Pública), dispõe de excelente confiabilidade, sendo amplamente reconhecido por registrar e compilar as principais técnicas analíticas de gestão e tratamento sanitário de água.

Tabela 5: Referência metodológica empregada nas análises.

Parâmetros	Método de Análise
pH	SMEWW, 23ª Ed. 4500-H+ B
Temperatura	SMEWW, 23ª Ed. 2550 B
Condutividade Elétrica	SMEWW, 23ª Ed. 2510 B
Salinidade	SMEWW, 23ª Ed. 2520 B
Sólidos Dissolvidos Totais	Leitura direta por aparelho portátil.
Oxigênio Dissolvido	SMEWW, 23ª Ed. 4500-O G ou Leitura direta por aparelho portátil.
Cor Aparente	SMEWW, 23ª Ed. 2120 C
Cor Verdadeira	SMEWW, 23ª Ed. 2120 C
Turbidez	SMEWW, 23ª Ed. 2130 B
DQO	SMEWW, 23ª Ed. 5220 C
DBO	SMEWW, 23ª Ed. 5210 B
Coliformes Totais	Meio cromogênico com peptona e cloreto de sódio para diferenciação e contagem de <i>Escherichia coli</i> e coliformes totais por absorção.
Cont. <i>E.coli</i>	Meio cromogênico com peptona e cloreto de sódio para diferenciação e contagem de <i>Escherichia coli</i> e coliformes totais por absorção.
Coliformes termotolerantes	Calculado a partir da quantidade de <i>Escherichia coli</i>
Nitrogênio Total	Adaptado de SMEWW, 23º Ed., 4500-N C
Nitrato	Adaptado de SMEWW, 23º Ed., 4500-NO3- E.
Nitrito	Método de diazotização - Aprovado pela USEPA para análise de águas residuais, Federal Register, 44(85), 25505 (May 1, 1979).
Amônia	Adaptado de Clin. Chim. Acta., 14, 403 (1966).
Fosfato	SMEWW, 23º Ed. 4500-P B e 4500-P E, e método do azul de molibdênio.
Fósforo Total	Calculado a partir da quantidade de fósforo obtida na análise de fosfato.
Sólidos Totais	SMEWW, 23ª Ed. 2540 B
Dureza Total	SMEWW, 23ª Ed., 2340 C
Cloreto	SMEWW, 23º Ed, 4500-Cl- B.
Ferro Dissolvido	Adaptado de SMEWW, 23º Ed., 3500-Fe B
Manganês Total	Método 1-(2-piridilazo)-2-naftol PAN (Adaptado de Goto et al, 1977)
Alumínio Dissolvido	Adaptado de SMEWW, 23º Ed., 3500-Al B
Cobre Dissolvido	Método Colorimétrico do Dietilditiocarbamato de Sódio (DDC-Na) - Fries, J. Getrost, H. Organic reagents for Trace Analysis, 1977, pg. 138
Zinco Total	Adaptado de SMEWW, 23º Ed., 3500-Zn B
Cromo Total	Método de oxidação de hipobromito alcalino

Fonte: Autor, 2025.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão apresentados seguindo o curso do rio e não a ordem cronológica das campanhas de coleta de amostras, sendo assim, serão apresentados e discutidos primeiramente os resultados do **trecho 1 (pontos A, B e C)** e, em seguida, **trecho 2 (pontos B, D, E e F)**.

5.1. Resultados das análises de qualidade da água para o Trecho 1 – Pontos A, B e C

Os resultados obtidos para as análises de qualidade da água dos pontos A, B e C, são mostrados nas Tabelas 6 e 7, os mesmos evidenciam diferentes graus de comprometimento da qualidade da água.

Tabela 6: Resultados das análises da segunda campanha de coletas.

Resultados da Primeira Campanha (02/09 /2025)					
Parâmetros	Ponto A Nascente	Ponto B Drenagem	Ponto C Mistura	CONAMA 357 - Classe 2	Unidade
pH	6,00	6,30	6,33	6,0-9,0	-
Temperatura	28,70	28,20	28,70	-	°C
Condutividade Elétrica	289,00	364,00	341,00	-	µS/cm
Salinidade	0,19	0,17	0,16	-	‰
Oxigênio Dissolvido	3,30	4,50	3,50	>5,0	mg/L O ₂
Cor Aparente	< LQI	119,49	173,87	-	mgPt-Co/L
Cor Verdadeira	< LQI	75,99	104,99	75	mgPt-Co/L
Turbidez	0,40	15,20	15,20	100	NTU
DQO	3,88	-	96,90	-	mg O ₂ /L
DBO	0,70	6,50	8,25	5	mg O ₂ /L
Coliformes Totais	210	1.100	20.625	-	UFC/100mL
Cont. <i>E.coli</i>	160	850	16.500	-	UFC/100mL
Coliformes termotolerantes	200	1.062	20.625	1.000	UFC/100mL
Nitrogênio Total	11,99	19,77	21,24	-	mg N/L
Nitrato	2,45	3,47	9,02	10	mg NO ₃ -N/L
Nitrito	0,13	1,36	1,49	1	mg NO ₂ -N/L
Amônia	0,81	9,12	9,56	3,7 p/ pH≤ 7,5	mg NH ₃ -N/L
Nitrogênio Orgânico	8,61	5,82	1,18	-	mg/L
Fosfato	0,17	1,90	2,11	-	mg (PO ₄) ₃ -L
Fósforo Total	0,06	0,62	0,69	0,1	mg (P-(PO ₄) ₃)-L
Sólidos Totais	198,00	180,00	178,00	-	mg/L
Dureza Total	63,26	76,07	67,26	-	mg CaCO ₃ /L
Cloreto	35,99	40,79	38,39	250	mg/L Cl
Ferro Dissolvido	0,09	0,04	0,02	0,3	mg/L

Tabela 7: Continuação dos resultados das análises da segunda campanha de coletas.

