



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

TAMIRES EMANUELE AMORIM DE OLIVEIRA

**ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL E ESPACIAL DO RIO SANHAUÁ COM  
BASE EM INDICADORES E GEOPROCESSAMENTO**

JOÃO PESSOA

2025

TAMIRES EMANUELE AMORIM DE OLIVEIRA

**ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL E ESPACIAL DO RIO SANHAUÁ COM  
BASE EM INDICADORES E GEOPROCESSAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Luciana Andrade dos Passos.

JOÃO PESSOA

2025.

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

O48a Oliveira, Tamires Emanuele Amorim de.  
Análise socioambiental e espacial do rio Sanhauá com  
base em indicadores e geoprocessamento / Tamires  
Emanuele Amorim de Oliveira. - João Pessoa, 2025.  
59 f. : il.

Orientação: Luciana Andrade dos Passos.  
Coorientação: Albanise Barbosa Marinho, Vicentina  
Socorro da Anunciação.  
TCC (Graduação) - UFPB/Tecnologia.

1. Geoprocessamento. 2. Indicadores ambientais. 3.  
Recursos hídricos. 4. Gestão socioambiental. 5. Rio  
Sanhauá. I. Passos, Luciana Andrade dos. II. Marinho,  
Albanise Barbosa. III. Anunciação, Vicentina Socorro  
da. IV. Título.

UFPB/BSCT

CDU 624(043.2)

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**TAMIRES EMANUELE AMORIM DE OLIVEIRA**

### **ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL E ESPACIAL DO RIO SANHAUÁ COM BASE EM INDICADORES E GEOPROCESSAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso em 26/09/2025 perante a seguinte Comissão Julgadora:

Documento assinado digitalmente  
 **LUCIANA ANDRADE DOS PASSOS**  
Data: 06/10/2025 09:47:12-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Aprovado

---

Luciana Andrade dos Passos

(Aprovado/Reprovado)

Departamento de Arquitetura e Urbanismo

CT/ UFPB

Documento assinado digitalmente  
 **ALBANISE BARBOSA MARINHO**  
Data: 07/10/2025 10:08:45-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Aprovado

---

Albanise Barbosa Marinho

(Aprovado/Reprovado)

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

CT/ UFPB

Documento assinado digitalmente  
 **VICENTINA SOCORRO DA ANUNCIACAO**  
Data: 06/10/2025 17:34:01-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Aprovado

---

Vicentina Socorro da Anunciação

(Aprovado/Reprovado)

Departamento de Geociências

CCEN/ UFPB

---

Profª. Dr. Aline Flávia Nunes Remígio Antunes

Matrícula Siape: 2550226

Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

## DEDICATÓRIA

Dedico a todos que me amam e a todos que eu amo.

Dedico à minha família, que, mesmo vinda de uma realidade tão dura, sempre encontrou forças para me fazer acreditar, com leveza, que eu poderia chegar até aqui. Dedico à minha mãe, que neste último ano travou e ainda trava uma luta pela sua saúde. Passamos por dias difíceis, mas aprendemos, juntas, que o amor é capaz de superar qualquer tempestade. Dedico à minha irmã, meu porto seguro, que está sempre ao meu lado, mesmo quando as palavras faltam.

Dedico aos meus amigos, que me deram força e coragem, e que não permitiram que eu desistisse, mesmo diante das adversidades.

Dedico à Horta do Timbó, que me salvou e ainda me salva todos os dias, um pedaço de terra que germinou esperança dentro de mim. Dedico ao ano de 2025, um dos mais desafiadores da minha vida, quando chorei muito, mas também sonhei intensamente com dias melhores. Um ano que me ensinou que eu sou forte, que sou corajosa, e que fases ruins também passam.

Dedico ao Rio Sanhauá, rio onde nasceu a cidade de João Pessoa e onde começou a minha jornada no ativismo socioambiental. É a ele que este trabalho se volta, ao realizar uma análise ambiental baseada em indicadores e geoprocessamento, com o objetivo de que esse material venha a servir no futuro próximo para contribuir para sua preservação e recuperação.

Dedico à minha professora e orientadora Luciana, que nunca deixou de acreditar em mim. Mesmo quando eu sumi, mesmo quando quase desisti de mim mesma, ela permaneceu. Dedico à professora Albanise Barbosa Marinho, que soube me enxergar em meio às minhas dificuldades de aprendizado e me acolheu com humanidade, paciência e confiança. Ela me ensinou que, às vezes, tudo que precisamos é de uma chance e um olhar atento para florescer. Dedico à professora Vicentina Socorro da Anunciação, que me deu a oportunidade de me reencontrar no mundo e que, juntas, na luta e na alegria, sempre foi rede de apoio para o sonho da Horta do Timbó, idealizado por ela.

Dedico tudo isso, e mais um pouco, às pessoas, aos lugares e aos momentos que fizeram minha história pulsar mais forte.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes de tudo, à força invisível e soberana que rege meus passos, me sustenta nas quedas e me ergue nas travessias. Ao sopro da vida que me move e ao equilíbrio da natureza, que me inspira a cada manhã com sua beleza e sua resiliência.

À minha mãe, que é raiz, colo e horizonte. Mulher de coragem e ternura, que com sua dedicação me ensinou a acreditar nos meus sonhos e a florescer mesmo em terrenos áridos. Cada conquista que hoje celebro também é dela, que sempre me ofereceu amor incondicional e força silenciosa.

À minha família, que é abrigo e fortaleza, agradeço pela confiança, pelos gestos silenciosos de apoio e pela esperança compartilhada em cada conquista.

Aos meus amigos, que se tornaram família escolhida pelo coração, agradeço pela presença verdadeira, pelas palavras que acolhem e pelos sorrisos que sustentam. Foram eles quem iluminaram os dias mais pesados e compartilharam comigo a alegria das pequenas vitórias. Em especial a André Marinho, Fabio Queiroz, Gustavo Pragana, Jefferson Oliveira, Gustavo Ribeiro, Mikaelle Farias, Eduarda Ferreira, Igor, Italo Carvalho, Fabia Magna, Geovana Büttner, Rafaela Büttner, Glécia Rodriguês e Rafaela Lucena.

Aos mestres e professores, que foram faróis no oceano do conhecimento, transmitindo não apenas ciência, mas também humanidade. A cada ensinamento, a cada palavra de incentivo e a cada olhar de confiança, deixo meu mais profundo reconhecimento.

À Universidade, que me acolheu e me transformou, e a todos que caminharam comigo nesta jornada acadêmica, obrigada por tornarem essa etapa tão rica em aprendizados e experiências.

E à natureza, meu grande laboratório e também meu templo, agradeço pela generosidade de se deixar estudar, contemplar e defender. O Rio Sanhauá, em sua luta silenciosa, tornou-se mestre e companheiro, lembrando-me de que toda existência pulsa por equilíbrio e dignidade.

Por fim, agradeço à vida, que me fez caminhar até aqui, entre dores e alegrias, e que, generosa, me permitiu concluir mais um ciclo. Que esta vitória seja não um ponto final, mas uma semente de novos recomeços.

## RESUMO

Esta pesquisa apresenta uma análise socioambiental e espacial do Rio Sanhauá, integrando dados secundários, técnicas de sensoriamento remoto e mapeamento sistemático, com o propósito de oferecer uma visão abrangente das condições ambientais e sociais da bacia hidrográfica. A caracterização detalhada da área de estudo possibilitou compreender os desafios ecológicos e socioeconômicos enfrentados, além de fornecer subsídios técnicos para estratégias de gestão e conservação. A metodologia adotada incluiu a delimitação da bacia, revisão bibliográfica documental, sistematização de dados espaciais, elaboração de mapas temáticos, monitoramento da qualidade da água e integração dos resultados obtidos. As análises abrangeram aspectos climáticos, pluviométricos, geomorfológicos, pedológicos e fitogeográficos, bem como a caracterização da rede hidrográfica. Foram elaborados mapas de uso e ocupação do solo e de atividades potencialmente poluidoras, além do enquadramento dos corpos hídricos de acordo com os parâmetros do Conselho de Proteção Ambiental do Estado da Paraíba (COPAM). A avaliação da qualidade da água em ponto estratégico do trecho urbano do rio permitiu a análise de indicadores ambientais representativos da condição atual do ecossistema. Os resultados evidenciam as principais pressões antrópicas incidentes sobre a bacia hidrográfica, destacando vulnerabilidades e apontando informações que podem subsidiar medidas de gestão adaptativa, recuperação ambiental e planejamento sustentável da região.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento. Indicadores ambientais. Recursos hídricos. Gestão socioambiental. Rio Sanhauá.

## ABSTRACT

This research presents a socio-environmental and spatial analysis of the Sanhauá River, integrating secondary data, remote sensing techniques, and systematic mapping, with the purpose of providing a comprehensive overview of the environmental and social conditions of the watershed. A detailed characterization of the study area enabled the understanding of ecological and socioeconomic challenges, as well as providing technical support for management and conservation strategies. The adopted methodology included watershed delimitation, documental bibliographic review, systematization of spatial data, thematic mapping, water quality monitoring, and integration of results. The analyses comprised climatic, rainfall, geomorphological, pedological, and phytogeographic aspects, as well as the characterization of the hydrographic network. Maps of land use and occupation and potentially polluting activities were developed, in addition to the classification of water bodies according to the standards established by the Environmental Protection Council of the State of Paraíba (COPAM). The assessment of water quality at a strategic point within the urban stretch of the river enabled the analysis of environmental indicators representative of the current condition of the ecosystem. The results highlight the main anthropogenic pressures on the watershed, pointing out vulnerabilities and providing information that may support adaptive management, environmental restoration, and sustainable planning of the region.

**Keywords:** Geoprocessing. Environmental indicators. Water resources. Socio-environmental management. Sanhauá River.

## LISTA DOS QUADROS

Quadro 1 - Ficha de parâmetros analisados em campo pelo Projeto Observando os Rios.....	27
Quadro 2 - Rede de monitoramento pluviométrico da AESA para João Pessoa (PB). ....	41
Quadro 3 - Precipitação máxima diária absoluta (mm) – 1994 a 2023, para a cidade de João Pessoa (PB). ....	41
Quadro 4 - regulamentação nacional é estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357/2005. ..	46

## LISTA DAS FIGURAS

Figura 1 - Percurso Metodológico do Trabalho.....	19
Figura 2 - Rio Sanhauá - João Pessoa - Paraíba. ....	20
Figura 3 - Pôr do Sol - Rio Sanhauá - João Pessoa - Paraíba.....	21
Figura 4 - Localização Geográfica do Rio Sanhauá.....	22
Figura 5 - Perímetro onde está localizado o ponto de coleta de água. ....	25
Figura 6 - Autora realizando análise de qualidade da água no Porto do Capim.....	26
Figura 7 - Mapeamento do bioma onde está inserido o Rio Sanhauá. ....	28
Figura 8 - Imagens da área de mangue do Rio Sanhauá. ....	29
Figura 9 - Mapeamento da localização da Sub bacia do Rio Sanhauá.....	30
Figura 10 - Sistema hidrogeológico. ....	31
Figura 11 - Classificação Climática de João Pessoa de acordo com Classificação de Köppen. .	32
Figura 12 - Mapeamento dos domínios geomorfológicos.....	33
Figura 13 - Formas geomorfológicas da área.....	34
Figura 14 - Natureza geomorfológicas da área. ....	35
Figura 15 - Unidades geomorfológicas da área.....	36
Figura 16 - Densidade de Drenagem da área. ....	37
Figura 17 - Ordem pedológica em torno da área.....	38
Figura 18 - Relevo da área em torno do Rio Sanhauá.....	39
Figura 19 - Textura da área em torno do Rio Sanhauá.....	40
Figura 20 - Uso e ocupação do solo. ....	42
Figura 21 - Atividades potencialmente poluidoras na área de influência do Rio Sanhauá. ....	44
Figura 22 - Empreendimentos cadastrados como potencialmente poluidores nas proximidades do Rio Sanhauá. ....	45
Figura 23 - Enquadramento do Rio Sanhauá, conforme Resolução CONAMA nº 357/2005.....	47

## LISTA DOS GRÁFICOS

Gráfico 1 - Histórico do Índice de Qualidade da Água (IQA) no Rio Sanhauá entre julho/2024 e junho/2025.....	48
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## Sumário

1.	INTRODUÇÃO .....	12
1.1.	JUSTIFICATIVA .....	13
2.	OBJETIVOS .....	14
2.1.	OBJETIVO GERAL .....	14
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
3.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1.	CONCEITOS FUNDAMENTAIS SOBRE BACIAS HIDROGRÁFICAS .....	15
3.3.	POLÍTICAS PÚBLICAS E MARCOS REGULATÓRIOS .....	16
3.4.	INDICADORES AMBIENTAIS: TIPOS, APLICAÇÕES E RELEVÂNCIA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL .....	17
3.5.	SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO: TÉCNICAS, FERRAMENTAS E EXEMPLOS DE APLICAÇÃO EM ESTUDOS AMBIENTAIS .....	17
3.6.	ESTUDOS E DIAGNÓSTICOS AMBIENTAIS DO RIO SANHAUÁ E REGIÃO .....	18
3.6.1.	Diagnósticos e linhas de evidência em estudos oficiais e acadêmicos .....	18
3.6.2.	Indicadores ambientais aplicáveis ao Sanhauá .....	18
3.6.3.	Síntese das principais lacunas e oportunidades .....	19
4.	MATERIAIS E MÉTODOS .....	19
4.1.	ÁREA DE ESTUDO.....	20
4.1.1.	Localização.....	20
4.1.2.	Principais vias de Acesso.....	22
4.1.3.	Formação histórica e aos aspectos socioculturais e turísticos envolvendo o Rio Sanhauá <sup>23</sup>	
4.2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E DOCUMENTAL .....	23
4.3.	COLETA E SISTEMATIZAÇÃO DE DADOS ESPACIAIS .....	23
4.4.	PRODUÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS .....	24
4.5.	MONITORAMENTO DO ÍNDICE QUALIDADE DA ÁGUA .....	24
4.6.	INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS .....	27
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	28
5.1.	CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO SANHAUÁ .....	28
5.1.1.	Bioma .....	28
5.1.2.	Delimitação da bacia e rede hidrográfica .....	29
5.1.3.	Caracterização Climática.....	31
5.1.4.	Geomorfologia.....	33
5.1.5.	Pedologia.....	37
5.1.6.	Pluviometria .....	40
5.1.7.	Uso e ocupação do solo .....	42

5.1.8.	Atividades potencialmente poluidoras.....	43
5.1.9.	Enquadramento dos corpos hídricos conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005 45	
5.1.10.	Análise dos índices de qualidade da água do Rio Sanhauá.....	48
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
7.	REFERÊNCIAS.....	50

## 1. INTRODUÇÃO

O Rio Sanhauá integra a malha hídrica da região metropolitana de João Pessoa, localizada no Estado da Paraíba e ocupa papel central histórico, cultural e socioambiental na gênese e consolidação do núcleo urbano que deu origem à atual capital paraibana. Historicamente, a ocupação colonial e posterior expansão urbana ocorreram às margens do Sanhauá, de modo que o curso fluvial e seus estuários constituem o chamado “berço” da cidade, com forte vínculo com comunidades ribeirinhas tradicionais como o Porto do Capim. Esse vínculo se manifesta tanto em registros históricos como nas práticas de uso e identidade local (PREFEITURA DE JOÃO PESSOA, 2025; JORNAL DA PARAÍBA, 2025).

De acordo com Costa (2009), do ponto de vista socioambiental, o Rio Sanhauá desempenha múltiplas funções ecológicas e territoriais, tais como a regulação de trechos de drenagem urbana, a preservação de manguezais e áreas de estuário conectadas ao rio Paraíba do Norte, o suporte a atividades de pesca artesanal e de lazer, além de constituir elemento central na dinâmica de assentamentos tradicionais situados em sua calha e entorno. Essas funções tornam o rio particularmente sensível aos impactos decorrentes da urbanização densa, da precariedade da infraestrutura de saneamento e do lançamento difuso e pontual de efluentes e resíduos.

A bacia do Rio Sanhauá enfrenta processos claros de degradação ambiental: estudos de qualidade da água realizados na área do estuário documentam lançamentos de esgotos domésticos sem tratamento adequado, depósito de resíduos sólidos e aporte contínuo de chorume proveniente do antigo “Lixão do Roger” que havia sido desativado em 2003.

Além disso, estudos datados do ano de 2009 mostram que o rio ainda era identificado como fonte de contaminação para o manguezal e o estuário local, fatos que resultavam em excedências de parâmetros físico-químicos em relação aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos de água (COSTA, 2009). Esses problemas ainda hoje são acompanhados por usos conflitantes da lâmina d’água (pesca, recreação, deposição de resíduos), o que agrava riscos sanitários e ambientais para a população ribeirinha (COSTA, 2009).

A relevância do tema para investigação acadêmica e aplicação prática decorre de múltiplas razões interconectadas. Do ponto de vista ambiental, a perda de qualidade da água e a degradação dos manguezais comprometem a biodiversidade local e as funções ecossistêmicas, tais como a retenção de sedimentos, a ciclagem de nutrientes e o papel de berçário para espécies costeiras. Sob a perspectiva social, comunidades tradicionais ribeirinhas que dependem diretamente dos recursos naturais encontram-se expostas a riscos à saúde e à redução da qualidade de vida, especialmente em contextos de ausência de redes de coleta e tratamento de esgoto e de manejo adequado de resíduos (PREFEITURA DE JOÃO PESSOA, 2025; COSTA, 2009). No campo científico, a sub-bacia hidrográfica do Rio Sanhauá configura-se como um espaço estratégico para a integração entre o monitoramento de indicadores ambientais e o uso de ferramentas de geoprocessamento, possibilitando o diagnóstico espacializado de fontes de poluição e o mapeamento de áreas de risco (ANA, 2021; LONGLEY et al., 2005).

O emprego de indicadores ambientais (parâmetros físico-químicos, biológicos e de uso do solo) combinado com geoprocessamento tem se consolidado como abordagem efetiva para caracterizar espacialmente a qualidade da água em bacias urbanas: o cruzamento entre dados de campo e bases cartográficas permite identificar hotspots de poluição, correlacionar parâmetros de qualidade com fontes potenciais (lixões, pontos de lançamento de esgoto, drenagens pluviais) e priorizar áreas para intervenção e monitoramento contínuo (SANTOS; FREITAS, estudos de

geoprocessamento aplicados; LONGLEY et al., 2005; estudos de modelagem e monitoramento em bacias brasileiras). Além disso, iniciativas de monitoramento participativo e programas nacionais de avaliação da segurança hídrica reforçam a necessidade de dados integrados e de metodologias replicáveis para apoio a decisões de gestão (SOS MATA ATLÂNTICA — Observando os Rios, 2022; ANA — Atlas Águas, 2021).