Parâmetros	Ponto A Nascente	Ponto B Drenagem	Ponto C Mistura	CONAMA 357 - Classe 2	Unidade
Manganês Total	< LQI	0,02	0,10	0,1	mg/L
Alumínio Dissolvido	0,03	< LQI	0,16	0,1	mg/L
Cobre Dissolvido	< LQI	< LQI	< LQI	-	mg/L
Zinco Total	0,62	< LQI	0,18	0,18	mg/L
Cromo Total	0,06	< LQI	0,02	-	mg/L
IQA	63,00	56,00	32,00		
Categoria	Boa	Boa	Ruim		
IET	55,00	68,00	68,00		
Estado trófico	Mesotrófico	Hipereutrófico	Hipereutrófico		

Fonte: Autor, 2025.

No **ponto A (nascente do rio Jaguaribe)**, o pH foi igual a 6,0, no limite inferior permitido pela legislação, sinalizando leve acidez. O oxigênio dissolvido apresentou-se crítico, com 3,3 mg/L, abaixo do mínimo estabelecido, já a DBO foi baixa (0,70 mg/L). Considerando que a nascente é o ponto onde o lençol freático aflora na superfície, um pH levemente ácido e um baixo teor de oxigênio dissolvido, são características típicas de manancial subterrâneo. Além disso o valor baixo da DBO, mostra uma baixa contaminação antrópica da água. Os parâmetros microbiológicos registraram valores reduzidos, com *E. coli* e coliformes termotolerantes abaixo dos limites legais, embora ainda indicativos de aporte de esgoto doméstico. O limite estabelecido pela CONAMA nº 274/2000 para águas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário), um dos usos da classe 2, é de 2.000 UFC/100 mL para *E.coli*. Neste caso, constata-se que a qualidade da água da nascente, está de acordo com o enquadramento do rio Jaguaribe. O nitrogênio total, entretanto, alcançou 11,99 mg/L, um valor que demonstra que embora o esgoto escorrendo ao lado não desague diretamente na nascente, o mesmo prejudica a água da nascente por infiltração no solo. Esse aporte explica a discrepância entre o alto teor de nutrientes e a menor contaminação microbiológica, sugerindo o efeito de filtração na retenção de microrganismos no solo. Em relação aos metais, a maioria esteve em conformidade, exceto o zinco, que ultrapassou em mais de três vezes o limite estabelecido, revelando potencial contribuição de fontes urbanas, industriais ou até mesmo a qualidade da água própria (natural) do manancial subterrâneo. O IQA do ponto A foi 63, classificando-o como de “Boa” qualidade, enquanto o IET de 55 o enquadrrou como “Mesotrófico”.

No **ponto B (água de drenagem pluvial)**, os valores elevados de condutividade, cor e turbidez da água, chamam atenção, quando comparados com os valores encontrados no Ponto

A (nascente). Isso mostra que este descarte, logo no início da formação do rio Jaguaribe, já altera a qualidade do mesmo. O pH igual a 6,3, ainda está dentro do padrão, mas o oxigênio dissolvido igual a 4,5 mg/L, está abaixo do limite e a DBO igual a 6,5 mg/L, ultrapassa o valor esperado do enquadramento. Nos parâmetros microbiológicos, os coliformes totais e fecais revelam alguma contaminação com esgoto doméstico ou dejetos de animais e os nutrientes (nitrogênio e fósforo), confirmam essa contaminação. O fósforo total acima do limite reforça o risco de eutrofização. O Art. 5º da Resolução CONAMA 430/2011, que diz que os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento. Este descarte, portanto, confronta a Resolução. O IQA do ponto B foi 56, classificando-a como “Boa” qualidade, mas em condição de alerta, e o IET de 68 revelou estado “Hipereutrófico”, indicando que a presença de nutrientes já compromete de forma severa o equilíbrio do sistema.

No **ponto C (mistura)**, os resultados foram bastante críticos e revelam claramente uma contaminação da água por esgoto doméstico e/ou dejetos de animais. O pH apresentou 6,33, valor próximo ao limite inferior permitido, mas os indicadores de oxigenação revelaram forte degradação: oxigênio dissolvido de 3,5 mg/L e DBO de 8,25 mg/L, ambos em desconformidade, confirmando alta pressão orgânica e déficit de oxigênio. Os parâmetros microbiológicos reforçaram esse cenário da contaminação, com contagens extremamente elevadas da bactéria *E. coli* (16.500 UFC/100 mL) e dos coliformes termotolerantes (20.625 UFC/100 mL), todos muito acima dos limites, caracterizando lançamento direto de esgoto *in natura* e elevado risco sanitário. Em relação aos nutrientes, o nitrogênio total foi de 21,24 mg/L, o fósforo total de 0,69 mg/L e a amônia de 9,56 mg/L, todos em níveis preocupantes e suficientes para acelerar a eutrofização e causar toxicidade à fauna aquática. Embora a maioria dos metais tenham se mantido dentro dos limites, o manganês (0,10 mg/L), o alumínio (0,16 mg/L) e o zinco (0,18 mg/L) apresentaram concentrações relativamente altas, com o alumínio acima do limite, que em condições de anoxia podem se tornar tóxicas.

De maneira integrada, esta campanha de coleta de amostras de água do trecho 1 revelou contrastes importantes:

- a água da nascente - ponto A, é uma água de boa qualidade, que se enquadra na maioria dos parâmetros do enquadramento (Classe 2), e é própria para o banho (balneabilidade), porém, esta água mostra sinais de comprometimento por nutrientes, possivelmente pela infiltração no solo (que atinge o lençol), do esgoto que extravasa ao lado da nascente;

- a qualidade da água de drenagem, descartada no rio - ponto B, está em desacordo com a qualidade do enquadramento e piora a qualidade do corpo hídrico;
- o ponto C (mistura), apresentou uma condição crítica, e a pior do trecho, com qualidade “Ruim” e estado trófico “Hipereutrófico”.

5.2. Resultados das análises de qualidade da água para o Trecho 2 – Pontos B, D, E e F

Os resultados obtidos para as análises de qualidade da água dos pontos B, D, E e F, são mostrados nas Tabelas 8 e 9, os mesmos evidenciam diferentes graus de comprometimento da qualidade da água, e um trecho crítico de contaminação (entre os pontos D e E).

Tabela 8: Resultados das análises da primeira campanha de coletas.

Resultados da Primeira Campanha (26/08 /2025)						
Parâmetros	Ponto B Drenagem	Ponto D Cristo Redentor	Ponto E Varjão	Ponto F Jardim Botânico	CONAMA 357 Classe 2	Unidade
pH	7,20	7,13	7,45	7,48	6,0-9,0	-
Temperatura	28,20	27,90	28,50	26,20	-	°C
Condutividade Elétrica	357,00	310,00	359,00	304,00	-	µS/cm
Salinidade	0,17	0,15	0,17	0,14	-	‰
Oxigênio Dissolvido	5,00	3,70	4,50	3,90	>5,0	mg/L O ₂
Cor Aparente	108,61	148,50	173,87	61,48	-	mgPt-Co/L
Cor Verdadeira	68,73	97,74	108,61	57,86	75	mgPt-Co/L
Turbidez	9,51	11,78	13,21	5,53	100	NTU
DQO	42,64	38,76	54,26	46,51	-	mg O ₂ /L
DBO	4,30	6,30	9,30	5,00	5	mg O ₂ /L
Coliformes Totais	1.200	2.625	19.850	12.950	-	UFC/100mL
Cont. <i>E.coli</i>	675	2.075	15.850	9.775	-	UFC/100mL
Coliformes termotolerantes	843	2.593	19.812	12.218	1000	UFC/100mL
Nitrogênio Total	24,06	18,25	29,05	25,31	-	mg N/L
Nitrato	14,54	6,64	8,84	10,42	10	mg NO ₃ -N/L
Nítrito	1,04	0,97	1,17	0,84	1	mg NO ₂ -N/L
Amônia	7,98	7,91	7,03	5,01	3,7 p/ pH≤ 7,5	mg NH ₃ -N/L
Nitrogênio Orgânico	0,49	2,74	12,03	9,04	-	mg/L
Fosfato	2,35	1,64	1,73	2,07	-	mg (PO ₄) ₃ -L
Fósforo Total	0,77	0,54	0,56	0,68	0,1	mg (P-(PO ₄) ₃)-L
Sólidos Totais	200,00	92,00	142,00	52,00	-	mg/L
Dureza Total	77,67	72,06	87,28	72,06	-	mg CaCO ₃ /L
Cloreto	36,39	32,79	35,99	34,79	250	mg/L Cl
Ferro Dissolvido	0,01	0,05	0,04	0,13	0,3	mg/L
Manganês Total	0,03	0,04	0,04	0,25	0,1	mg/L

Tabela 9: Continuação dos resultados das análises da primeira campanha de coletas.

Parâmetros	Ponto B Drenagem	Ponto D Cristo Redentor	Ponto E Varjão	Ponto F Jardim Botânico	CONAMA 357 Classe 2	Unidad e
Alumínio Dissolvido	0,14	0,14	0,04	0,19	0,1	mg/L
Cobre Dissolvido	< LQI	< LQI	0,04	< LQI	-	mg/L
Zinco Total	0,07	0,10	0,09	0,14	0,18	mg/L
Cromo Total	0,02	0,01	0,01	0,02	-	mg/L
IQA	56,00	49,00	35,00	42,00		
Categoria	Boa	Regular	Ruim	Regular		
IET	68,00	67,00	67,00	68,00		
	Hipereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico	Hipereutrófico		

Fonte: Autor, 2025.

A primeira campanha de amostragem, realizada em 26 de agosto, contemplou os pontos B, D, E e F, revelando um panorama heterogêneo, mas convergente em termos de pressões antrópicas sobre o corpo hídrico.

No **ponto B (drenagem)**, alguns parâmetros físico-químicos mantiveram-se dentro da faixa prevista pela legislação, com pH em 7,2 e estabilidade em condutividade e sólidos dissolvidos. Esse quadro foi agravado, porém pela presença significativa de nutrientes, com nitrogênio total de 24,06 mg/L, fósforo em torno de 0,77 mg/L e concentrações expressivas de amônia, sugerindo aporte recente de esgotos e/ou resíduos orgânicos. A análise do IQA (56) classificou a água como de “Boa” qualidade, embora próxima do limite inferior da categoria, enquanto o IET (68) apontou condição “Hipereutrófica”, confirmando o risco de eutrofização decorrente do excesso de nutrientes.