Assim, este trabalho se fundamenta na convergência de três dimensões interdependentes. Na dimensão ambiental, destaca-se a necessidade de caracterizar e quantificar os processos de degradação que afetam o estuário e o corredor fluvial do Rio Sanhauá, de modo a fornecer subsídios técnicos para orientar ações futuras de recuperação e preservação dos manguezais e da qualidade da água. Do ponto de vista social, ressalta-se a importância da identificação de áreas sensíveis para a proteção da saúde e dos meios de subsistência das comunidades ribeirinhas, como a do Porto do Capim, que historicamente mantêm vínculos culturais e econômicos com o rio. Sob a perspectiva científica e técnica, a pesquisa adota metodologias integradas, combinando indicadores ambientais e geoprocessamento, de forma a produzir um diagnóstico especializado da área de estudo, capaz de subsidiar propostas de manejo, monitoramento e formulação de políticas públicas. Essa abordagem contribui, ainda, para o preenchimento de lacunas de conhecimento locais e para o avanço da literatura aplicada sobre bacias hidrográficas urbanas costeiras no Nordeste brasileiro.

Dessa forma, a análise ambiental do Rio Sanhauá, fundamentada em indicadores e técnicas de geoprocessamento, revela-se de elevada relevância no contexto local e regional, na medida em que possibilita identificar processos de degradação, mapear áreas ambientalmente sensíveis e compreender a dinâmica socioecológica associada à bacia. Nesse sentido, o presente Trabalho de Conclusão de Curso tem como propósito integrar levantamentos de campo, análises laboratoriais de parâmetros de qualidade da água e ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), a fim de produzir um diagnóstico técnico da área de estudo. Os resultados obtidos poderão subsidiar, em etapas posteriores, ações de gestão ambiental e estratégias de restauração ecológica voltadas para a bacia hidrográfica do Rio Sanhauá.

## 1.1. JUSTIFICATIVA

O diagnóstico socioambiental do Rio Sanhauá apresenta relevância estratégica para a cidade de João Pessoa e para a região metropolitana, considerando a função central do rio no contexto histórico, cultural e ecológico local. O curso d'água, inserido na bacia estuarina do rio Paraíba do Norte, abriga extensos manguezais e áreas de transição ecossistêmica de elevada importância para a manutenção da biodiversidade costeira e para a provisão de serviços ecossistêmicos, como a retenção de sedimentos, o amortecimento de cheias e o suporte a cadeias produtivas de pesca artesanal (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN-MOLERO, 1999; COSTA, 2009). Porém, tais funções vêm sendo comprometidas pela intensa pressão antrópica, resultante de ocupação urbana desordenada, lançamento de efluentes domésticos não tratados e descarte irregular de resíduos sólidos, fatores que contribuem para a degradação da qualidade da água e para a perda de habitats (COSTA, 2009; SOS MATA ATLÂNTICA, 2022).

Apesar da relevância socioambiental, observa-se uma lacuna de estudos técnicos integrados que combinem a aplicação de indicadores ambientais como parâmetros físico-químicos, biológicos e hidromorfológicos, com ferramentas de geoprocessamento para análise espacial detalhada da bacia do rio Sanhauá. Pesquisas anteriores abordaram aspectos isolados, como qualidade da água em pontos específicos (COSTA, 2009) ou impactos socioambientais setoriais, mas não contemplaram de forma abrangente a integração entre monitoramento sistemático,

análise espacial e mapeamento georreferenciado de áreas críticas. Segundo Longley et al. (2005), a integração entre dados ambientais e geotecnologias potencializa a compreensão de padrões espaciais e temporais de degradação, permitindo não apenas identificar fontes de poluição, mas também estabelecer prioridades de intervenção com base em critérios técnicos objetivos.

A realização de um diagnóstico integrado é especialmente relevante para subsidiar políticas públicas municipais e estaduais voltadas à gestão ambiental e ao saneamento básico, alinhando-se às diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) e à Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007, atualizada pela Lei nº 14.026/2020). Ao fornecer informações georreferenciadas e indicadores consolidados, este estudo pode apoiar órgãos gestores, como a Secretaria de Meio Ambiente de João Pessoa e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba, na elaboração de planos de ação, licenciamento e fiscalização ambiental.

Além da dimensão institucional, este trabalho apresenta um potencial significativo para contribuir diretamente com o ativismo socioambiental local, fortalecendo a atuação de coletivos e organizações como o grupo Garças do Sanhauá que é o primeiro e único coletivo a promover um turismo de experiência, por meio do projeto “Vivenciando o Porto do Capim” (Turismo de Base Comunitária). Esse coletivo estabelece uma conexão entre visitantes e o nascedouro da capital paraibana, localizado no Centro Histórico da cidade. Além disso, o trabalho também dialoga com o Movimento de ativistas ambientais integrantes do programa Observando os Rios, da Fundação SOS Mata Atlântica, um programa voluntário de monitoramento da qualidade da água, do qual a autora deste trabalho compõe o grupo de análises como integrante.

Ao disponibilizar dados técnicos de forma acessível e espacialmente explícita, este estudo contribui para a mobilização social, a conscientização pública e o fortalecimento do controle social sobre políticas e intervenções que incidem diretamente no rio e nas comunidades ribeirinhas. Dessa forma, a justificativa deste trabalho fundamenta-se na necessidade de suprir a carência de análises técnicas integradas sobre o Rio Sanhauá, de modo a gerar subsídios consistentes que orientem uma gestão ambiental mais efetiva e contribuam para a preservação de um dos mais relevantes patrimônios socioambientais da capital paraibana.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Realizar a análise socioambiental e espacial da bacia hidrográfica do Rio Sanhauá por meio da aplicação de indicadores ambientais, incluindo parâmetros de qualidade da água, uso e ocupação do solo, atividades potencialmente poluidoras e enquadramento dos corpos hídricos, integrados a técnicas de geoprocessamento, com o objetivo de caracterizar de forma detalhada as condições socioambientais da bacia e fornecer subsídios técnicos para estratégias de gestão, monitoramento e conservação ambiental.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Compilar e sistematizar dados secundários, bem como imagens de sensoriamento remoto da área de estudo;

2. Mapear o uso e ocupação do solo, a cobertura vegetal e os parâmetros de qualidade da água;
3. Aplicar indicadores ambientais para avaliar as condições ambientais e identificar os processos de degradação presentes na bacia hidrográfica do Rio Sanhauá;
4. Integrar os resultados obtidos em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), possibilitando a elaboração de produtos cartográficos e análises espaciais;
5. Fornecer subsídios técnicos a partir da análise integrada de dados espaciais e ambientais.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1. CONCEITOS FUNDAMENTAIS SOBRE BACIAS HIDROGRÁFICAS**

A bacia hidrográfica pode ser definida como a unidade geográfica natural delimitada por divisores de água, na qual toda a precipitação converge para um exutório comum, seja um rio principal, lago ou oceano (TUCCI, 2004). Essa delimitação topográfica é determinada pela linha de cumeada que separa os fluxos superficiais para diferentes sistemas de drenagem. A bacia constitui a unidade fundamental para a gestão de recursos hídricos, pois integra, de forma sistêmica, os processos hidrológicos, geomorfológicos, climáticos e antrópicos que determinam a disponibilidade e a qualidade da água (PONÇANO et al., 1981; TUCCI, 2004).

O conceito de bacia hidrográfica é amplamente adotado como base para o planejamento e a gestão ambiental, por permitir a articulação entre uso e ocupação do solo, conservação de ecossistemas e aproveitamento sustentável da água (BOTELHO; SILVA, 2012). No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) define a bacia como unidade territorial para implementação da gestão descentralizada e participativa das águas, por meio de Comitês de Bacia Hidrográfica. Essa abordagem reconhece que alterações no uso do solo, cobertura vegetal, ou na dinâmica hidrológica de qualquer subunidade repercutem no conjunto do sistema (ANA, 2021).

No contexto urbano, as bacias hidrográficas sofrem pressões específicas relacionadas à impermeabilização do solo, modificação da rede de drenagem e poluição difusa e pontual, exigindo análises que incorporem variáveis físicas, químicas, biológicas e socioeconômicas (TUCCI, 2004; VICTORINO; CUNHA, 2010). No caso do Rio Sanhauá, esses fatores se somam à influência estuarina e à presença de comunidades pesqueiras, conferindo complexidade adicional a sua caracterização.

#### **3.2. QUALIDADE DA ÁGUA E IMPACTOS AMBIENTAIS DO RIO SANHAUÁ**

A qualidade da água, conforme definido pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA (2025), é determinada pelas condições naturais e pelas ações humanas praticadas na bacia hidrográfica. Entre os fatores naturais que influenciam essa qualidade em rios e lagos, destacam-se a dissolução de minerais presentes no solo e subsolo em função do intemperismo, os processos atmosféricos de evapotranspiração e a deposição de partículas carregadas pelo vento, a decomposição da matéria orgânica e a lixiviação natural de nutrientes, os fatores hidrológicos ligados ao regime de escoamento e os processos biológicos que alteram a composição física e química da água.

No Brasil, a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece os padrões de qualidade para diferentes classes de corpos hídricos, considerando parâmetros como oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pH, turbidez, nutrientes (nitrogênio e fósforo), coliformes termotolerantes, entre outros.

Na sub-bacia do Rio Sanhauá, estudos apontam comprometimento da qualidade da água, associado principalmente ao lançamento de esgotos domésticos in natura, deposição irregular de resíduos sólidos e influência de áreas de disposição de resíduos, como o antigo Lixão do Roger (COSTA, 2009). Esses fatores resultam em excedência dos limites legais para DBO, coliformes termotolerantes e nutrientes, contribuindo para processos de eutrofização e degradação dos ecossistemas aquáticos e estuarinos (COSTA, 2009; SOS MATA ATLÂNTICA, 2022).

Os impactos ambientais decorrentes incluem redução da biodiversidade aquática, perda de serviços ecossistêmicos, riscos à saúde pública e intensificação de processos erosivos e assoreamento (ANA, 2021). No caso específico do Sanhauá, a influência da maré e a presença de manguezais tornam o sistema particularmente sensível a variações na qualidade da água, dado o papel desses ambientes como áreas de reprodução e crescimento de diversas espécies de importância ecológica e econômica (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN-MOLERO, 1999).

Assim, o monitoramento da qualidade da água por meio de indicadores ambientais, associado ao mapeamento espacial das fontes de poluição via geoprocessamento, é essencial para a avaliação da área.

### 3.3. POLÍTICAS PÚBLICAS E MARCOS REGULATÓRIOS

A gestão dos recursos hídricos no Brasil é guiada por marcos legais federais que criam bases para a proteção, uso sustentável e gestão participativa da água. A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) estabelece que a bacia hidrográfica é a unidade de referência para planejamento e manejo da água, impulsionando a criação de Comitês de Bacia com caráter deliberativo e composição multi-setorial (BRASIL, 1997). Paralelamente, a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981) e a Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007, atualizada pela Lei nº 14.026/2020) definem instrumentos de licenciamento, zoneamento e diretrizes para universalização de saneamento que impactam diretamente a qualidade hídrica em contextos urbanos (BRASIL, 1981; BRASIL, 2007; BRASIL, 2020).

No estado da Paraíba, a institucionalização da gestão dos recursos hídricos está reforçada por políticas estaduais e atuação descentralizada. A Lei nº 6.308/1996 institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, complementada por decretos que regulamentam instrumentos fundamentais como a outorga de direito de uso da água, o Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FERH), e a criação de comitês (BRASIL – Estado da Paraíba, 1996; 1997). Entre esses, destacam-se os Comitês de Bacia Hidrográfica do estado: o CBH-PB (Rio Paraíba), CBH-Litoral Sul, CBH-Litoral Norte e o Comitê interestadual Piancó-Piranhas-Açu, criados em 2006, com composição modelo de representação de usuários, sociedade civil e poder público (AESA, 2020).

Complementarmente, a Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESA) atua como secretaria-executiva dos Comitês, elaborando e atualizando o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH 2022–2042), coordenando a rede de monitoramento e implementando programas como segurança de barragens, outorga e cobrança, além da recuperação dos corpos d'água (AESA/CERH-PB, 2022).

Além disso, o estado da Paraíba tem avançado em sistemas de gestão de dados hídrico-hidroclimáticos, como o SEIRA (Sistema Estadual de Informações de Riscos Agrohidroclimáticos), que está implantando cerca de 90 estações automatizadas para monitoramento em tempo real do clima e da dinâmica hídrica, com acesso público via portal e aplicativo, impulsionando o uso de dados para planejamento e resposta a eventos (AES/ALPB, 2023).

Por fim, a CAGEPA, empresa estadual de saneamento responsável por serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário presente em mais de 200 municípios paraibanos, também opera sob regimes definidores, incluindo contratos diretos e implicações do novo marco regulatório do saneamento, com repercussões sobre licenças, cobertura de serviços e responsabilidade institucional (CAGEPA, 2025)

### 3.4. INDICADORES AMBIENTAIS: TIPOS, APLICAÇÕES E RELEVÂNCIA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL

Indicadores ambientais são parâmetros quantitativos ou qualitativos capazes de sintetizar informações complexas sobre o estado do meio ambiente, permitindo monitorar mudanças e avaliar tendências (OECD, 2003). No campo dos recursos hídricos, os indicadores podem ser classificados em indicadores de pressão (atividades que exercem impactos, como lançamentos de efluentes), estado (condições atuais, como qualidade da água) e resposta (ações implementadas, como programas de recuperação) (OECD, 2003; BRASIL, 2018).

Para avaliação da qualidade da água, destacam-se indicadores físico-químicos e biológicos (pH, oxigênio dissolvido, DBO, turbidez, nutrientes e coliformes termotolerantes) e hidro morfológicos (integridade da vegetação ripária, alterações no canal) (ANA, 2021; CETESB, 2021). O uso de indicadores permite comparabilidade temporal e espacial, identificação de áreas críticas e suporte à tomada de decisão (BRASIL, 2018).

Em estudos de bacias urbanas, a integração de indicadores ambientais a ferramentas de geoprocessamento amplia a capacidade de diagnóstico, possibilitando correlações entre qualidade ambiental, uso do solo e pressões antrópicas (SANTOS; FREITAS, 2015).

### 3.5. SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO: TÉCNICAS, FERRAMENTAS E EXEMPLOS DE APLICAÇÃO EM ESTUDOS AMBIENTAIS

O sensoriamento remoto consiste na obtenção de informações sobre a superfície terrestre por meio de sensores instalados em plataformas orbitais ou aéreas, sem contato físico direto com o objeto estudado (NOVO, 2010). Essa técnica fornece dados espectrais, temporais e espaciais que, processados adequadamente, permitem identificar padrões de uso e cobertura do solo, monitorar alterações ambientais e mapear variáveis como vegetação, corpos d'água e áreas degradadas.

O geoprocessamento envolve o conjunto de técnicas e ferramentas computacionais para armazenamento, análise e representação de dados georreferenciados, tendo como principal suporte os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (LONGLEY et al., 2005). Entre as ferramentas mais utilizadas estão softwares como QGIS, ArcGIS e o Google Earth, que possibilitam integração entre imagens de satélite, dados vetoriais e informações tabulares.

Aplicações em estudos ambientais incluem mapeamento de uso e ocupação do solo, identificação de áreas suscetíveis à erosão, monitoramento de desmatamento, análise de dinâmica de manguezais e modelagem hidrológica (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012). No contexto do Rio Sanhauá, o uso combinado de sensoriamento remoto e geoprocessamento pode viabilizar a detecção de fontes de poluição, o monitoramento temporal da cobertura vegetal e a avaliação da eficácia de intervenções de recuperação ambiental.

### 3.6. ESTUDOS E DIAGNÓSTICOS AMBIENTAIS DO RIO SANHAUÁ E REGIÃO

#### 3.6.1. Diagnósticos e linhas de evidência em estudos oficiais e acadêmicos

Estudos acadêmicos desenvolvidos em cooperação com instituições públicas têm apontado pressões persistentes sobre o Sanhauá. Costa (2009) descreve conflitos de uso na área de influência do antigo lixão do Roger e aponta degradação da qualidade da água e do manguezal. Com base em série temporal de 2006–2016, Moura (2017) identificou poluição na área de estudo, especialmente para DBO, fósforo, cloretos, sulfato, condutividade e sólidos dissolvidos, com implicações para o enquadramento conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005. Em termos de enquadramento conceitual, Júnior (2008) discute que, pela salinidade e pelos usos, o Sanhauá poderia ser tratado como água salobra classe 1, mas os resultados de monitoramento refletem condições compatíveis com classes mais restritivas para a proteção de usos menos exigentes, evidenciando a necessidade de recuperação.

Em escala municipal e estadual, documentos oficiais recentes incorporam o Sanhauá e seu estuário em diagnósticos mais amplos. O Relatório Técnico de Risco e Desastres do município registra conflitos ambientais típicos do estuário urbano, como invasões de margens, lançamentos de esgoto e supressão de manguezais (JOÃO PESSOA, 2024). Em processos de licenciamento e avaliação ambiental estratégica, a SUDEMA tem consolidado anexos com caracterização físico-biótica e socioeconômica do estuário do rio Paraíba do Norte, incluindo o setor do Sanhauá, úteis como base de referência para indicadores ambientais e vulnerabilidades (SUDEMA, 2024). No plano hidrogeológico regional, a AESA destaca o contexto da Região Metropolitana de João Pessoa, cujas pressões urbanas e demandas hídricas se refletem também na zona estuarina (AESA, 2025).

#### 3.6.2. Indicadores ambientais aplicáveis ao Sanhauá

Para fins de análise por indicadores, destacam-se:

- (i) Indicadores de qualidade da água adotados pela rede oficial (RNQA/PNQA), como OD, DBO, nutrientes, turbidez e coliformes;
- (ii) Indicadores ecossistêmicos para ambientes estuarinos (estado de conservação do manguezal, área e conectividade), cuja evolução pode ser aferida por sensoriamento remoto; e
- (iii) Indicadores de pressão e resposta, como cobertura e atendimento por esgotamento sanitário, interceptação de ligações clandestinas, e existência de obras estruturantes do PMSB (SNIRH, 2024; ANA, 2021; JOÃO PESSOA, 2015).

Em termos de geoprocessamento, o uso de bases cartográficas do IBGE (malhas municipais, setores censitários) e camadas temáticas da ANA/SNIRH (hidrografia, pontos de monitoramento, atlas) permite integrar dados de qualidade com métricas espaciais de uso e

cobertura do solo, densidade populacional e áreas de preservação permanente (IBGE, 2025; ANA, 2021).

### 3.6.3. Síntese das principais lacunas e oportunidades

A literatura e a documentação oficial indicam a persistência de cargas orgânicas e nutrientes em trechos críticos do Rio Sanhauá, associadas a sistemas de esgotamento sanitário insuficientes e ligações irregulares, bem como a fragilização e supressão de manguezais em áreas urbanizadas. Além disso, evidencia-se a necessidade de compatibilização entre o enquadramento dos corpos hídricos e as metas de universalização do saneamento. Nesse contexto, o avanço recente de instrumentos e plataformas de dados, como o Atlas Águas/ANA, o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e cadastros municipais, proporciona oportunidade para o monitoramento integrado de indicadores ambientais, com o suporte de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Tais ferramentas podem subsidiar a definição de metas progressivas de qualidade ambiental, a priorização de obras previstas no Plano Municipal de Saneamento Básico e a implementação de ações de restauração ecológica (ANA, 2021; SNIRH, 2024; JOÃO PESSOA, 2015).