No **ponto D (Cristo Redentor)** o oxigênio dissolvido ficou em 3,70 mg/L, em nível abaixo do limite mínimo, além da DBO, que apresentou valores mais elevados que os observados no ponto B, sinalizando maior aporte de matéria biodegradável. A presença de coliformes termotolerantes reforçou a influência de descargas domésticas, ao passo que os nutrientes, especialmente o fósforo e o nitrogênio, ultrapassaram de forma expressiva os limites de referência, caracterizando condições propícias ao enriquecimento trófico. A análise integrada refletiu em um IQA (49) classificando a qualidade da água naquele ponto como “Regular”, evidenciando comprometimento da qualidade da água, e um IET (67) igualmente elevado, o que reafirma o processo de eutrofização como característica marcante do sistema.

O **ponto E (Varjão)** apresentou uma maior contaminação por esgoto doméstico. Os parâmetros físico-químicos básicos, como pH e condutividade, mantiveram-se dentro da faixa de conformidade, o oxigênio dissolvido registrou um aumento em relação ao anterior (4,50

mg/L), porém ainda abaixo do limite mínimo, ao mesmo tempo em que a DBO mostrou valores elevados (9,30 mg/L), compatíveis com aporte orgânico. Os coliformes apresentaram valores muito acima do limite mínimo, confirmando a contaminação de origem fecal. Os nutrientes mantiveram-se em concentrações críticas, com destaque para o fósforo total (0,56 mg/L), confirmando a vulnerabilidade à eutrofização. O resultado do IQA (35) enquadrou o ponto com qualidade de água “Ruim”, a pior deste trecho. O IET (67) classificando-o como “Hipereutrófico”.

No **ponto F (Jardim Botânico)** apesar de ser um ponto mais preservado por ser dentro do Jardim Botânico, a qualidade da água demonstrou-se comprometida embora tenha havido alguma melhora quando comparada com a qualidade da água do Ponto E. O oxigênio dissolvido atingiu valor baixo (3,9 mg/L), abaixo do limite mínimo, contudo a DBO atingiu o limite mínimo de 5,00 mg/L. Os coliformes fecais reforçaram a hipótese desse ponto estar sofrendo forte influência do anterior. A elevada concentração de nutrientes, especialmente fósforo (0,68 mg/L), consolidou o diagnóstico de enriquecimento trófico severo. Nesse ponto, o IQA (42) manteve-se em faixa de “Regular”, mas o IET (68) confirmou condição “Hipereutrófica” com proliferação algal excessiva e consequente depleção de oxigênio.

De forma geral, esta campanha de coleta de amostras de água do trecho 2 revelou contrastes importantes:

- os quatro pontos avaliados indicam que o corpo hídrico se encontra sob forte pressão antrópica, marcada pela presença de matéria orgânica, nutrientes e coliformes fecais.
- a discrepância entre o IQA, que variou de “Boa” a “Ruim”, e o IET, que variou de “Supereutrófico” a “Hipereutrófico” evidencia que, embora a água ainda mantenha condições mínimas para usos múltiplos, o processo de eutrofização está consolidado e tende a comprometer progressivamente a qualidade ambiental e os serviços ecossistêmicos associados.
- o ponto E (localizado no bairro do Varjão), apresentou uma condição crítica, e a pior qualidade de água do trecho 2, com qualidade “Ruim” e estado trófico “Supereutrófico”. Porém, apesar da forte poluição neste ponto, podemos perceber claramente a capacidade de autodepuração do rio, principalmente ao atravessar uma área preservada, que é o Jardim Botânico.
- do ponto E para o ponto F, ocorre a oxidação da série nitrogenada (como podemos perceber pelo aumento no valor de nitrato e redução de nitrito, amônia e nitrogênio orgânico), além da redução de coliformes fecais.

5.3. Registros de Poluição ao longo do rio Jaguaribe/PB

Durante as visitas e coletas das amostras de água para as análises, alguns registros fotográficos revelam a poluição antrópica no entorno dos pontos de coleta, como demonstrado nas figuras inseridas abaixo.

Figura 30: Acúmulo de resíduos sólidos as margens da nascente (Ponto A).



Fonte: Autor, 2025.

Figura 31: Resíduo sólido dentro do fluxo da drenagem (Ponto B).



Fonte: Autor, 2025.

Figura 32: Acúmulo de resíduos sólidos bem como um fluxo de esgoto direto para o rio (Ponto D).



Fonte: Autor, 2025.

Na Figura 30 podemos ver que, além do esgoto extravasando ao lado da nascente, ponto A (o que já foi relatado e visto na Figura 18), o entorno da nascente também sofre com a poluição, pela presença de resíduos sólidos descartados, em grande quantidade, e acumulados ali. Na Figura 31 podemos ver a canalização de drenagem da água pluvial (Ponto B), mas também podemos observar a presença de resíduos sólidos no fluxo por onde essa água corre, sendo assim, esse lixo muito provavelmente é arrastado para o rio Jaguaribe quando a vazão da drenagem aumenta em períodos chuvosos. Já na Figura 32 é mostrado o acúmulo de resíduos sólidos, que possivelmente acabam indo parar dentro do rio, bem como um esgoto correndo

direto para o fluxo hídrico, além de um curral de gado às margens do mesmo, como já foi visto na Figura 24.

Os resultados de qualidade da água mostraram que mesmo em trechos aparentemente preservados, como no ponto C (mistura) e no ponto E (Varjão), a qualidade ambiental do rio está comprometida devido às contribuições negativas oriundas de lançamentos de esgoto, resíduos sólidos e atividades antrópicas nas proximidades. Por outro lado, as evidências apresentadas nas figuras, aliadas às informações de relatórios oficiais, reforçam que a degradação não ocorre de forma pontual, mas sim como resultado de diferentes fontes de poluição ao longo do curso d'água.

5.4. Avaliação geral do trecho analisado

Tabela 10: Resultados unificado dos pontos.

Parâmetros	Resultados dos Pontos							Unidade	CONAMA 357 Classe 2	Unidade
	A	B 26/08	B 02/09	C	D	E	F			
pH	6,00	7,20	6,30	6,33	7,13	7,45	7,48	-	6,0-9,0	-
Temperatura	28,70	28,20	28,20	28,70	27,90	28,50	26,20	°C	-	-
Condutividade Elétrica	289,00	357,00	364,00	341,00	310,00	359,00	304,00	µS/cm	-	-
Salinidade	0,19	0,17	0,17	0,16	0,15	0,17	0,14	‰	-	-
Oxigênio Dissolvido	3,30	5,00	4,50	3,50	3,70	4,50	3,90	mg/L O2	>5,0	mg/L
Cor Aparente	< LQI	108,61	119,49	173,87	148,50	173,87	61,48	mgPt-Co/L	-	-
Cor Verdadeira	< LQI	68,73	75,99	104,99	97,74	108,61	57,86	mgPt-Co/L	75	mg Pt/L
Turbidez	0,40	9,51	15,20	15,20	11,78	13,21	5,53	NTU	100	UNT
DQO	3,88	42,64	-	96,90	38,76	54,26	46,51	mg O2/L	-	-
DBO	0,70	4,30	6,50	8,25	6,30	9,30	5,00	mg O2/L	5	mg O2/L
Coliformes Totais	210,00	1200,00	1100,00	20625,00	2625,00	19850,00	12950,00	UFC/100mL	-	-
Cont. <i>E.coli</i>	160,00	675,00	850,00	16500,00	2075,00	15850,00	9775,00	UFC/100mL	-	UFC/100mL
Coliformes termotolerantes	200,00	843,75	1062,50	20625,00	2593,75	19812,50	12218,75	UFC/100mL	1000	UFC/100mL
Nitrogênio Total	11,99	24,06	19,77	21,24	18,25	29,05	25,31	mg N/L	-	-
Nitrato	2,45	14,54	3,47	9,02	6,64	8,84	10,42	mg NO3-N/L	10	mg/L N
Nitrito	0,13	1,04	1,36	1,49	0,97	1,17	0,84	mg NO2-N/L	1	mg/L N
Amônia	0,81	7,98	9,12	9,56	7,91	7,03	5,01	mg NH3-N/L	3,7 p/ pH<= 7,5	mg/L N
Nitrogênio Orgânico	8,61	0,49	5,82	1,18	2,74	12,03	9,04	mg/L	-	-
Fosfato	0,17	2,35	1,90	2,11	1,64	1,73	2,07	mg (PO4)3-/L	-	-
Fósforo Total	0,06	0,77	0,62	0,69	0,54	0,56	0,68	mg (P-(PO4)3-)/L	0,1	mg/L P
Sólidos Totais	198,00	200,00	180,00	178,00	92,00	142,00	52,00	mg/L	-	-
Dureza Total	63,26	77,67	76,07	67,26	72,06	87,28	72,06	mg CaCO3/L	-	-
Cloreto	35,99	36,39	40,79	38,39	32,79	35,99	34,79	mg/L Cl	250	mg/L Cl

Ferro Dissolvido	0,09	0,01	0,04	0,02	0,05	0,04	0,13	mg/L	0,3	mg/L Fe
Manganês Total	< LQI	0,03	0,02	0,10	0,04	0,04	0,25	mg/L	0,1	mg/L Mn
Alumínio Dissolvido	0,03	0,14	< LQI	0,16	0,14	0,04	0,19	mg/L	0,1	mg/L Fe
Cobre Dissolvido	< LQI	< LQI	< LQI	< LQI	< LQI	0,04	< LQI	mg/L	-	mg/L Cu
Zinco Total	0,62	0,07	< LQI	0,18	0,10	0,09	0,14	mg/L	0,18	mg/L Zn
Cromo Total	0,06	0,02	< LQI	0,02	0,01	0,01	0,02	mg/L	-	mg/L Cr
IQA	63,00	56,00		32,00	49,00	35,00	42,00			
IET	55,00	68,00		68,00	67,00	67,00	68,00			

Fonte: Autor, 2025.

A partir da Tabela 10 vemos que análise integrada dos pontos monitorados no trecho urbano do rio Jaguaribe evidencia um quadro de degradação ambiental persistente, resultante da combinação de déficit de oxigenação, enriquecimento por nutrientes e significativa contaminação fecal. O oxigênio dissolvido apresentou-se abaixo do limite de 5 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 em quase todos os pontos, enquanto a DBO ultrapassou o valor permitido em diversos trechos, confirmando a influência de descargas orgânicas contínuas, principalmente de origem doméstica.