Diante disso, o referencial indica que a análise ambiental do Rio Sanhauá, baseada em indicadores e geoprocessamento, deve articular dados oficiais de qualidade da água às evidências espaciais de uso do solo, tomando a Resolução CONAMA nº 357/2005 como referência normativa. No presente estudo, a avaliação considerou uma série de dados compreendendo o período de janeiro de 2024 a julho de 2025, permitindo caracterizar o estado atual do ecossistema para assim identificar áreas críticas.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção descreve os procedimentos metodológicos empregados para a realização da análise socioambiental e espacial da sub-bacia hidrográfica do Rio Sanhauá, localizada no município de João Pessoa/PB. O trabalho foi desenvolvido de modo a integrar diferentes fontes de informação — bibliográficas, cartográficas e empíricas — em um quadro analítico que permitisse caracterizar as condições socioambientais da área.

O percurso metodológico foi estruturado em seis etapas principais (Figura 1).

Figura 1 - Percurso Metodológico do Trabalho.



A pesquisa é classificada como exploratória e descritiva, por buscar compreender a dinâmica ambiental a partir de indicadores já existentes e observações em campo (GIL, 2008). Do ponto de vista metodológico, adota caráter aplicado e documental, apoiando-se em dados secundários oriundos de órgãos oficiais, em informações obtidas por geoprocessamento e em resultados de monitoramento participativo da qualidade da água. A abordagem combina técnicas quantitativas e qualitativas, possibilitando integrar tanto medições físico-químicas e microbiológicas quanto interpretações espaciais e contextuais.

#### 4.1. ÁREA DE ESTUDO

A caracterização da área de estudo representa um ponto de partida essencial para a compreensão integrada do contexto territorial em que se insere o Rio Sanhauá, objeto central desta pesquisa. Esse levantamento busca fornecer uma visão ampla das condições geográficas, históricas, sociais e culturais que, em conjunto, moldam a dinâmica local.

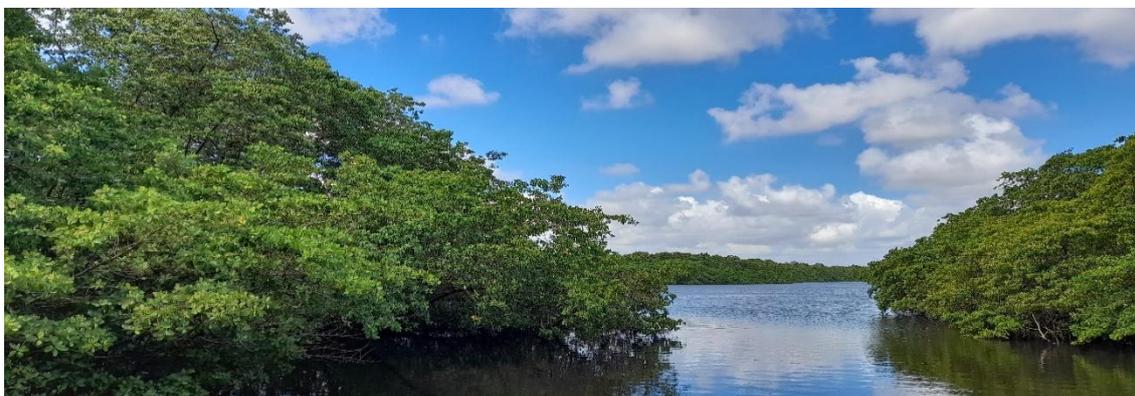
Nos subitens a seguir, serão apresentadas, de forma sistematizada, informações referentes à localização geográfica, às principais vias de acesso, à formação histórica do município e aos aspectos socioculturais e turísticos que compõem a identidade local. Esses elementos são indispensáveis para situar a pesquisa em seu devido contexto.

Além da delimitação espacial, pretende-se evidenciar as interações históricas, culturais e socioeconômicas que influenciam o uso e a ocupação do solo, bem como as pressões exercidas sobre os recursos naturais. Essa abordagem possibilita uma compreensão mais aprofundada das dinâmicas que incidem sobre a área de estudo, fornecendo a base necessária para sustentar as análises no decorrer do trabalho.

##### 4.1.1. Localização

O Rio Sanhauá, situado no Estado da Paraíba, constitui-se em um curso d'água de relevância regional, desempenhando papel estratégico na dinâmica ambiental e socioeconômica da região. O rio percorre os municípios de Bayeux e João Pessoa, ambos pertencentes à Região Metropolitana de João Pessoa, e integra a bacia hidrográfica do Rio Paraíba, atuando como um de seus principais afluentes (SUDEMA, 2024). Para os fins da presente análise, o recorte espacial adotado corresponde à sub-bacia do Rio Sanhauá inserida no território do município de João Pessoa.

Figura 2 - Rio Sanhauá - João Pessoa - Paraíba.



Fonte: Autora, 2023.

Figura 3 - Pôr do Sol - Rio Sanhauá - João Pessoa - Paraíba.



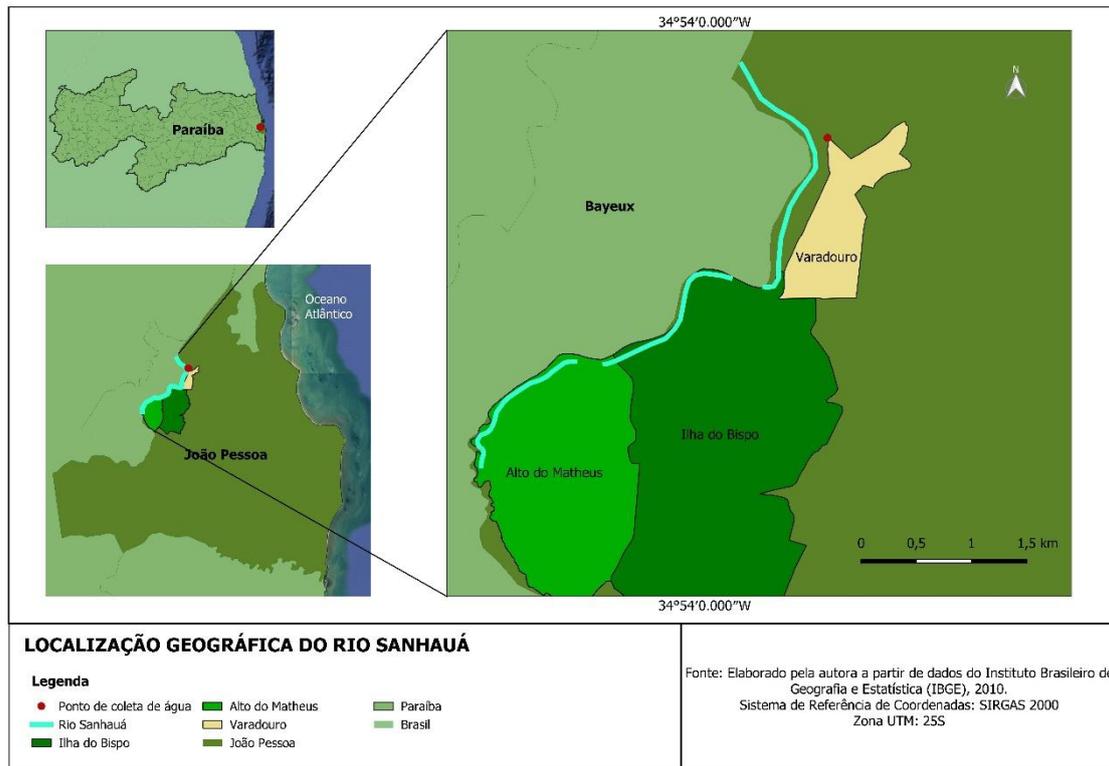
Fonte: Autor desconhecido (s.d.).

O município de João Pessoa localiza-se na faixa litorânea do estado da Paraíba, integrando a Mesorregião da Mata Paraibana e a Microrregião de João Pessoa, conforme divisão político-administrativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022). A área urbanizada apresenta, em sua maior parte, cotas altimétricas em torno de 10 m (IBGE, 2017). As coordenadas geográficas centrais do município são 7°07'12" S de latitude e 34°52'48" W de longitude.

Segundo estimativas do IBGE (2022), João Pessoa contava com 833.932 habitantes, apresentando densidade demográfica de 3.970,27 hab./km<sup>2</sup>, configurando-se como o município mais populoso do estado da Paraíba. Do ponto de vista socioeconômico, o Produto Interno Bruto (PIB) per capita era de R\$ 26.936,78 em 2021 (IBGE, 2021), enquanto o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) correspondia a 0,763, valor considerado alto (PNUD; IPEA; FJP, 2013).

No que se refere aos indicadores de saúde e saneamento, João Pessoa registrava taxa de mortalidade infantil de 12,58 óbitos por mil nascidos vivos em 2023 (IBGE, 2023) e taxa de 39,8 internações hospitalares por diarreia no Sistema Único de Saúde (SUS) em 2024, para cada 100 mil habitantes (IBGE, 2024). Quanto à infraestrutura sanitária, 69,19% dos domicílios possuíam acesso a esgotamento sanitário adequado no ano de 2022 (IBGE, 2022). Além disso, de acordo com o CEMADEN (2010), aproximadamente 13.890 pessoas estavam expostas a riscos de inundações, enxurradas e deslizamentos, evidenciando a vulnerabilidade socioambiental do território. A Figura 4, abaixo, trás como se encontra localizado o Rio Sanhauá dentro do município de João Pessoa.

Figura 4 - Localização Geográfica do Rio Sanhauá.



#### 4.1.2. Principais vias de Acesso

O acesso à área de abrangência do Rio Sanhauá ocorre, principalmente, por meio da malha viária que conecta os municípios de João Pessoa e Bayeux, os quais compõem a Região Metropolitana da capital paraibana. Do ponto de vista da infraestrutura urbana, destacam-se como eixos de circulação as rodovias federais BR-230 e BR-101, que articulam a capital às demais cidades do estado e do Nordeste brasileiro (DNIT, 2023).

No âmbito intraurbano, a Avenida Sanhauá, localizada no bairro do Varadouro, configura-se como a principal via de ligação direta ao rio, estabelecendo interface entre o centro histórico da cidade e a zona portuária. Além dela, ruas secundárias, como a Rua Francisco Londres e a Rua João Suassuna, também permitem acesso à margem direita do curso d’água (PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA, 2023).

Cabe ressaltar ainda a proximidade do Rio Sanhauá com o Porto de Cabedelo, situado a aproximadamente 20 km ao norte, e com a linha férrea que interliga João Pessoa ao referido porto. Historicamente, esse sistema de transportes consolidou-se como suporte para o escoamento da produção agrícola e comercial, contribuindo para a relevância econômica e estratégica da região (IPEA, 2016).

Portanto, a rede viária e ferroviária exerce papel central tanto no acesso direto ao Sanhauá quanto na integração da área com os principais centros urbanos e logísticos do estado.

#### 4.1.3. Formação histórica e aos aspectos socioculturais e turísticos envolvendo o Rio Sanhauá

A formação histórica de João Pessoa está intrinsecamente ligada ao Rio Sanhauá. A fundação da cidade, em 1585, ocorreu às suas margens, em função da localização estratégica que o curso d'água oferecia para defesa militar, abastecimento e escoamento da produção agrícola, especialmente da cana-de-açúcar (MARQUES, 2010). Assim, o rio constituiu-se como elemento estruturador do núcleo urbano inicial, favorecendo o desenvolvimento do bairro do Varadouro, que se consolidou como entreposto comercial e logístico.

Do ponto de vista sociocultural, o Sanhauá guarda significativa memória coletiva da população local. Comunidades tradicionais, a exemplo das que habitam a Ilha do Bispo e o Porto do Capim, mantêm vínculos históricos e culturais com o rio, seja por meio da pesca artesanal, da religiosidade popular ou da organização comunitária vinculada às atividades ribeirinhas (NASCIMENTO, 2018). Tais práticas expressam a interdependência entre a dinâmica social e os ecossistemas estuarinos.

No campo turístico, o rio e suas margens abrigam atrativos de interesse histórico e cultural, como a Estação Ferroviária do Varadouro, o Centro Histórico de João Pessoa e as ruínas do Forte Velho, compondo um patrimônio material e imaterial que se relaciona diretamente com o Sanhauá (IPHAN, 2015). Projetos recentes de requalificação urbana têm buscado integrar o rio ao espaço turístico da cidade, promovendo roteiros fluviais, atividades culturais e iniciativas de valorização do patrimônio natural associado aos manguezais (PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA, 2023).

Dessa forma, o Rio Sanhauá transcende sua dimensão ambiental, constituindo-se em um elemento estruturante da história urbana, da identidade sociocultural e do potencial turístico da capital paraibana.

## 4.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E DOCUMENTAL

Foram consultados trabalhos acadêmicos (artigos, teses e dissertações), disponíveis em bases como SciELO e repositórios institucionais, bem como documentos oficiais produzidos por órgãos gestores: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), SUDEMA, AESA e IBGE. Esse levantamento permitiu reunir informações sobre a evolução do uso e ocupação do solo, as pressões antrópicas sobre os ecossistemas estuarinos, os dados socioambientais municipais e os estudos prévios de qualidade da água (COSTA, 2009; NASCIMENTO, 2018).

## 4.3. COLETA E SISTEMATIZAÇÃO DE DADOS ESPACIAIS

A etapa seguinte consistiu na obtenção de shapefiles, imagens de satélite e séries históricas junto a fontes oficiais:

- IBGE – bases cartográficas, malha municipal e dados populacionais;
- ANA/SNIRH – rede hidrográfica e estações de monitoramento hidrológico;
- MapBiomias – séries históricas de cobertura e uso da terra;
- SUDEMA – Enquadramento e atividades potencialmente poluidores;
- SOS Mata Atlântica – informações sobre qualidade da água no âmbito do projeto Observando os Rios.

Todos os dados foram sistematizados e processados no software QGIS 3.18, em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), o que possibilitou a integração cartográfica, o georreferenciamento e a análise espacial da sub-bacia.

#### 4.4. PRODUÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS

Com base nos dados processados em SIG, foram elaborados mapas temáticos referentes a:

- Bioma;
- Clima;
- Sistema hidrogeológico;
- Delimitação da bacia e rede hidrográfica.
- Domínios Geomorfológicos;
- Forma Geomorfológica;
- Natureza Geomorfológica;
- Unidades Geomorfológicas;
- Densidade de Drenagem;
- Ordem Pedológica;
- Relevo;
- Textura;
- Uso e Ocupação do Solo;
- Atividades Potencialmente Poluidoras;
- Enquadramento dos corpos hídricos, conforme Resolução do COPAM.

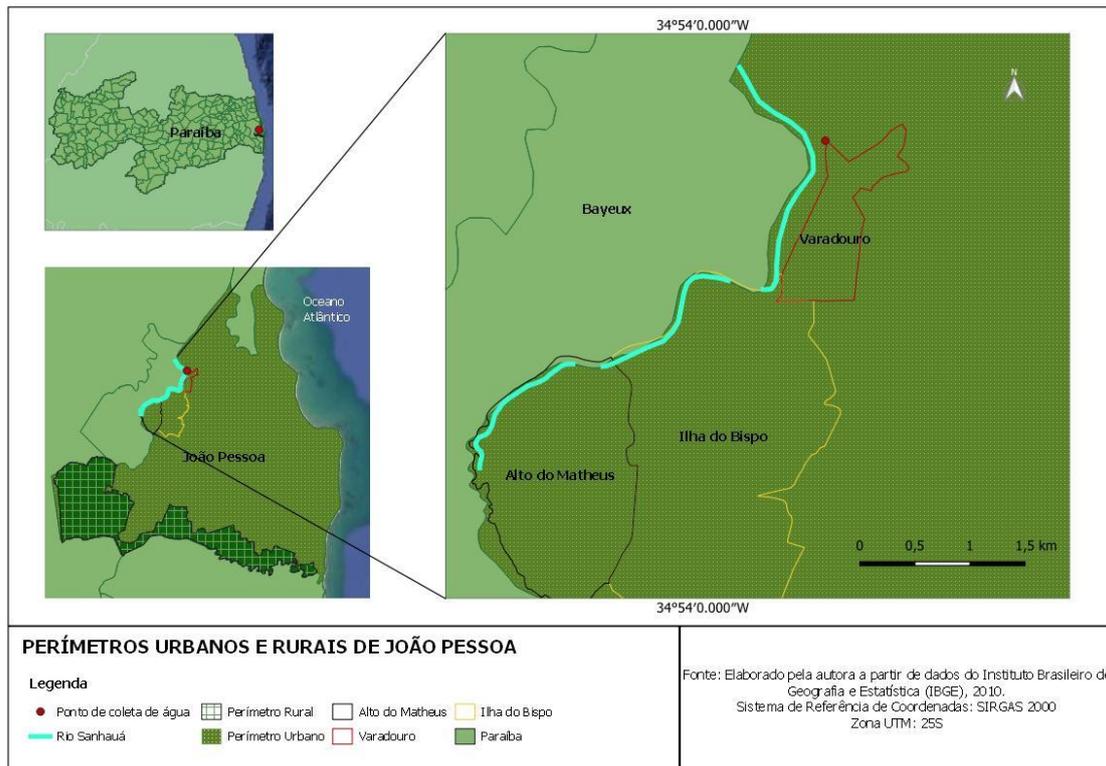
Os mapas foram produzidos de forma autoral, respeitando as normas técnicas de cartografia digital (IBGE, 2017), com simbologia padronizada e escalas compatíveis à análise regional.

#### 4.5. MONITORAMENTO DO ÍNDICE QUALIDADE DA ÁGUA

Localizado na porção urbana do município de João Pessoa, o Rio Sanhauá atravessa a porção mais antiga de cidade, abrangendo bairros históricos e periféricos, como Varadouro, Ilha do Bispo e Alto do Mateus (SUDEMA, 2024). Essas áreas têm sido amplamente retratadas em estudos acadêmicos voltados à dinâmica territorial, especialmente no tocante à expansão urbana desordenada e às pressões exercidas sobre ecossistemas frágeis, a exemplo dos manguezais e planícies flúvio-marinhas (COSTA, 2009).

Para o monitoramento do índice de qualidade de água foram incorporados os resultados obtidos pelo projeto Observando os Rios, da Fundação SOS Mata Atlântica, que tem um grupo que realiza o monitoramento da qualidade de água de modo participativo em um ponto urbano do Rio Sanhauá, que fica localizado no bairro do Varadouro, como melhor vislumbrado na Figura 5.