A contaminação microbiológica foi um dos fatores mais críticos: a concentração de coliformes termotolerantes ultrapassou largamente o padrão de 1.000 UFC/100 mL também em quase todos os pontos, chegando a 20.625 UFC/100 mL entre a nascente e o ponto C, e a 19.812 UFC/100 mL entre os pontos D e E. Esses valores comprometem os usos múltiplos da água, configuram risco à saúde pública e confirmam o aporte de esgoto bruto e/ou dejetos de animais ao longo do curso hídrico.

Em relação aos nutrientes, os resultados apontaram fósforo total em concentrações até sete vezes superiores ao limite de 0,1 mg/L, além de nitrogênio total consistentemente elevado. Essa condição favorece a eutrofização, podendo intensificar florações de algas e cianobactérias e, conseqüentemente, a depleção de oxigênio dissolvido. Os índices tróficos (IET) confirmaram situação de hipereutrofia em praticamente todos os pontos avaliados.

Por outro lado, observou-se entre os pontos E e F um processo de autodepuração, evidenciado pela redução dos valores de DBO, coliformes, cor, turbidez e nitrogênio amoniacal, além da melhora do IQA. Isso indica que, mesmo sob forte pressão antrópica, o rio ainda apresenta resiliência ecológica, favorecida pela proximidade com áreas mais preservadas, como o Jardim Botânico.

De modo geral, a avaliação demonstra que a nascente (Ponto A) apresenta uma água de boa qualidade, mas o curso do rio sofre degradação progressiva a jusante, especialmente nos trechos mais urbanizados. O reconhecimento desses padrões é essencial para subsidiar políticas públicas de saneamento, controle de cargas difusas e preservação das áreas de proteção permanente, de modo a restaurar e manter a qualidade ambiental do rio Jaguaribe.

6. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo evidenciam que a qualidade da água da nascente do rio Jaguaribe, localizada na Comunidade Boa Esperança, apresenta condições satisfatórias para o uso. Conforme os parâmetros analisados e a classificação do Índice de Qualidade da Água (IQA), a nascente enquadra-se na Classe 2 da Resolução CONAMA nº 357/2005, com exceção do oxigênio dissolvido, e possui qualidade compatível inclusive para balneabilidade, sendo considerada própria para atividades de recreação de contato primário.

Um aspecto relevante constatado nesta pesquisa foi o reconhecimento da real nascente do rio Jaguaribe. As análises comprovaram que a nascente se encontra dentro da Comunidade Boa Esperança (Ponto A), e não no trecho da BR-230 entre os Km 27-28 (Ponto B), que se trata, na verdade, de água de drenagem. Essa distinção é fundamental, uma vez que diversos trabalhos acadêmicos, reportagens e até mapas oficiais ainda indicam o ponto B como a nascente. Ressalta-se, ainda, a ausência de qualquer sinalização ou placa identificando a nascente real, o que reforça a necessidade de maior reconhecimento institucional e comunitário desse espaço.

Entretanto, ao longo do curso do rio, foram identificados trechos críticos marcados por significativa contaminação decorrente do lançamento de esgoto doméstico e/ou dejetos de animais. Entre a nascente e o ponto C, observou-se um aumento expressivo da concentração de coliformes fecais, atingindo 20.625 UFC/100 mL, devido ao descarte de esgoto bruto. Situação semelhante foi registrada entre os pontos D e E, onde a contagem de coliformes fecais aumentou de 2.593 para 19.812 UFC/100 mL, reforçando a vulnerabilidade desse trecho do curso hídrico à poluição orgânica.

Apesar desses impactos, constatou-se a capacidade de autodepuração do rio entre os pontos E e F, evidenciada pela redução nos valores de cor, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes fecais, nitrogênio amoniacal, orgânico e total, resultando em melhora nos índices de qualidade da água. Esse processo natural de recuperação demonstra a resiliência ecológica do sistema fluvial, embora insuficiente diante da magnitude das pressões antrópicas.

Dessa forma, o estudo conclui que a nascente ainda preserva boas condições de qualidade, mas os impactos ao longo do percurso comprometem a sustentabilidade do rio Jaguaribe. Ressalta-se, portanto, a necessidade urgente de medidas de saneamento, controle de fontes poluidoras, preservação das áreas de proteção permanente e, adicionalmente, a oficialização e sinalização da nascente verdadeira, de modo a assegurar a recuperação e manutenção da qualidade da água e dos serviços ecossistêmicos associados.

6.1. Perspectivas para trabalhos futuros

- Monitoramento temporal contínuo – realizar coletas sazonais (período seco e chuvoso) para avaliar a variação da qualidade da água ao longo do ano e identificar picos de poluição associados ao regime pluviométrico.
- Avaliação do efeito de soluções baseadas na natureza – investigar técnicas de biorremediação, *wetlands* (zonas úmidas) construídos, sistemas alagados artificiais e o potencial de recuperação da qualidade da água com o uso de soluções sustentáveis de baixo custo.
- Integração com políticas públicas – propor indicadores simplificados que possam ser incorporados ao monitoramento da SEMAM e a programas municipais, fortalecendo a tomada de decisão para o saneamento e a gestão das águas urbanas.
- Estudos socioambientais – avaliar a percepção da comunidade sobre a qualidade da água e os impactos da degradação, integrando aspectos técnicos e sociais para embasar ações participativas de gestão.

REFERÊNCIAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba. Bacias Hidrográficas da Paraíba (mapas e informações). João Pessoa: AESA, s.d. Disponível em: <http://aesapb.gov.br>. Acesso em: 13 ago. 2025.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. Atlas Esgotos: despoluição de bacias hidrográficas. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <https://www.ana.gov.br>. Acesso em: 13 ago. 2025.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA). Brasília: ANA, 2025. Disponível em: <https://pnqa.ana.gov.br>. Acesso em: 13 ago. 2025.