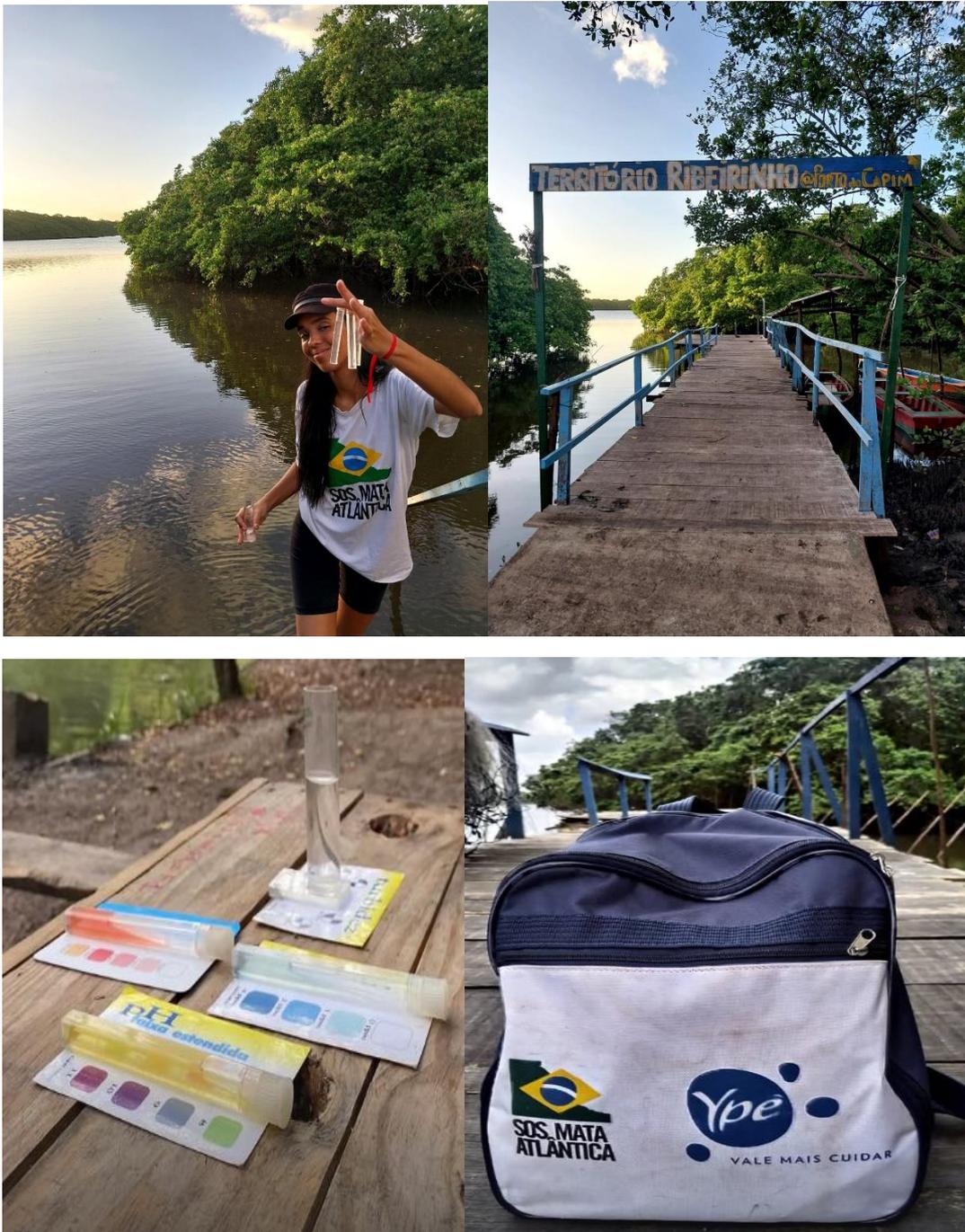
Figura 5 - Perímetro onde está localizado o ponto de coleta de água.



A iniciativa realiza o acompanhamento sistemático da qualidade da água em centenas de pontos de coleta distribuídos pelo território nacional, empregando um conjunto de variáveis físico-químicas, químicas e biológicas que compõem o Índice de Qualidade da Água (IQA).

O grupo de monitoramento voluntário responsável pelas análises no Rio Sanhauá é denominado *Sanhauá em Águas Limpas*. Criado em meados da década de 2010, o grupo realiza coletas periódicas utilizando reagentes e metodologias simplificadas fornecidas pelo kit da SOS Mata Atlântica, o que garante a padronização e a comparabilidade dos resultados com outros pontos monitorados no país. A autora deste Trabalho de Conclusão de Curso passou a integrar a equipe em 2019 (Figura 6).

Figura 6 - Autora realizando análise de qualidade da água no Porto do Capim.



O protocolo do projeto contempla uma série de parâmetros ambientais, físico-químicos e biológicos, capazes de refletir a condição trófica e a presença de contaminantes na água. A seguir, temos a tabela onde estão apresentados os principais indicadores monitorados do projeto Observando os Rios, onde são avaliados como parâmetros:

Quadro 1 - Ficha de parâmetros analisados em campo pelo Projeto Observando os Rios.

PARAMETROS ANALISADOS NO OBSERVANDO OS RIOS – SOS MATA ATLÂNTICA	
Data e hora:	-
Clima do dia anterior:	-
Clima:	-
Temperatura ambiente:	-
Temperatura da água:	-
Transparência da água:	-
Espumas:	-
Lixo flutuante ou acumulado nas margens:	-
Cheiro:	-
Material sedimentável:	-
Peixes:	-
Larvas e vermes vermelhos:	-
Larvas e vermes transparentes ou escuros, conchas:	-
Coliformes Fecais:	-
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	-
Potencial Hidrogeniônico (pH)	-
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	-
Fosfatos (PO <sub>4</sub> )	-

Ou seja, os registros de coleta para análise consistem em registros de campo, aspectos físico-químicos e biológicos e parâmetros laboratoriais simplificados, e a combinação desses parâmetros permite a obtenção do Índice de Qualidade da Água (IQA), adaptado às condições dos rios brasileiros, e esse índice é classificado em cinco categorias: ótimo (> 40), bom (35–40), regular (26–35), ruim (20–26) e péssimo (< 20) (SOS MATA ATLÂNTICA, 2023).

Esses foram os parâmetros avaliados no ponto de coleta de água alvo desse estudo, localizado dentro do bairro do varadouro, mas especificamente em uma comunidade denominada Porto do Capim.

Os valores foram comparados aos padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 357/2005 (BRASIL, 2005), a fim de verificar a conformidade do rio em relação ao enquadramento oficial de corpos hídricos superficiais.

#### 4.6. INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS

A etapa final consistiu na integração dos mapas temáticos com as análises de qualidade da água, resultando em uma avaliação socioambiental da sub-bacia do Rio Sanhauá. Os achados, embora não tenham caráter prescritivo, configuram-se como subsídio para estratégias de gestão adaptativa e para ações de restauração ecológica e mitigação de impactos socioambientais.

Assim, conclui-se a metodologia adotada neste trabalho, cuja aplicação possibilitou a geração de resultados integrados, apresentados e discutidos no capítulo seguinte.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

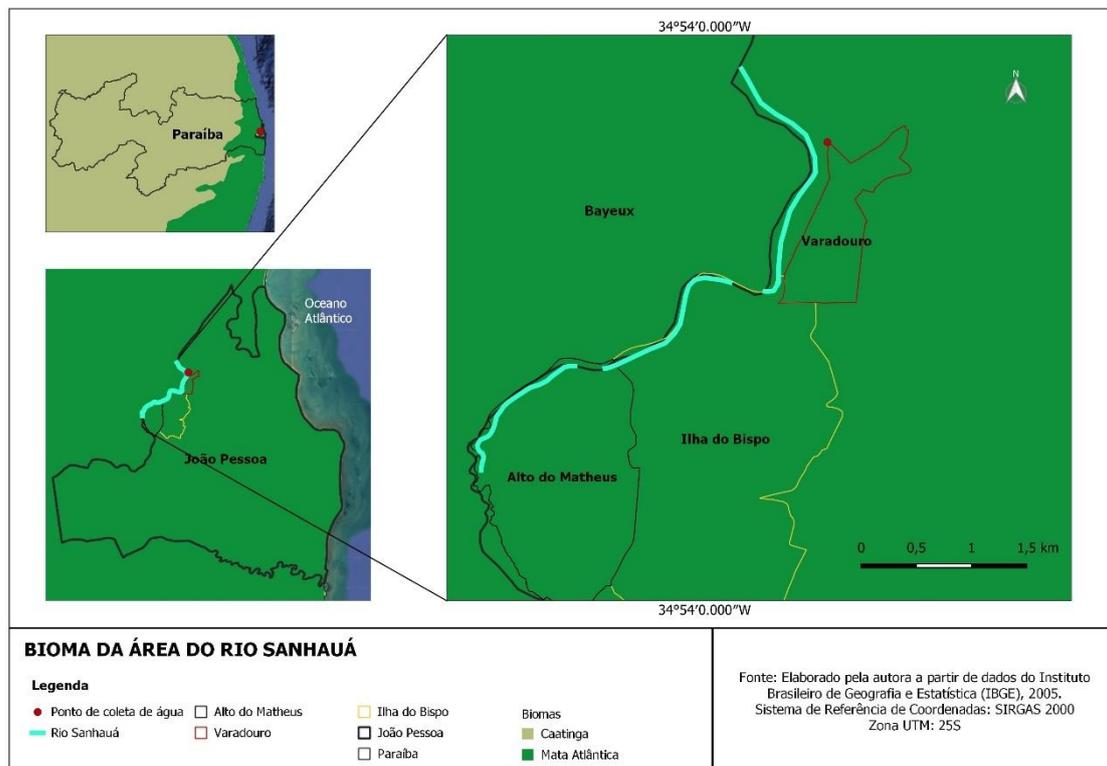
### 5.1. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO SANHAUÁ

A caracterização ambiental da bacia hidrográfica constitui etapa essencial na análise ambiental, pois possibilita compreender as inter-relações entre os fatores naturais e as intervenções antrópicas que influenciam sua dinâmica. De acordo com Ross (2006), a análise integrada do meio físico permite identificar tanto as potencialidades quanto as fragilidades do território, fornecendo subsídios para diagnósticos ambientais mais consistentes. Nesse sentido, a caracterização da bacia do rio Sanhauá contempla a investigação de aspectos como bioma, clima, sistema hidrogeológico, delimitação da bacia e rede hidrográfica, geomorfologia, pedologia, uso e ocupação do solo, atividades potencialmente poluidoras e enquadramento dos corpos hídricos, conforme diretrizes legais. Esses elementos, abordados nos subitens seguintes, foram analisados por meio de indicadores de geoprocessamento e de dados secundários obtidos em órgãos oficiais como IBGE, ANA, EMBRAPA e SUDEMA, bem como em trabalhos acadêmicos que discutem a importância da caracterização ambiental como ferramenta de planejamento e gestão sustentável de bacias hidrográficas (CREPANI et al., 2001; GUERRA; MARÇAL, 2012).

#### 5.1.1. Bioma

O Rio Sanhauá, conforme observado na Figura 7, está inserido no domínio da Mata Atlântica, um dos biomas mais biodiversos e, ao mesmo tempo, mais ameaçados do planeta (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2022).

Figura 7 - Mapeamento do bioma onde está inserido o Rio Sanhauá.



Originalmente, a Mata Atlântica ocupava mais de 1,3 milhão de km<sup>2</sup> ao longo da costa brasileira, abrangendo 17 estados. Atualmente, resta menos de 12,4% de sua cobertura original em fragmentos superiores a 3 hectares, fortemente pressionados pela urbanização, pela expansão agropecuária e pela poluição hídrica (RIBEIRO et al., 2009).

A área do Rio Sanhauá, encontra-se inserida em um ambiente de manguezal, ecossistema associado ao bioma Mata Atlântica e caracterizado pela transição entre ambientes terrestres e marinhos, em áreas estuarinas sujeitas à influência das marés. Os manguezais constituem ambientes altamente produtivos, desempenhando funções ecológicas fundamentais como berçário para espécies aquáticas, proteção contra processos erosivos e armazenamento de carbono em grandes quantidades no solo (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2016).

A presença de manguezais na região do Sanhauá, conforme visualizado na Figura 8, reforça a importância da conservação ambiental, visto que esses ecossistemas são altamente sensíveis à poluição orgânica e industrial, ao lançamento de efluentes domésticos sem tratamento e ao aterro para expansão urbana. Além disso, desempenham papel estratégico para a população local, fornecendo recursos pesqueiros, serviços ecossistêmicos e proteção natural contra inundações e eventos extremos. Portanto, a caracterização do bioma na área estudada evidencia que o Sanhauá está inserido em um contexto de elevada relevância ecológica e vulnerabilidade socioambiental.

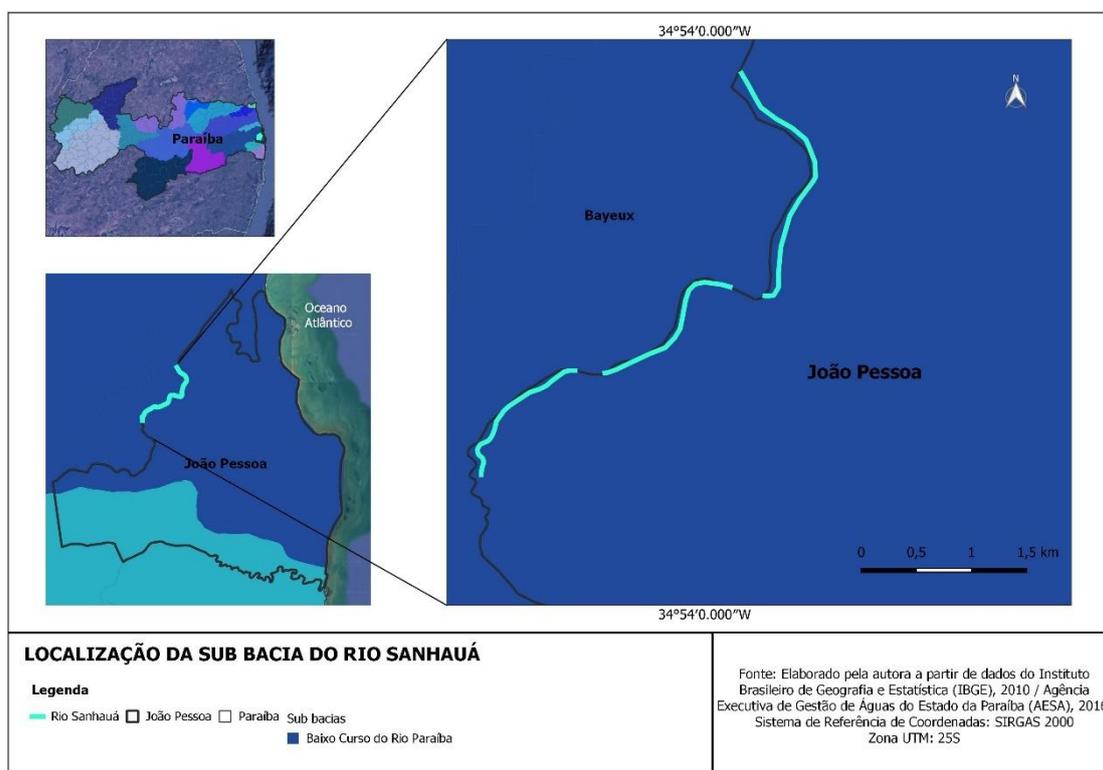
Figura 8 - Imagens da área de mangue do Rio Sanhauá.



#### 5.1.2. Delimitação da bacia e rede hidrográfica

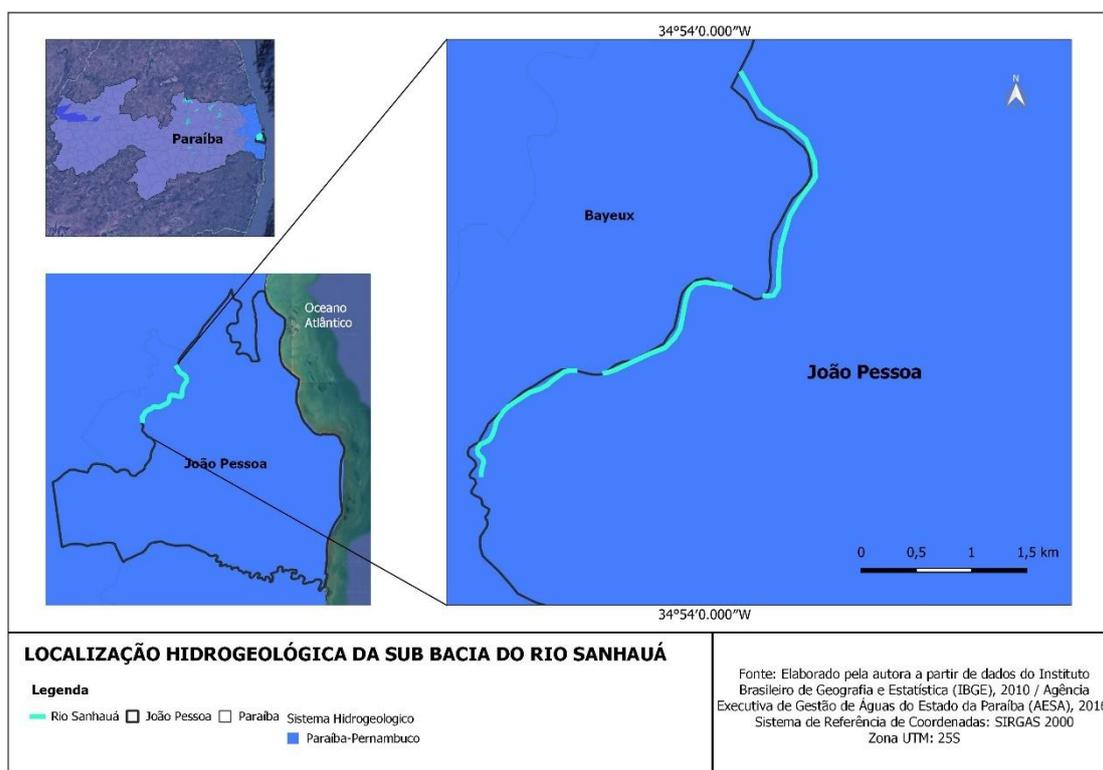
O Rio Sanhauá encontra-se inserido na bacia do baixo curso do Rio Paraíba, conforme apresentado na Figura 9. Essa bacia faz parte do conjunto das bacias litorâneas do Nordeste, caracterizada por regime fluvial fortemente influenciado pela sazonalidade climática e por intensa pressão antrópica, especialmente nas áreas urbanas e periurbanas (ANA, 2021). O baixo curso do Rio Paraíba constitui uma unidade hidrográfica de grande importância socioeconômica para o estado da Paraíba, não apenas pelo abastecimento hídrico, mas também por abrigar ecossistemas costeiros estratégicos, como manguezais e estuários.

Figura 9 - Mapeamento da localização da Sub bacia do Rio Sanhauá.



Além disso, a área do Sanhauá está inserida no sistema hidrogeológico Paraíba-Pernambuco, conforme a Figura 10. Esse sistema compõe um aquífero sedimentar costeiro que se estende entre os estados da Paraíba e de Pernambuco, associado a depósitos arenosos e argilosos de idade terciária e quaternária (BRASIL, 2005). Trata-se de um aquífero de elevada importância estratégica, tanto para o abastecimento urbano quanto para atividades econômicas, embora apresente vulnerabilidade elevada à contaminação, devido à reduzida espessura de camadas confinantes e à proximidade com áreas de uso intensivo (FEITOSA; MANOEL FILHO, 2000).

Figura 10 - Sistema hidrogeológico.



A inserção do Rio Sanhauá nessa bacia hidrográfica e no sistema hidrogeológico citado implica forte relação entre águas superficiais e subterrâneas, em um contexto de pressão crescente pela urbanização e pela ocupação irregular de áreas de preservação permanente. Portanto, compreender a delimitação hidrográfica e hidrogeológica da área de estudo é fundamental para subsidiar ações de gestão integrada, dado que processos de poluição e degradação ambiental no Sanhauá podem afetar tanto os ecossistemas associados quanto os recursos hídricos subterrâneos utilizados para abastecimento humano.

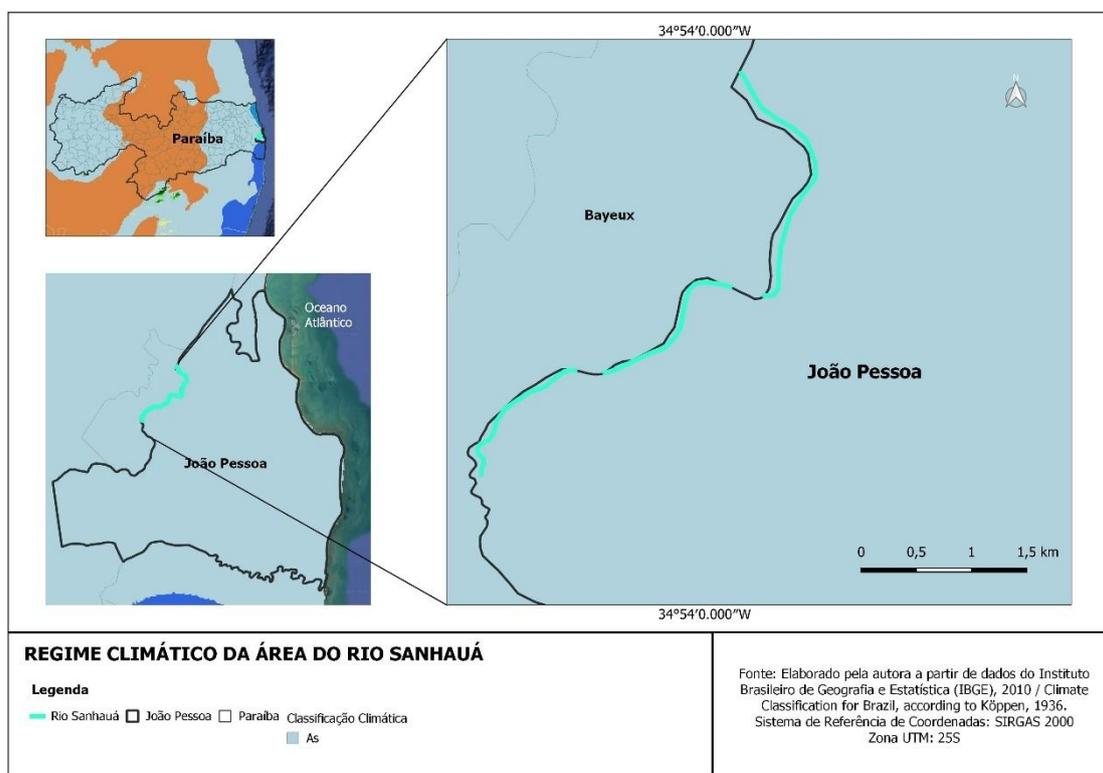
### 5.1.3. Caracterização Climática

O clima constitui um dos fatores estruturantes mais relevantes na dinâmica dos ecossistemas, pois exerce influência direta na organização da paisagem, nos processos geomorfológicos, pedológicos e hidrológicos, além de determinar a composição da vegetação nativa, a sazonalidade dos fluxos hídricos e a distribuição das espécies. De acordo com Christofolletti (1980), o clima atua como um condicionante essencial da morfogênese e pedogênese, sendo determinante para a evolução dos ambientes fluviais e da cobertura vegetal. Nesse sentido, a caracterização climática é uma etapa indispensável para a compreensão dos processos ambientais associados ao Rio Sanhauá, constituindo a base para análises posteriores.

Com base na classificação climática de Köppen (1948), adaptada por Alvares et al. (2013) para o Brasil, a área de estudo conforme a Figura 11, encontra-se majoritariamente inserida na categoria: **As** (clima tropical úmido com estação seca no inverno). De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1986; 1988), esse tipo climático predomina no litoral oriental do Nordeste e caracteriza-se por elevadas temperaturas ao longo de todo o ano

e pela concentração das chuvas nos meses de outono e inverno, diferentemente do padrão de precipitação observado em outras regiões tropicais, onde as chuvas são mais intensas no verão.

Figura 11 - Classificação Climática de João Pessoa de acordo com Classificação de Köppen.



Esse padrão climático exerce influência direta sobre o regime hidrológico dos cursos d'água locais, incluindo o Rio Sanhauá, uma vez que a sazonalidade pluviométrica condiciona a variação das vazões e a disponibilidade hídrica ao longo do ano. Segundo a Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba – AESA (2022), o município de João Pessoa apresenta temperatura média anual variando entre 24 °C e 28 °C, com mínimas médias em torno de 22 °C e máximas que podem alcançar 31 °C. A amplitude térmica anual é relativamente baixa, o que reflete a influência da proximidade com o oceano Atlântico.

No que se refere à precipitação, os dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2023) indicam que a pluviometria média anual na região é de aproximadamente 1.800 a 2.200 mm, concentrando-se principalmente entre os meses de março e agosto, período correspondente à estação chuvosa do litoral paraibano. Esse regime define uma clara sazonalidade na disponibilidade de água superficial, com repercussões na dinâmica ecológica e socioeconômica local.

Além disso, é importante ressaltar que o regime de ventos e a umidade relativa do ar também desempenham papéis relevantes na caracterização climática. De acordo com o Atlas Climático da Paraíba (AESA, 2022), a umidade relativa do ar na região de João Pessoa apresenta valores médios superiores a 70% durante todo o ano, favorecendo a manutenção de ecossistemas úmidos e manguezais, característicos da foz do Rio Sanhauá.

Portanto, o clima da área em estudo pode ser descrito como tropical quente e úmido, com estação seca pouco pronunciada e elevada umidade relativa do ar. Essas características climáticas

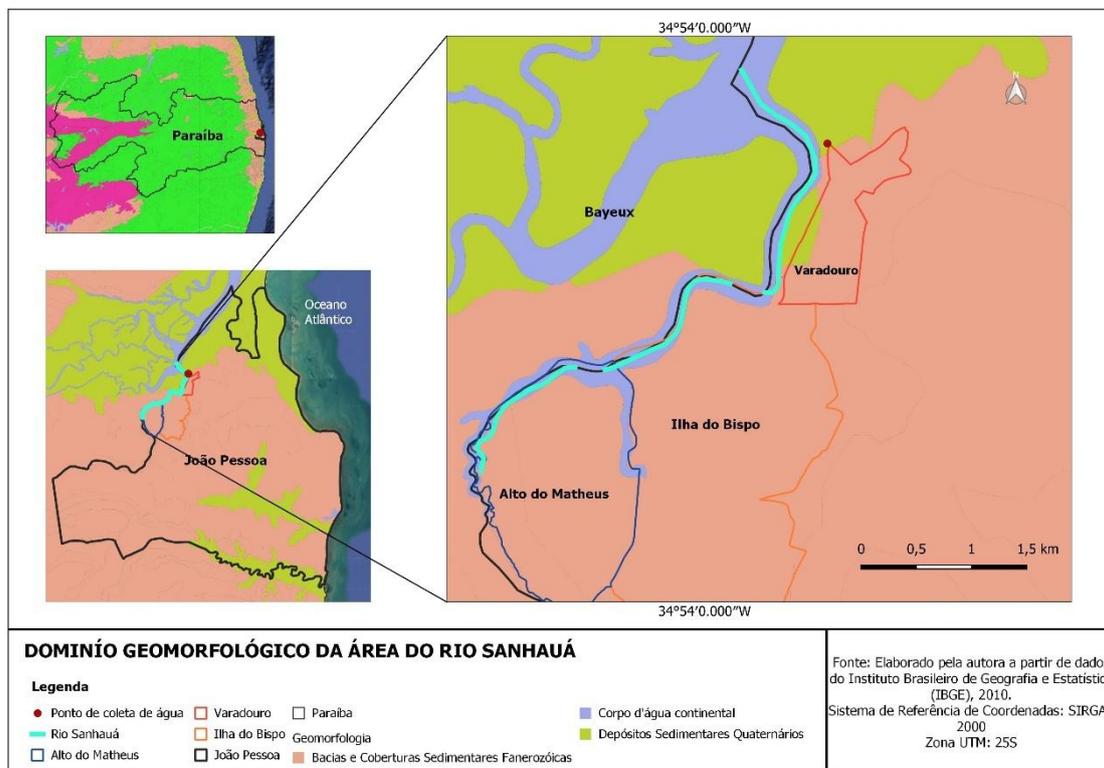
constituem elementos fundamentais para a compreensão das interações ambientais e da dinâmica hidrológica do Rio Sanhauá.

#### 5.1.4. Geomorfologia

A geomorfologia, enquanto campo da geografia física dedicado ao estudo das formas de relevo, de seus processos formadores e de sua evolução ao longo do tempo geológico, constitui variável-chave para interpretar a dinâmica hidrossedimentológica e a vulnerabilidade ambiental de bacias hidrográficas (CHRISTOFOLETTI, 1980; GUERRA; CUNHA, 2017). No escopo desta pesquisa, a caracterização geomorfológica do Rio Sanhauá foi realizada a partir da análise cartográfica e de geoprocessamento, com uso de bases oficiais (IBGE, 2019; ANA, 2021), permitindo relacionar os padrões de relevo aos mecanismos de escoamento, erosão, transporte e deposição de sedimentos, e às pressões antrópicas incidentes na área de estudo.

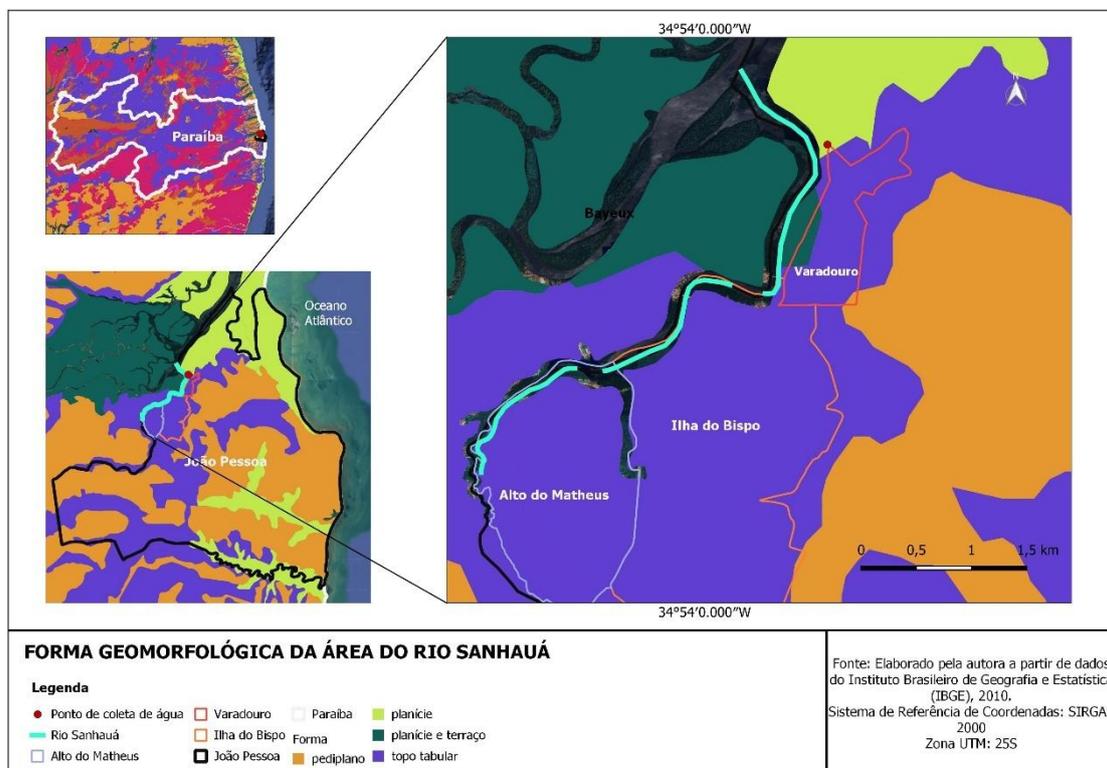
Os domínios geomorfológicos mapeados (Figura 12) revelam a coexistência de bacias e coberturas sedimentares fanerozoicas, corpos d'água continentais e depósitos sedimentares quaternários. Essa configuração reflete um embasamento essencialmente sedimentar, com coberturas inconsolidadas mais jovens ocupando porções topograficamente baixas, sobre as quais o sistema fluvial do Sanhauá organiza sua rede de drenagem. Em termos funcionais, a presença de depósitos quaternários nas áreas mais planas indica zonas preferenciais de acumulação, sensíveis a flutuações de nível d'água, processos de assoreamento e eventos de inundação sazonal, especialmente onde a planície é submetida à impermeabilização urbana e à supressão de vegetação ripária (ROSS, 2000; ANA, 2021).

Figura 12 - Mapeamento dos domínios geomorfológicos.



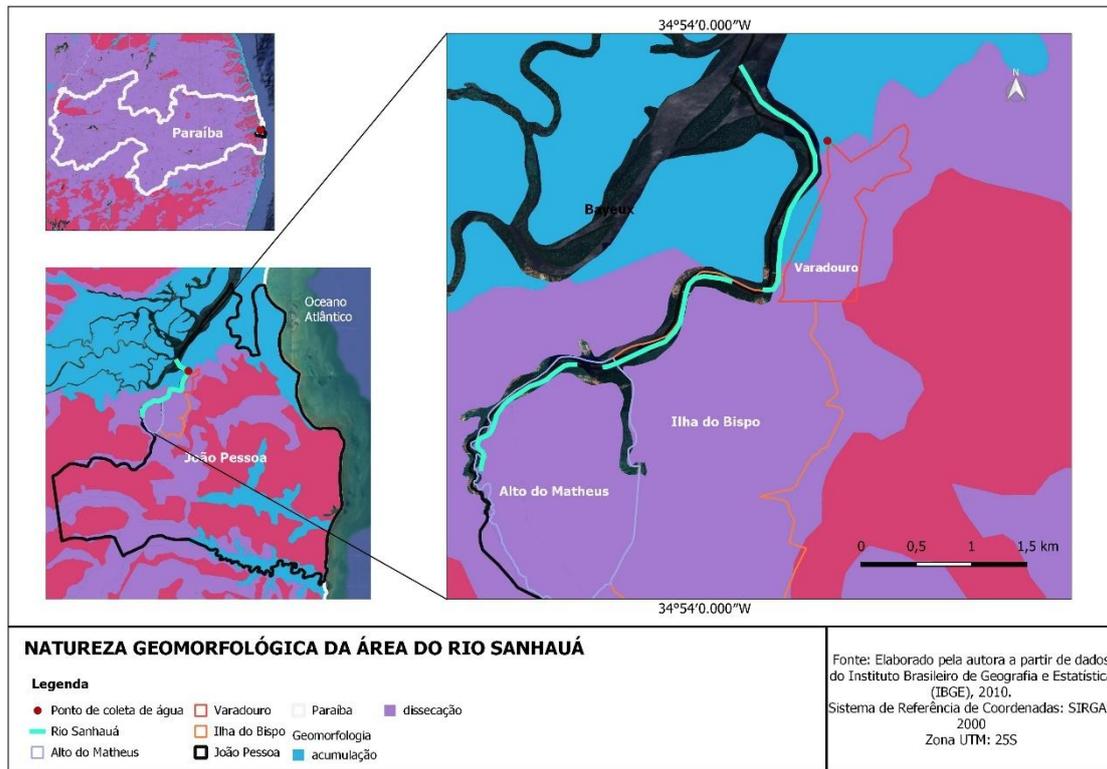
As formas do relevo identificadas (Figura 13) são dominadas por topo tabular, com ocorrência secundária de planícies e terraços fluviais. Os topos tabulares correspondem a superfícies suavemente aplainadas, de baixa declividade e cotas relativamente estáveis, as quais atuam como interflúvios amplos e pouco dissecados, controlando a distribuição espacial das vertentes e a energia potencial do escoamento superficial. Nas margens do canal principal e de tributários, surgem planícies e terraços fluviais de menor expressão areal, porém de alta importância ambiental por reunirem processos de extravasamento, armazenamento temporário de água e deposição fina — elementos estruturantes do equilíbrio morfodinâmico em sistemas meândricos de baixa energia (ROSS, 2000; GUERRA; CUNHA, 2017). Esses compartimentos são também zonas preferenciais para a recarga rasa e amortecimento de cheias; quando ocupados ou adensados por infraestrutura urbana, tendem a perder essa função reguladora, intensificando picos de vazão e a mobilização de sedimentos coesos.

Figura 13 - Formas geomorfológicas da área.



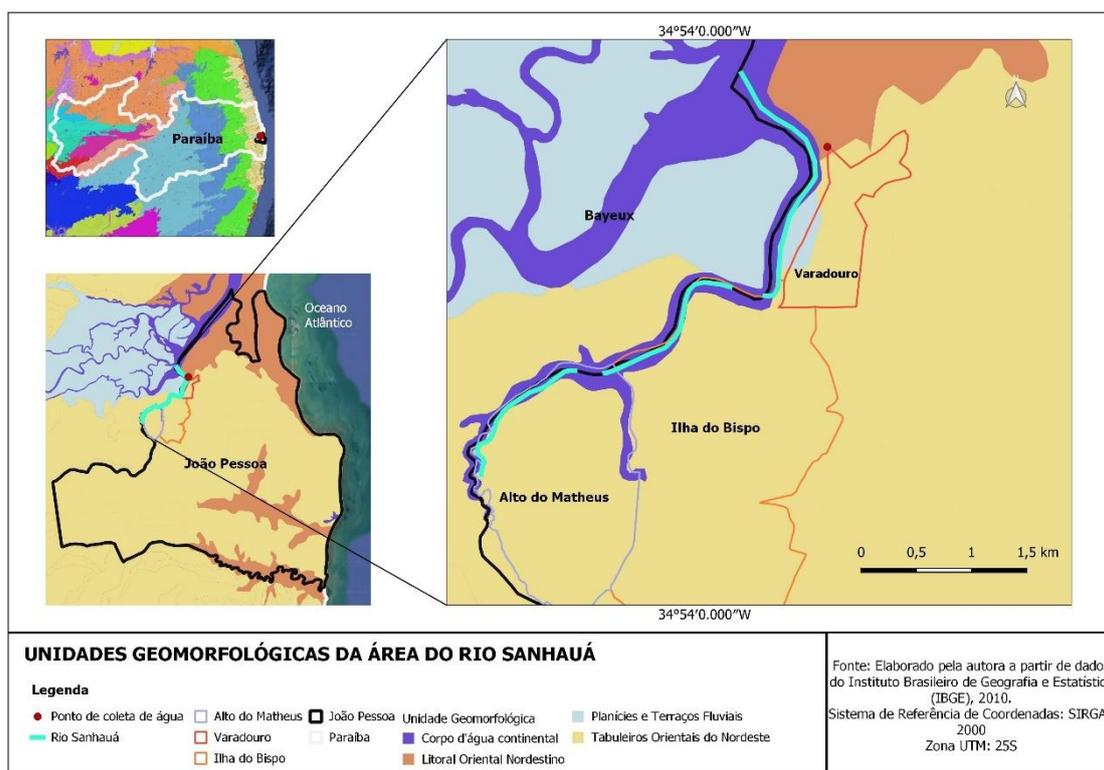
A natureza geomorfológica apresentada na Figura 14 evidencia a predominância de setores de dissecação, com presença minoritária de áreas de acumulação. Os compartimentos de dissecação denotam atuação mais efetiva de processos erosivos lineares e difusos sobre os interflúvios e vertentes, resultando em canais ajustados ao material sedimentar e em talwegues relativamente encaixados. Em contraste, as áreas de acumulação concentram depósitos recentes, sobretudo nas faixas de planície, onde a competência do fluxo diminui e o material fino se deposita, formando barras e níveis de terraço baixo. O balanço entre dissecação e acumulação condiciona o padrão espacial de suscetibilidade: a dissecação está associada à instabilidade de encostas quando há desproteção do solo, ao passo que a acumulação aumenta a propensão a extravasamentos e à migração lateral do canal em cheias (CHRISTOFOLETTI, 1980; GUERRA; CUNHA, 2017).