ANA. Portal de Qualidade das Águas. **Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade da Água (IQA).** Disponível em: <https://www.ana.gov.br/portals/pnqa/default.aspx>. Acesso em: 24 de agosto de 2025.

APHA; AWWA; WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 2012.

BRASIL DE FATO. MPPB cobra identificação de poluidores do Rio Jaguaribe em João Pessoa e medidas para reduzir danos ambientais em praias de Cabedelo (PB). Brasil de Fato, 21 mar. 2025. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2025/03/21/mppb-cobra-identificacao-de-poluidores-do-rio-jaguaribe-em-joao-pessoa-e-medidas-para-reduzir-danos-ambientais-em-praias-de-cabedelo-pb>. Acesso em: 19 set. 2025.

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. Diário Oficial da União, Brasília, 2005.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e nº 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 25 maio 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 05 de set. 2025.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001/1990, que

modificou a Lei nº 7.990/1989. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 11 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Vigilância da qualidade da água para consumo humano: procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021. Diário Oficial da União, Brasília, 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Soluções Baseadas na Natureza.** Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/cidades-verdes-resilientes/SBN/solucoes-baseadas-na-natureza-1>. Acesso em: 15 set. 2025.

CAVALCANTE, P. R. A. Vulnerabilidade socioambiental da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – João Pessoa/PB. João Pessoa: UFPB, 2018. (Trabalho de Conclusão). Disponível em: Repositório UFPB. Acesso em: 13 ago. 2025.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2006: Índice de Qualidade das Águas (IQA) – metodologia e resultados. São Paulo: CETESB, 2007. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 13 ago. 2025.

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 condições e padrões de lançamento de efluentes. *Diário Oficial da União*, Brasília, 18 mar. 2005. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br>. Acesso em: 13 ago. 2025.

CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357/2005. *Diário Oficial da União*, Brasília, 16 maio 2011. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br>. Acesso em: 13 ago. 2025.

COSTA, Isabel Gonçalo Soares da. **Avaliação decenal da qualidade da água e biotratamento por biofilme em trecho de rio no interior de unidade de conservação de João Pessoa – PB.** 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2024.

DE FARIAS, B. A. Diagnóstico da Qualidade da Água do rio Jaguaribe ao longo da última década. Trabalho de Conclusão de Curso. João Pessoa, 77p, 2019.

DELLA JUSTINA, Clarissa R. V. et al. Soluções baseadas na natureza como uma alternativa promissora para a restauração fluvial e a redução de inundações. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, v. 17, n. 1, p. 123-139, 2023. Disponível em:

<https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/13849>. Acesso em: 15 set. 2025.

EMBRAPA. Água: desafios para a sustentabilidade da agricultura. Brasília: Embrapa, 2016. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 13 ago. 2025.

EMBRAPA. Gestão ambiental na agropecuária. Brasília: Embrapa, 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 13 ago. 2025.

EMBRAPA. Importância das matas ciliares. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2012. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 13 ago. 2025.

FAEP (Sistema). Manejo e conservação de solo e água – Volume 1. Curitiba: FAEP, 2024. Disponível em: <https://www.sistemafaep.org.br>. Acesso em: 13 ago. 2025.

FREIRE, F. G. C. et al. Indicators of water quality in Jaguaribe River in São João do Jaguaribe – CE, Brasil. *Irriga*, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 700–707, 2013. DOI: 10.15809/irriga.2013v18n4p700.

FRTR (Federal Remediation Technologies Roundtable). *Constructed Wetlands*. Technology Screening Matrix. Disponível em: <https://frtr.gov/matrix/Constructed-Wetlands/>. Acesso em: 16 set. 2025.

G1 Paraíba. SUDEMA coleta amostras de água do Rio Jaguaribe em João Pessoa após formação de espuma branca. G1, 13 mar. 2025. Disponível em: <https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2025/03/13/sudema-coleta-amostras-de-agua-do-rio-jaguaribe-em-joao-pessoa-apos-formacao-de-espuma-branca.ghtml>. Acesso em: 19 set. 2025.

G1 PARAÍBA. SUDEMA coleta amostras de água do Rio Jaguaribe em João Pessoa após formação de espuma branca. G1, 13 mar. 2025. Disponível em: <https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2025/03/13/sudema-coleta-amostras-de-agua-do-rio-jaguaribe-em-joao-pessoa-apos-formacao-de-espuma-branca.ghtml>. Acesso em: 19 set. 2025.

GOVERNO DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA. 1º Relatório Trimestral – João Pessoa Sustentável. João Pessoa, 2025. Disponível em: <https://jpsustentavel.joaopessoa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2025/05/1o-Relatorio-Trimestral.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2025.

JOÃO PESSOA (PB) a. 1º Relatório Trimestral do Diagnóstico e Monitoramento Ambiental do Rio Jaguaribe. João Pessoa: Prefeitura Municipal de João Pessoa, 2025.

JOÃO PESSOA (PB) b. 2º Relatório Trimestral do Diagnóstico e Monitoramento Ambiental do Rio Jaguaribe. João Pessoa: Prefeitura Municipal de João Pessoa, 2025.