Figura 14 - Natureza geomorfológicas da área.



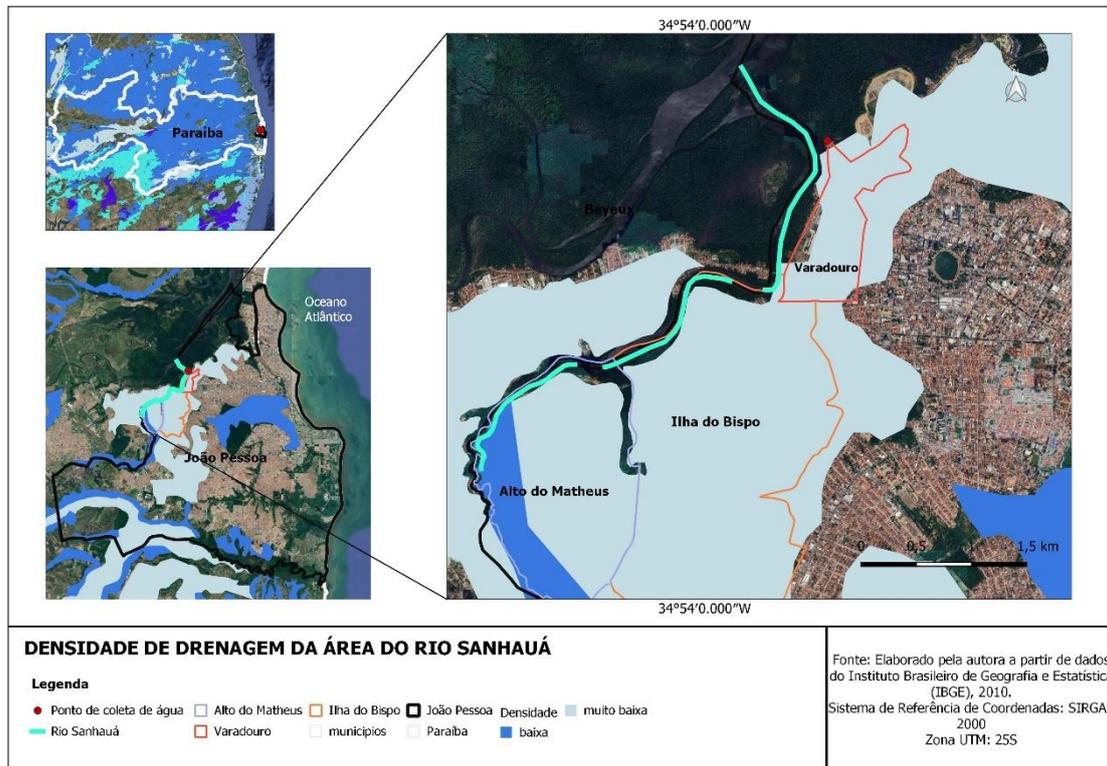
Quanto às unidades geomorfológicas (Figura 15), sobressaem os Tabuleiros Orientais do Nordeste, que constituem a maior fração da área por onde o Sanhauá se desenvolve, e, em porções menores, a associação de planícies e terraços fluviais, além de segmentos do Litoral Oriental Nordestino. Os tabuleiros representam superfícies relativamente antigas e pouco entalhadas, recobertas por pacotes sedimentares terciário–quaternários, conferindo baixa energia de relevo e drenagem espaçada; já as planícies e terraços fluviais constituem superfícies mais jovens, com sedimentos aluviais e coluviais, cuja evolução é controlada por cheias e pulsos de deposição. A presença marginal do Litoral Oriental ressalta a transição entre condicionantes fluviais e influências estuarinas, compondo um gradiente morfodinâmico relevante para a conectividade longitudinal do sistema e para a variabilidade granulométrica dos depósitos (IBGE, 2019; ROSS, 2000).

Figura 15 - Unidades geomorfológicas da área.



A densidade de drenagem obtida para a bacia do Sanhauá (Figura 16) situa-se, majoritariamente, nas classes muito baixa e baixa. À luz da teoria clássica, a densidade de drenagem (Dd) expressa a razão entre o comprimento total dos canais e a área da bacia (HORTON, 1945; STRAHLER, 1957), sendo inversamente relacionada à permeabilidade efetiva do substrato, à cobertura vegetal e à suavidade das vertentes. Valores reduzidos de Dd, como os observados, sugerem rede hidrográfica menos ramificada, condizente com materiais sedimentares relativamente permeáveis, interflúvios amplos e declividades pequenas. Em condições naturais, esse arranjo favoreceria maior infiltração, recarga subsuperficial e menor resposta hidrológica rápida. Entretanto, a urbanização nas faixas de planície e de baixa vertente — com impermeabilização, retificação de canais menores e redução de áreas de armazenamento — pode produzir respostas hidrológicas mais bruscas mesmo em bacias de baixa densidade, elevando picos de cheia e incrementando o transporte de sólidos em suspensão por encurtamento do tempo de concentração (TUCCI, 2008; ANA, 2021).

Figura 16 - Densidade de Drenagem da área.



Em síntese, a organização geomorfológica do Rio Sanhauá, dominada por tabuleiros sedimentares e setores de dissecação, intercalada por planícies e terraços de acumulação, explica, em grande medida, o contraste entre a tendência natural de escoamento difuso e atenuado e a ocorrência de criticidades hidrológicas em trechos urbanizados. A leitura integrada dos domínios, formas, natureza e unidades geomorfológicas, associada à densidade de drenagem, fornece base técnica para interpretar padrões de assoreamento, áreas potencialmente inundáveis e trechos com maior sensibilidade erosiva (CHRISTOFOLETTI, 1980; ROSS, 2000; GUERRA; CUNHA, 2017; ANA, 2021).

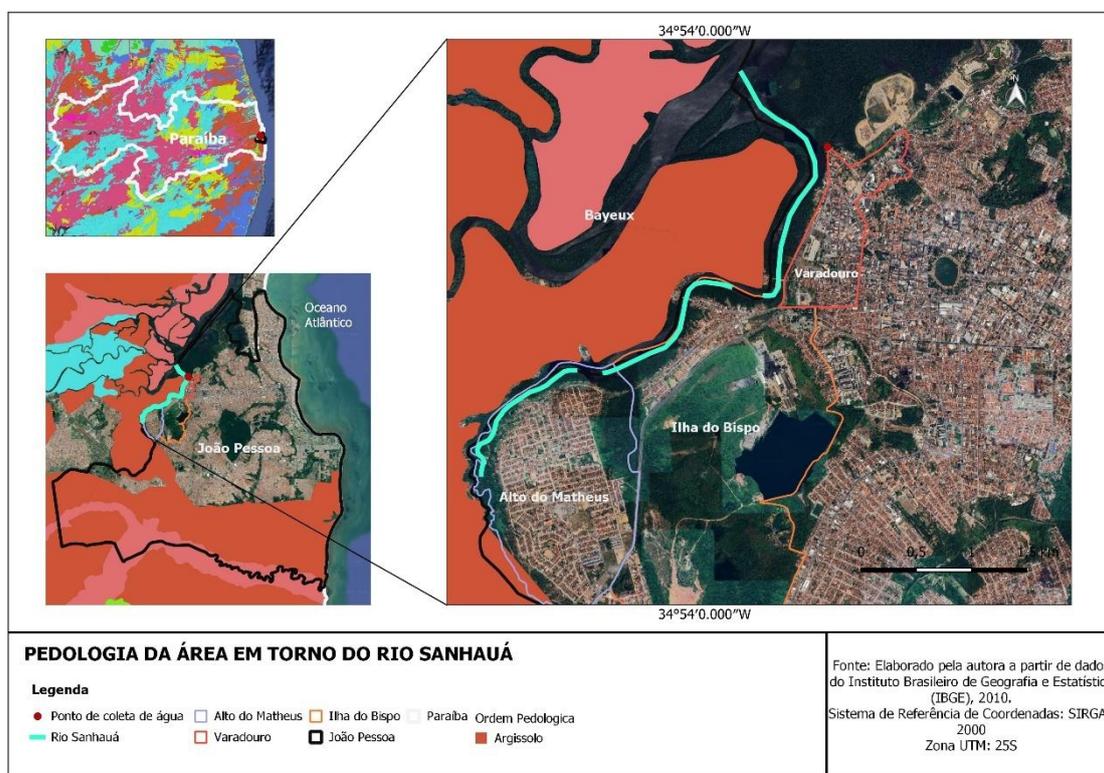
#### 5.1.5. Pedologia

A pedologia é a ciência que estuda a formação, os atributos e a distribuição dos solos, bem como sua interação com os fatores ambientais que determinam sua gênese e evolução. No contexto de bacias hidrográficas urbanas, como a do Rio Sanhauá, a análise pedológica é essencial, uma vez que as propriedades do solo influenciam diretamente os processos de infiltração, escoamento superficial, erosão, assoreamento e, conseqüentemente, a qualidade e quantidade de água disponível (RESENDE et al., 2014; EMBRAPA, 2018).

A ordem pedológica predominante identificada na área entorno da área do Rio Sanhauá corresponde ao Argissolo (Figura 17). Este tipo de solo caracteriza-se pela presença de horizonte subsuperficial argílico, resultante da migração e acumulação de argila ao longo do perfil, fenômeno conhecido como iluviação. Os argissolos são solos de ocorrência ampla no território brasileiro, especialmente em regiões de relevo suave ondulado a ondulado, estando associados a ambientes de clima úmido e substratos sedimentares (SANTOS et al., 2018; EMBRAPA, 2018). No caso do Rio Sanhauá, a predominância de argissolos está intimamente relacionada às

coberturas sedimentares da região e às condições de relevo que favorecem processos de lixiviação e diferenciação textural.

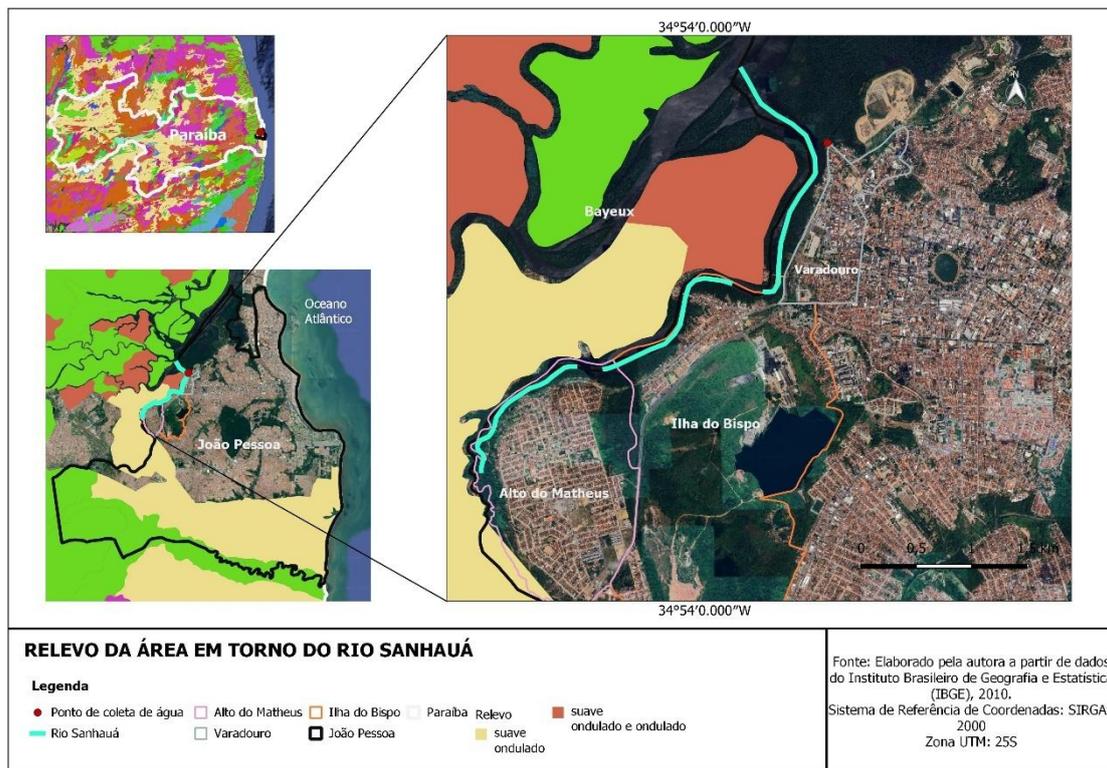
Figura 17 - Ordem pedológica em torno da área.



Esses solos apresentam fertilidade natural de baixa a média, elevada acidez e, em muitos casos, são suscetíveis à erosão quando submetidos a práticas inadequadas de uso e ocupação, sobretudo na ausência de cobertura vegetal protetora (RESENDE et al., 2014). Essa condição é particularmente relevante para o Sanhauá, cuja bacia apresenta trechos densamente urbanizados, onde a impermeabilização do solo potencializa a compactação, reduz a capacidade de infiltração e aumenta a propensão a processos de escoamento superficial e erosão laminar.

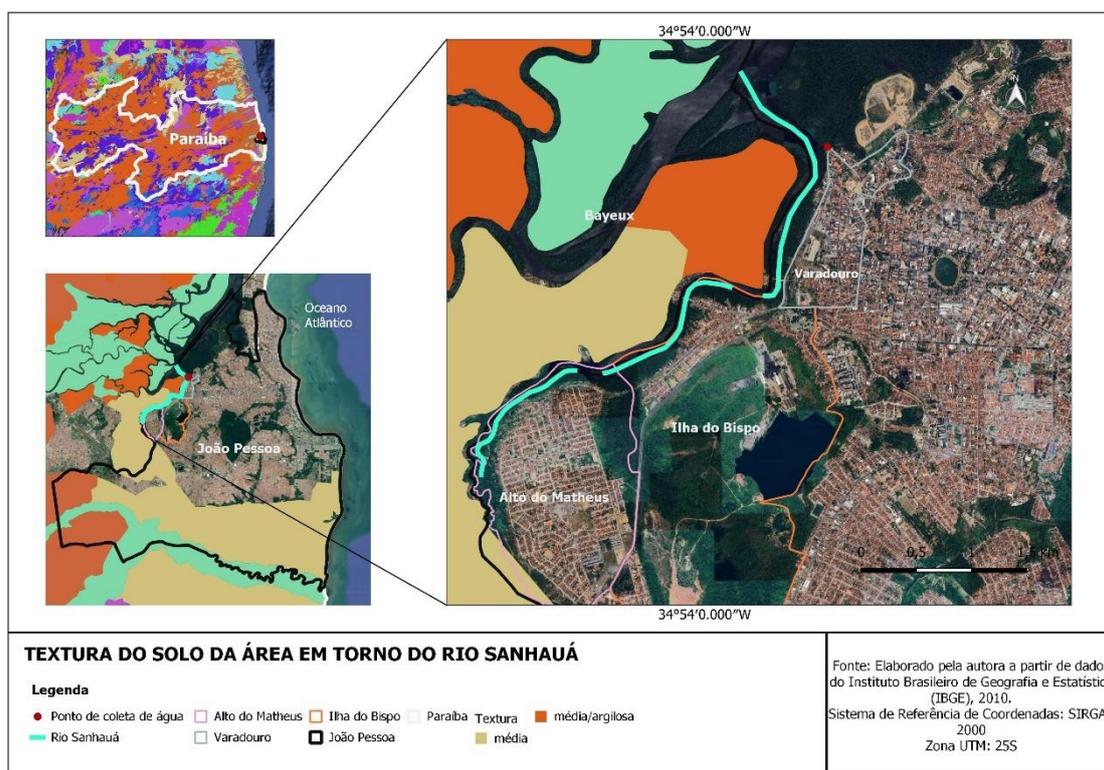
O relevo da área em torno do Rio Sanhauá, conforme observado na Figura 18, é classificado predominantemente como suave ondulado, correspondendo à maior parcela da bacia. Também estão presentes setores classificados como suave ondulado a ondulado, em porções menores. Segundo a classificação proposta pela EMBRAPA (2018), o relevo suave ondulado apresenta declividades de 3 a 8%, enquanto o ondulado apresenta declividades entre 8 e 20%. Essa configuração topográfica é condizente com a predominância de argissolos, pois solos dessa classe tendem a ocorrer em vertentes suaves, onde a dinâmica de redistribuição hídrica e de partículas finas favorece a formação do horizonte argílico. Contudo, essa condição também implica maior vulnerabilidade à erosão hídrica em áreas de declividade acentuada, sobretudo quando há substituição da vegetação nativa por usos antrópicos intensivos, como loteamentos urbanos, estradas e áreas agrícolas sem manejo conservacionista (SANTOS et al., 2018).

Figura 18 - Relevo da área em torno do Rio Sanhauá.



A textura dos solos da bacia do Rio Sanhauá é predominantemente média, com trechos restritos apresentando textura média/argilosa (Figura 19). A textura média é definida pelo equilíbrio relativo entre areia, silte e argila, resultando em solos com boa capacidade de infiltração e retenção hídrica moderada. Nos setores de textura médio/argilosa, a maior proporção de argila confere maior capacidade de retenção de água e nutrientes, mas, ao mesmo tempo, aumenta a susceptibilidade à compactação e à erosão em condições de uso inadequado (RESENDE et al., 2014; EMBRAPA, 2018). Assim, a presença de solos de textura média no entorno do Sanhauá pode ser considerada favorável à infiltração e recarga subsuperficial, desde que a cobertura vegetal ou o manejo da superfície sejam adequados para evitar selamento e escoamento concentrado.

Figura 19 - Textura da área em torno do Rio Sanhauá.



De forma integrada, a análise pedológica evidencia que o entorno do Rio Sanhauá é composto por argissolos de textura predominantemente média, associados a relevo suave ondulado. Essa configuração, em condições naturais, favorece processos de infiltração, armazenamento hídrico no perfil e moderada fertilidade. No entanto, a intensa urbanização ao longo do curso do rio altera substancialmente essas funções, reduzindo a permeabilidade e aumentando a propensão a processos erosivos e de assoreamento. Desse modo, os solos da região, além de condicionarem a dinâmica hidrológica, representam elemento fundamental para compreender a degradação ambiental observada no Sanhauá e, ao mesmo tempo, podem constituir base estratégica para medidas de recuperação da área da bacia.

#### 5.1.6. Pluviometria

A precipitação pluviométrica é o principal insumo do ciclo hidrológico e constitui fator determinante para a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea. Sua variabilidade temporal e espacial condiciona diretamente processos ambientais como erosão, infiltração, recarga aquífera, dinâmica dos ecossistemas aquáticos e conservação da biodiversidade (TUCCI, 2002). A compreensão dessa dinâmica é, portanto, fundamental para subsidiar a análise ambiental da região do Rio Sanhauá.

O município de João Pessoa, onde está inserido o Rio Sanhauá, encontra-se em uma das regiões de maior pluviosidade do estado da Paraíba. De acordo com a Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESPA, 2025), a precipitação média anual situa-se entre 1.800 mm e 2.200 mm, com regime sazonal concentrado nos meses de março a agosto, correspondendo à estação chuvosa do litoral oriental nordestino. Essa sazonalidade é controlada, principalmente,

pela atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), pelas ondas de leste e pela convecção local (MOURA; SHUKLA, 1981; REPELLI; NOBRE, 2004).

A rede de monitoramento pluviométrico de João Pessoa conta com quatro postos, operados pela AESA em parceria com o INMET. Essa rede permite acompanhar a variabilidade espacial da precipitação dentro do município, conferindo maior representatividade às análises hidrológicas.

Quadro 2 - Rede de monitoramento pluviométrico da AESA para João Pessoa (PB).

POSTO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
João Pessoa / CEDRES	-7,2171	-34,9496	69,0
João Pessoa/ DFAARA/INMET	-7,0833	-34,8333	9,0
João Pessoa/ Mangabeira	-7,1972	-34,8131	30,0
João Pessoa/ Mares	-7,1558	-34,9089	35,0

Fonte: Adaptado de AESA (2025).

No período de 1994 a 2023, foram registrados diversos eventos de chuvas extremas, caracterizados por altos valores de precipitação diária. Esses eventos configuram importantes indicadores de risco para alagamentos, enchentes e movimentos de massa em áreas urbanizadas.

Quadro 3 - Precipitação máxima diária absoluta (mm) – 1994 a 2023, para a cidade de João Pessoa (PB).

Posto / Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
João Pessoa / DFAARA-INMET	<b>98,2</b> (24/01/2012)	<b>119,8</b> (20/02/2021)	<b>109,0</b> (05/03/2022)	<b>147,4</b> (16/04/2016)	<b>190,0</b> (30/05/1996)	<b>182,4</b> (14/06/2019)	<b>177,6</b> (07/07/2023)	<b>116,0</b> (09/08/1998)	<b>159,2</b> (04/09/2013)	<b>28,2</b> (05/10/1999)	<b>38,4</b> (14/11/2009)	<b>87,4</b> (29/12/2015)
João Pessoa / Mares	<b>84,4</b> (21/01/2022)	<b>116,4</b> (24/02/2023)	<b>83,0</b> (05/03/1996)	<b>109,4</b> (13/04/2021)	<b>139,0</b> (03/05/2017)	<b>182,6</b> (26/06/2000)	<b>98,9</b> (05/07/2009)	<b>81,0</b> (30/08/2013)	<b>150,0</b> (04/09/2013)	<b>26,5</b> (25/10/2013)	<b>28,0</b> (14/11/2009)	<b>74,2</b> (15/12/2000)
João Pessoa / Mangabeira	<b>104,6</b> (26/01/1998)	<b>149,0</b> (24/02/2023)	<b>98,9</b> (29/03/2018)	<b>103,4</b> (09/04/2008)	<b>201,0</b> (30/05/1996)	<b>150,7</b> (16/06/2008)	<b>134,2</b> (10/07/2002)	<b>138,4</b> (09/08/1998)	<b>189,4</b> (04/09/2013)	<b>19,4</b> (11/10/2021)	<b>21,6</b> (26/11/2000)	<b>76,1</b> (29/12/2015)

Fonte: Adaptado de AESA (2025).

A análise da série histórica evidencia que os maiores registros de precipitação se concentraram nos meses de maio, junho e setembro, com destaque para 201 mm em 30/05/1996 (posto Mangabeira) e 190 mm em 30/05/1996 (posto DFAARA/INMET). Esses episódios de chuvas intensas, ao mesmo tempo em que reforçam a importância do aporte hídrico para a recarga superficial, também aumentam a vulnerabilidade socioambiental de áreas urbanas densamente ocupadas.

Além disso, as chuvas extremas têm forte correlação com fenômenos atmosféricos de maior escala. Moura e Shukla (1981) destacam a influência da posição e intensidade da ZCIT sobre o Nordeste, enquanto Repelli e Nobre (2004) evidenciam o papel das ondas de leste na intensificação das chuvas no litoral da Paraíba.

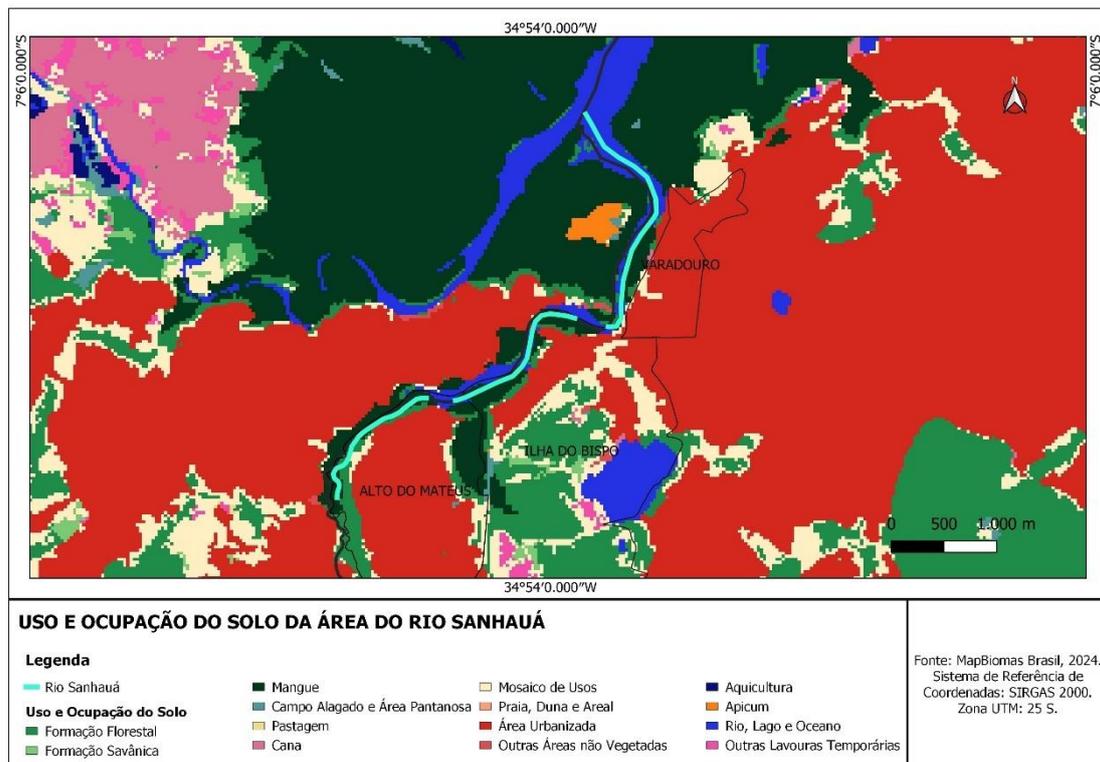
Com base nas séries mensais e anuais, observa-se que o regime pluviométrico da região apresenta concentração de até 80% da precipitação anual no semestre chuvoso (março–agosto), o que impacta diretamente o regime hidrológico do Rio Sanhauá, intensificando as vazões e promovendo maior dinâmica erosiva e transporte de sedimentos nesse período.

#### 5.1.7. Uso e ocupação do solo

O estudo do uso e ocupação do solo constitui um dos instrumentos mais relevantes para a análise ambiental de bacias hidrográficas, uma vez que permite compreender a forma como a sociedade utiliza e transforma o espaço geográfico e as consequências dessa dinâmica sobre os recursos hídricos. De acordo com Jensen (1996), o uso e a cobertura da terra representam categorias distintas, sendo o primeiro relacionado à função socioeconômica exercida sobre o território, enquanto a cobertura refere-se aos atributos biofísicos presentes na superfície. O mapeamento do uso e ocupação do solo tem, portanto, papel fundamental na avaliação de impactos ambientais, especialmente no que se refere à impermeabilização, à alteração do regime hidrológico, ao aporte de sedimentos e nutrientes e à supressão de áreas de vegetação nativa (LAMBIN et al., 2001; ALLAN, 2004).

No caso do Rio Sanhauá, os resultados obtidos por meio do geoprocessamento (Figura 20) evidenciam que aproximadamente 98% da área de estudo encontra-se ocupada por uso urbano, com predominância de edificações residenciais, vias de circulação e áreas destinadas a atividades industriais e comerciais. As classes correspondentes a formações florestais e manguezais aparecem em menor proporção, desempenhando papel residual na configuração espacial da bacia. Além disso, foi identificada a presença de uma área de Apicum, próxima ao leito do rio, a qual desempenha função estratégica na manutenção da biodiversidade local e na proteção das margens ripárias.

Figura 20 - Uso e ocupação do solo.



A elevada taxa de urbanização implica em maior grau de impermeabilização do solo, redução da infiltração e aumento do escoamento superficial, fatores que contribuem para a intensificação de processos erosivos e para o transporte de poluentes em direção ao corpo hídrico. Segundo Paul e Meyer (2001), rios localizados em áreas urbanas estão mais sujeitos ao aporte difuso de contaminantes, tais como óleos, metais pesados e nutrientes, bem como à deterioração da qualidade da água decorrente do lançamento irregular de efluentes. Nesse sentido, as pequenas manchas de mangue, vegetação remanescente e áreas de Apicum configuram zonas prioritárias para a conservação, pois funcionam como barreiras naturais, reduzindo a velocidade do escoamento superficial e promovendo serviços ecossistêmicos fundamentais, como filtragem de nutrientes e abrigo para a fauna (NAIMAN; DÉCAMPS, 1997).

Assim, a caracterização do uso e ocupação do solo no Rio Sanhauá evidencia uma forte pressão antrópica sobre o ambiente, sendo essencial a integração desses resultados às análises de qualidade da água e às discussões sobre gestão territorial.

#### 5.1.8. Atividades potencialmente poluidoras

As atividades potencialmente poluidoras representam vetores significativos de pressão sobre os ecossistemas aquáticos, visto que comprometem a qualidade da água e podem alterar de maneira irreversível a dinâmica socioambiental local. No caso do Rio Sanhauá, a identificação e análise dessas atividades são fundamentais para compreender os fatores de risco associados à degradação ambiental e, conseqüentemente, subsidiar estratégias de monitoramento, prevenção e gestão integrada dos recursos hídricos.

No Brasil, a classificação das atividades potencialmente poluidoras possui respaldo em instrumentos legais de âmbito federal e estadual. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), por meio da Instrução Normativa nº 06/2013, estabelece listagem de atividades sujeitas à Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental (TCFA), considerando o porte do empreendimento e o seu potencial poluidor/degradador como critérios de avaliação. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em resoluções como a nº 001/1986 e a nº 237/1997, reforça parâmetros para avaliação de impactos ambientais e licenciamento de empreendimentos capazes de comprometer os recursos naturais.

Em nível estadual, a Superintendência de Administração do Meio Ambiente da Paraíba (SUDEMA) adota critérios próprios para classificação e monitoramento dos empreendimentos, agrupando-os em três categorias: baixo, médio e alto potencial poluidor (SUDEMA, 2023). Essa categorização é definida a partir de variáveis como tipo de atividade, porte, volume e natureza dos resíduos gerados, risco de contaminação dos recursos hídricos e proximidade de áreas de relevância ambiental.

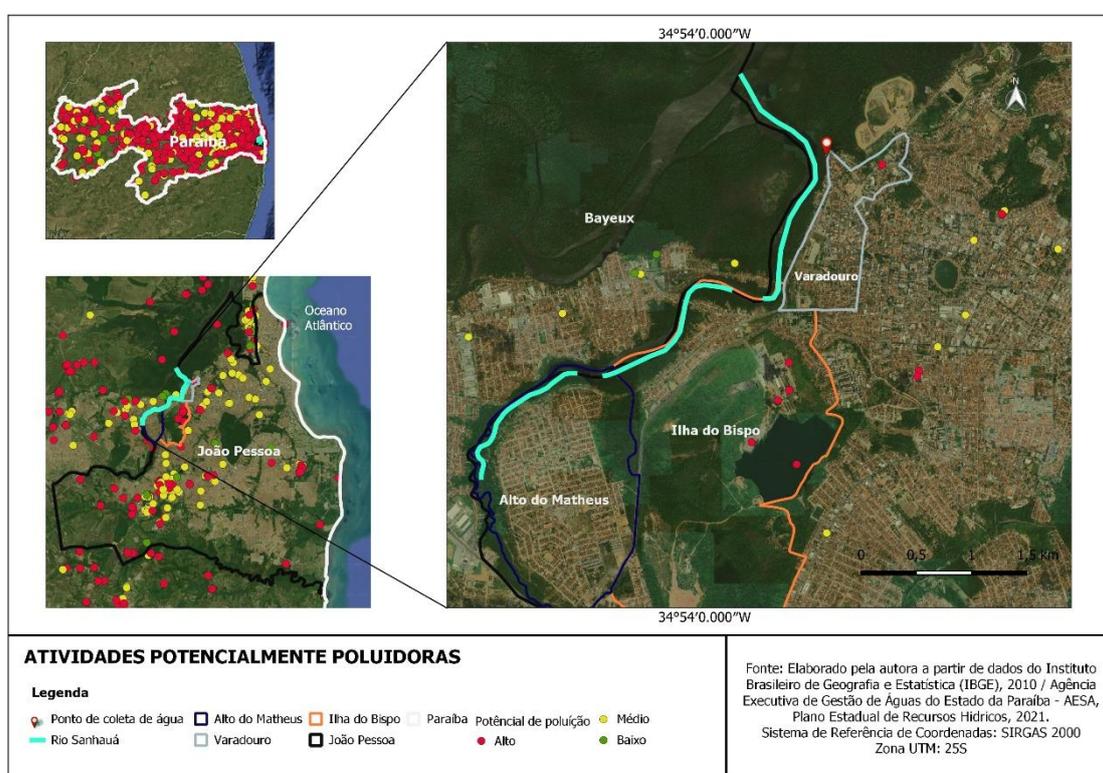
- **Baixo potencial poluidor:** atividades de menor risco, geralmente de pequeno porte, cujos impactos tendem a ser localizados e mitigáveis com medidas simples de gestão ambiental. Exemplos incluem oficinas artesanais e pequenos estabelecimentos de manipulação de alimentos. Todavia, quando inseridas em áreas urbanas adensadas e próximas a corpos hídricos, podem contribuir para a carga de resíduos sólidos e efluentes domésticos sem tratamento.
- **Médio potencial poluidor:** atividades de porte intermediário, que utilizam insumos químicos ou geram efluentes e resíduos com potencial de contaminação de água e solo. Oficinas de beneficiamento de metais e fábricas do setor moveleiro são exemplos típicos.

Na ausência de sistemas adequados de tratamento, representam riscos significativos à qualidade ambiental.

- **Alto potencial poluidor:** atividades industriais e extrativas com elevada capacidade de degradação, em função da produção de efluentes complexos, emissões atmosféricas e rejeitos sólidos de difícil manejo. O beneficiamento de rochas ornamentais (como mármore, granito e ardósia), identificado nas proximidades do Rio Sanhauá, integra essa categoria. Nessas atividades, a geração de lama abrasiva e partículas em suspensão pode ser diretamente carregadas ao rio, com efeitos severos para a qualidade da água e para a biota aquática.

Conforme ilustrado na Figura 21, a área de influência do Rio Sanhauá é marcada pela predominância de empreendimentos classificados entre médio e alto potencial poluidor, o que configura uma situação de elevado risco ambiental.

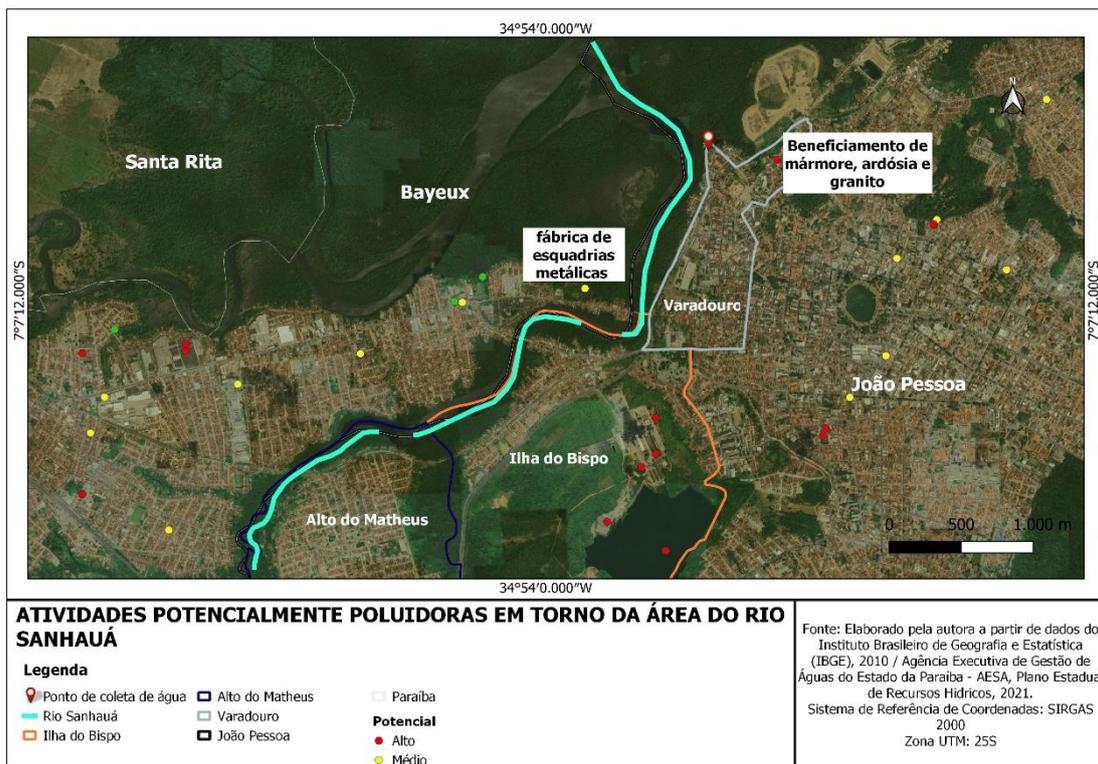
Figura 21 - Atividades potencialmente poluidoras na área de influência do Rio Sanhauá.



Tal constatação é reforçada pelo mapeamento apresentado na Figura 22, que evidencia a presença de empreendimentos distintos, entre eles:

- um estabelecimento de beneficiamento de mármore, ardósia e granito localizado em João Pessoa, próximo ao ponto de coleta para análise do Índice de Qualidade da Água (IQA);
- uma fábrica de esquadrias metálicas em Bayeux, classificada como de médio potencial poluidor.