JPSustentável – Programa João Pessoa Sustentável. Monitoramento inédito do Rio Jaguaribe marca avanço rumo a uma política pública permanente em João Pessoa. João Pessoa: PMJP, 2025. Disponível em: <https://jpsustentavel.joaopessoa.pb.gov.br>. Acesso em: 13 ago. 2025.

JÚNIOR, Maurílio. João Pessoa recebe 221 mm de chuva em 48h e Rio Jaguaribe eleva nível às margens de avenida. Maurílio Júnior, 17 mai. 2025. Disponível em: <https://mauriliojunior.com/2025/05/17/joao-pessoa-recebe-221-mm-de-chuva-em-48h-e-rio-jaguaribe-eleva-nivel/>. Acesso em: 19 set. 2025.

LI, H. et al. Constructed wetlands as nature-based solutions for the removal of antibiotics: performance, microbial response, and emergence of antimicrobial resistance. *Sustainability*, v. 14, n. 22, p. 14989, 2022.

MINISTÉRIO PÚBLICO DA PARAÍBA. MPPB investiga poluição e eventual prática de crime ambiental no Rio Jaguaribe. João Pessoa, 2025. Disponível em: <https://www.mppb.mp.br/index.php/pt/comunicacao/noticias/17-meio-ambiente/26367-mppb-investiga-poluicao-e-eventual-pratica-de-crime-ambiental-no-rio-jaguaribe>. Acesso em: 30 jul. 2025.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2015: Água para um mundo sustentável. UNESCO, Paris, 2015.

PARAÍBA DIA A DIA. Fiscalização da SUDEMA-JP encontra currais de porcos que fazem descarte irregular de dejetos no Rio Jaguaribe. Paraíba Dia a Dia, 19 mar. 2025. Disponível em: <https://paraibadiaadia.com.br/pt-noticias/fiscalizacao-da-semam-jp-encontra-currais-de-porcos-que-fazem-descarte-irregular-de-dejetos-no-rio-jaguaribe/>. Acesso em: 19 set. 2025.

PENG, Y. et al. Biofilm reactors mitigate antimicrobial resistance and pathogens in urban wastewater. *Science of the Total Environment*, v. 925, p. 168021, 2024.

PMJP – Prefeitura Municipal de João Pessoa. Marco de Gestão Ambiental e Social (MGAS) – Programa João Pessoa Sustentável. João Pessoa: PMJP, 2020. Disponível em: <https://www.joaopessoa.pb.gov.br>. Acesso em: 13 ago. 2025.

POLÊMICA PARAÍBA. Relatório da UFPB aponta contaminação nas águas do Rio Jaguaribe. Polêmica Paraíba, 25 mar. 2025. Disponível em: <https://www.polemicaparaiba.com.br/cidades/relatorio-da-ufpb-aponta-contaminacao-nas-aguas-do-rio-jaguaribe/>. Acesso em: 19 set. 2025.

PORTAL T5. Movimento Esgotei promove ato silencioso em defesa do Rio Jaguaribe, em Intermares. Portal T5, 16 mar. 2025. Disponível em: <https://www.portalt5.com.br/noticias/paraiba/2025/03/650734-movimento-esgotei-promove-ato-silencioso-em-defesa-do-maceio-de-intermares/>. Acesso em: 19 set. 2025.

JPSustentável. Marco de Gestão Ambiental e Social – MGAS: Programa João Pessoa Sustentável. João Pessoa: Prefeitura Municipal de João Pessoa, 2020. Disponível em:

<https://jpsustentavel.joaopessoa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2023/06/Marco-de-Gestao-Ambiental-e-Social-MGAS-Programa-JP-Sustentavel.pdf>. Acesso em: 19 set. 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA. Monitoramento inédito do Rio Jaguaribe marca avanço rumo a uma política pública permanente em João Pessoa. João Pessoa, 2025a. Disponível em: <https://jpsustentavel.joaopessoa.pb.gov.br/monitoramento-inedito-do-rio-jaguaribe-marca-avanco-rumo-a-uma-politica-publica-permanente-em-joao-pessoa/>. Acesso em: 30 jul. 2025.

QUEIROZ, D. R. A. Problemas ambientais decorrentes da ocupação subnormal na bacia do Jaguaribe – João Pessoa/PB. João Pessoa: UFPB, 2009. Disponível em: Repositório UFPB. Acesso em: 13 ago. 2025.

RESOLUÇÃO CONAMA 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: seção 1, Brasília, DF, nº 053, p. 58-63, 18 mar. 2005. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: 18 set. 2025.

SANTOS, Caio Lima dos. Análise da suscetibilidade à ocorrência de enchentes e inundações na bacia do rio Jaguaribe – João Pessoa/PB. Recife: UFPE, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/18687>. Acesso em: 24 ago. 2025.

SANTOS, Lucas Fernandes dos. Avaliação do uso de biotratamento no melhoramento da qualidade da água do Rio Jaguaribe em João Pessoa – PB. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2022. Brasília: Ministério das Cidades, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/snis>. Acesso em: 29 jul. 2025.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. Porto Alegre: ABRH, 2008.

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

UNESCO. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento da Água 2020: Água e mudanças climáticas. Paris: UNESCO, 2020.

WENTZELL, Bianca M. Phytoremediation for water quality improvement: current advances and future prospects. *Biotechnology for the Environment*, v. 2, art. 7, 2025.

ZHANG, Y. et al. Nature-based solution to eliminate cyanotoxins in water using biologically enhanced biochar. *Environmental Science & Technology*, v. 57, n. 43, p. 16372-16385, 2023.