Figura 22 - Empreendimentos cadastrados como potencialmente poluidores nas proximidades do Rio Sanhauá.



A localização dessas atividades industriais em áreas limítrofes ao curso d'água acentua o risco de contaminação, sobretudo pelo lançamento de efluentes líquidos, resíduos sólidos e partículas em suspensão, muitas vezes sem tratamento adequado. Essa proximidade reflete um cenário crítico de vulnerabilidade ambiental e sanitária, onde usos industriais e residenciais coexistem de forma desordenada, sobrecarregando os serviços ecossistêmicos do rio.

Estudos clássicos sobre degradação de rios urbanos corroboram essa preocupação. Carpenter et al. (1998) demonstram que as fontes pontuais e difusas provenientes de áreas industriais e urbanizadas são responsáveis pelo aporte expressivo de nutrientes, metais pesados e poluentes orgânicos, intensificando processos de eutrofização, perda de biodiversidade e riscos à saúde humana. Davies e Zhang (1997) complementam que a ausência de fiscalização eficaz e de infraestrutura adequada para o tratamento de efluentes agrava substancialmente os impactos, especialmente em regiões densamente povoadas e industrializadas.

No contexto do Rio Sanhauá, esse cenário se torna ainda mais alarmante, visto que as pressões antrópicas não apenas comprometem a qualidade da água, mas também colocam em risco o equilíbrio ecológico da bacia hidrográfica, a segurança hídrica e a saúde das populações ribeirinhas.

#### 5.1.9. Enquadramento dos corpos hídricos conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005

O enquadramento dos corpos hídricos consiste na classificação legal das águas superficiais em classes de qualidade, segundo os usos preponderantes e os padrões ambientais a serem alcançados e mantidos. Este instrumento, previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997), busca compatibilizar a qualidade da água com os usos múltiplos do recurso,

estabelecendo metas de qualidade ambiental que orientam a gestão e o monitoramento dos rios brasileiros (BRASIL, 1997).

A regulamentação nacional é estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e estabelece condições, padrões e diretrizes para o seu enquadramento (CONAMA, 2005). A norma organiza os corpos hídricos em quatro classes principais de uso para águas doces:

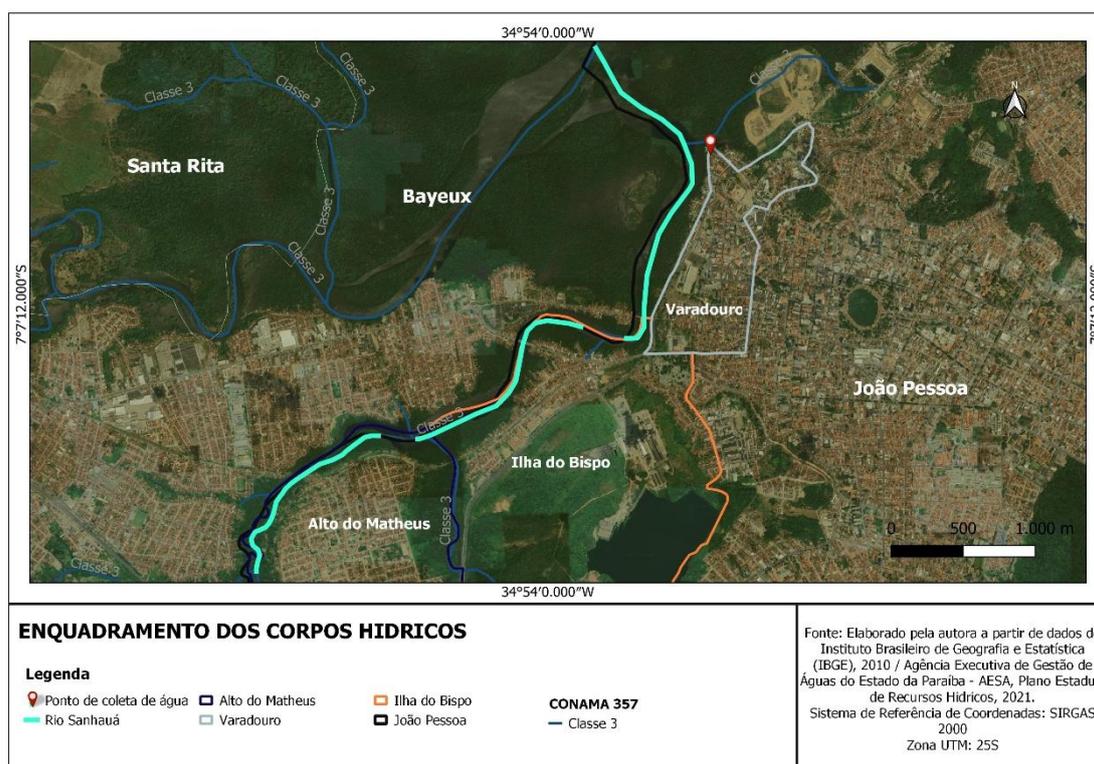
Quadro 4 - regulamentação nacional é estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005	
CLASSES	DESCRIÇÃO
Classe Especial	Destinada ao abastecimento humano com desinfecção simples, preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e proteção das unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	Admite o abastecimento humano após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário (natação, mergulho, esqui aquático); irrigação de hortaliças e plantas frutíferas consumidas cruas; além da proteção de espécies aquáticas mais sensíveis.
Classe 2	Permite o abastecimento humano após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário; irrigação de hortaliças e pomares; além da aquicultura e pesca.
Classe 3	Admite o abastecimento humano apenas após tratamento convencional ou avançado; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; pesca amadora; recreação de contato secundário (atividades com menor risco de ingestão de água); e preservação da biota aquática menos exigente quanto à qualidade da água.
Classe 4	Destinada apenas à navegação e harmonia paisagística, não sendo indicada para abastecimento humano, irrigação ou recreação.

Fonte: Adaptado da CONAMA nº 357/2005.

No caso do Rio Sanhauá, conforme estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (Figura 23), o corpo hídrico foi enquadrado na Classe 3. Essa classificação, embora permita determinados usos, evidencia restrições importantes. A qualidade da água não atende a padrões mais restritivos exigidos para usos nobres, como abastecimento direto com tratamento simplificado ou atividades de recreação de contato primário.

Figura 23 - Enquadramento do Rio Sanhauá, conforme Resolução CONAMA nº 357/2005.



A Classe 3, ao impor padrões físico-químicos e microbiológicos menos rigorosos que os das Classes 1 e 2, reflete um nível de proteção ambiental mais limitado. Essa condição está associada às pressões antrópicas identificadas na bacia, como o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento, despejo de efluentes industriais e descarte inadequado de resíduos sólidos, fatores que comprometem a qualidade do rio e reduzem a diversidade biológica aquática.

O enquadramento do Rio Sanhauá, portanto, não deve ser interpretado apenas como uma condição atual, mas também como um instrumento de gestão ambiental. Ele sinaliza a necessidade de políticas públicas voltadas ao saneamento básico, à fiscalização de atividades potencialmente poluidoras e à recuperação das áreas de preservação permanente. Somente com tais medidas será possível alcançar melhoria na qualidade da água e, futuramente, viabilizar sua reclassificação para categorias superiores.

Como ressaltam Tucci e Mendes (2006), rios urbanos enquadrados em classes inferiores refletem diretamente a intensidade das pressões antrópicas, especialmente a ocupação desordenada e a ausência de infraestrutura de saneamento. Nesse sentido, a análise do enquadramento do Rio Sanhauá deve ser interpretada de forma integrada aos resultados obtidos nas análises de qualidade da água realizadas neste estudo, permitindo identificar os parâmetros críticos que ultrapassam os limites legais e orientar medidas corretivas.

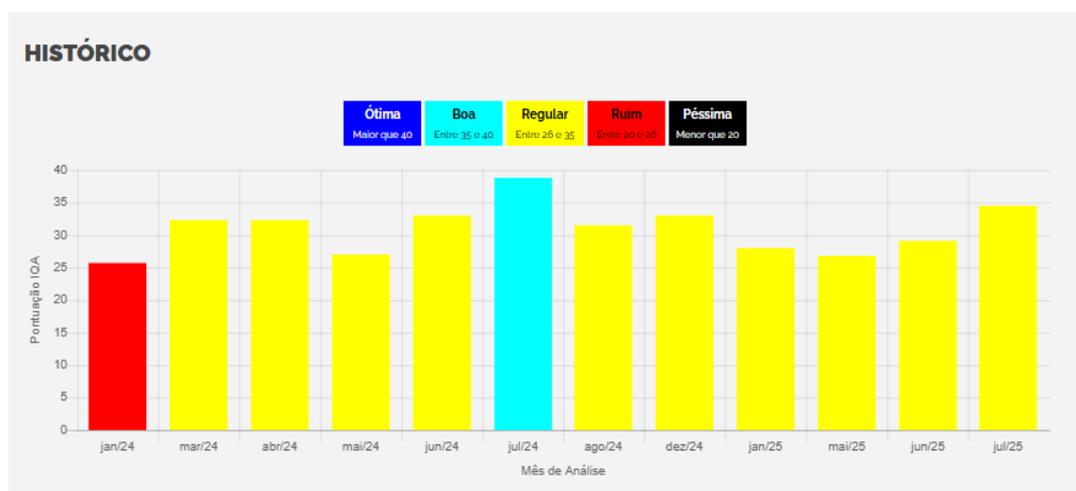
Dessa forma, a classificação do Rio Sanhauá como Classe 3 representa não apenas a realidade ambiental atual, mas também um alerta para a urgência de ações de recuperação e de gestão integrada dos recursos hídricos. O sucesso desse processo dependerá da articulação entre políticas de saneamento, conservação do solo e fiscalização ambiental, promovendo a melhoria contínua da qualidade da água e garantindo a sustentabilidade dos ecossistemas associados.

### 5.1.10. Análise dos índices de qualidade da água do Rio Sanhauá

A análise da qualidade da água constitui instrumento essencial para compreender a dinâmica ambiental dos ecossistemas aquáticos urbanos, especialmente em áreas submetidas a pressões antrópicas intensas, como ocorre na região metropolitana de João Pessoa. Neste trabalho, foram utilizados dados do grupo de monitoramento voluntário *Sanhauá em Águas Limpas*, vinculado ao programa Observando os Rios, da Fundação SOS Mata Atlântica, que avalia variáveis físico-químicas e biológicas integradas no Índice de Qualidade da Água (IQA), categorizado em cinco classes: ótimo, bom, regular, ruim e péssimo.

O monitoramento realizado entre julho de 2024 e junho de 2025 revelou oscilações relevantes no IQA do Rio Sanhauá (Gráfico 1). Em julho de 2024, o índice foi de 38,8, classificado como “bom”, resultado possivelmente relacionado ao término do período chuvoso e à consequente diluição temporária de poluentes. Entretanto, nos meses seguintes, o IQA apresentou queda, com valores enquadrados na categoria “regular” — 33 em dezembro de 2024, 28 em janeiro de 2025, 26,8 em maio de 2025 e 29,1 em junho de 2025. Esses resultados evidenciam uma condição intermediária de qualidade, marcada por períodos de maior pressão de efluentes urbanos, em especial nos meses chuvosos, quando há aumento do carreamento de contaminantes para o corpo hídrico.

Gráfico 1 - Histórico do Índice de Qualidade da Água (IQA) no Rio Sanhauá entre julho/2024 e junho/2025.



Fonte: Projeto Observando os Rios – SOS Mata Atlântica (2024a; 2024b; 2025a; 2025b).

A classificação majoritária como “regular” no período analisado deve ser interpretada em conjunto com o enquadramento do Rio Sanhauá como Classe 3, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005. Nessa classe, são admitidos usos como abastecimento público apenas após tratamento convencional ou avançado, irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, pesca amadora, recreação de contato secundário e preservação de biota aquática menos sensível (CONAMA, 2005). Essa condição normativa reflete a limitação do rio em atender a usos mais nobres, como recreação de contato primário, reforçando o quadro de vulnerabilidade ambiental.

A análise dos resultados sugere, ainda, que a qualidade do Sanhauá pode estar sendo agravada por empreendimentos próximos à área monitorada, como o estabelecimento de beneficiamento de mármore, ardósia e granito em João Pessoa, classificado como de alto potencial poluidor, e uma fábrica de esquadrias metálicas em Bayeux, classificada como de médio potencial poluidor (IBAMA, 2023). Esses usos do solo, associados ao lançamento de efluentes domésticos e à

ausência de infraestrutura de saneamento adequado, corroboram a persistência de resultados regulares ao longo do período.

Portanto, a predominância do enquadramento “regular” no IQA, somada à classificação legal do Rio Sanhauá como Classe 3, evidencia um cenário crítico. Embora o corpo hídrico ainda mantenha resiliência suficiente para evitar colapsos mais severos (como a degradação para “ruim” ou “péssimo”), encontra-se sob risco contínuo de deterioração. Isso reforça a necessidade de ações integradas de gestão ambiental, abrangendo a ampliação da cobertura de saneamento básico, o monitoramento e fiscalização de atividades industriais de médio e alto potencial poluidor, e a recuperação das áreas de preservação permanente. Somente a partir da implementação dessas medidas será possível viabilizar a melhoria contínua da qualidade da água e a eventual reclassificação do Rio Sanhauá para classes superiores, compatíveis com usos mais restritivos e com maior proteção aos ecossistemas aquáticos.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise socioambiental e espacial do Rio Sanhauá, realizada a partir da integração de indicadores ambientais e do uso de ferramentas de geoprocessamento, possibilitou a elaboração de um diagnóstico abrangente e fundamentado cientificamente sobre as condições atuais desse curso d'água urbano da cidade de João Pessoa. Os resultados evidenciaram a complexidade da dinâmica socioambiental do Sanhauá e revelaram, de forma integrada, tanto os fatores responsáveis por sua degradação quanto os elementos que ainda sustentaram sua resiliência ecológica.

Do ponto de vista físico-natural, a caracterização climática, geomorfológica e pedológica demonstrou que a área de estudo apresentou condições favoráveis à manutenção da qualidade hídrica e à estabilidade ecossistêmica em situação de equilíbrio. Entretanto, a associação dessas condições ao uso inadequado do solo urbano intensificou processos erosivos, impermeabilização e assoreamento, evidenciando a influência direta das pressões antrópicas sobre a dinâmica fluvial. O mapeamento do uso e ocupação do solo confirmou o avanço da urbanização em detrimento da cobertura vegetal, enquanto a análise das atividades potencialmente poluidoras identificou forte presença de empreendimentos de médio e alto impacto, o que justificou, em grande medida, os resultados obtidos para a qualidade da água.

Nesse contexto, o enquadramento do Rio Sanhauá na Classe 3, de acordo com a Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), sintetizou a condição de vulnerabilidade ambiental observada. Embora os dados de monitoramento não tenham atingido níveis críticos, a predominância de índices classificados como regulares confirmou que o rio encontrava-se em um estado intermediário de degradação: ainda havia potencial de recuperação, mas a continuidade do modelo de ocupação vigente ameaçava esse equilíbrio. Essa situação refletiu o paradoxo dos rios urbanos brasileiros: espaços historicamente relevantes e ambientalmente estratégicos, mas submetidos a pressões derivadas da urbanização desordenada, do déficit de saneamento e da fragilidade das políticas públicas.

Os resultados demonstraram, de forma correlacionada, que o uso integrado de geotecnologias, indicadores ambientais e monitoramento participativo configurou uma ferramenta estratégica para subsidiar a gestão adaptativa da bacia hidrográfica. A análise conjunta dos fatores climáticos, geomorfológicos, pedológicos, antrópicos e de qualidade hídrica permitiu compreender que a recuperação do Sanhauá dependerá da ampliação do saneamento básico, da recomposição da

vegetação ripária, da fiscalização efetiva e da implementação de programas comunitários de conservação e educação ambiental.

Destacou-se, ainda, a relevância da democratização do conhecimento proporcionada por este estudo. A sistematização de dados ambientais e espaciais possibilitou a construção de uma base de informações acessível e útil não apenas ao meio acadêmico, mas também a gestores públicos e à sociedade em geral. Nesse sentido, a pesquisa evidenciou que a qualidade da água do Rio Sanhauá não pode ser atribuída unicamente às práticas da comunidade ribeirinha, mas decorreu, sobretudo, de decisões institucionais e da ausência de uma gestão ambiental efetiva. A concessão de licenças ambientais por parte da Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA) a empreendimentos de médio e alto potencial poluidor, como o estabelecimento de beneficiamento de mármore, ardósia e granito em João Pessoa, localizado próximo ao ponto de coleta do Índice de Qualidade da Água (IQA), e a fábrica de esquadrias metálicas em Bayeux, constituiu um exemplo concreto da fragilidade do processo de licenciamento e fiscalização. Ao trazer esses elementos à discussão, o presente trabalho contribuiu para democratizar o acesso ao conhecimento científico e ampliar a compreensão coletiva sobre os fatores que determinaram a vulnerabilidade ambiental do Sanhauá.

Concluiu-se, portanto, que, apesar das pressões ambientais e urbanas, o Rio Sanhauá manteve potencial de recuperação, desde que houvesse integração entre poder público, sociedade civil e comunidade científica. O monitoramento participativo e o uso de geotecnologias mostraram-se fundamentais para a compreensão da realidade socioambiental local e configuraram um modelo aplicável a outros contextos urbanos. Este trabalho, assim, contribuiu não apenas para o avanço acadêmico, mas também para a formulação de estratégias de gestão ambiental que reconheçam o Sanhauá como patrimônio natural e cultural, cuja preservação é essencial às presentes e futuras gerações.

## **7. REFERÊNCIAS**

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba. Informações básicas e Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH). Resolução CERH nº 037/2022, atualização PERH 2022–2042. AESA, 2022.

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba. Atlas Climático da Paraíba. João Pessoa: AESA, 2022.

AESA. Comitês de Bacias Hidrográficas na Paraíba: CBH-PB, CBH-LS, CBH-LN, CBH-PPA. AESA, 2020.

AESA; ALEPB. AESA apresenta relatório anual de recursos hídricos durante sessão na ALPB. Assembleia Legislativa da Paraíba, dez. 2023.

AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. Estudos hidrogeológicos – Região Metropolitana de João Pessoa. João Pessoa: AESA, 2025.

Disponível em:  
[https://www.aesa.pb.gov.br/assets/uploads/2025/05/SEIRHMA\\_PARAIBA\\_EHIDG\\_IgneoPerfil\\_Produto07\\_REV03.pdf](https://www.aesa.pb.gov.br/assets/uploads/2025/05/SEIRHMA_PARAIBA_EHIDG_IgneoPerfil_Produto07_REV03.pdf). Acesso em: 1 set. 2025.

AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. ATLAS PLUVIOMÉTRICO DA PARAÍBA 1994 - 2023 / Elaboração e organização Carmem Terezinha Becker, Maria Marle Bandeira. - João Pessoa, PB: Moura Ramos, 2025.

AUTOR DESCONHECIDO. *Mofo* [imagem]. Pinterest, [s.d.]. Disponível em: <https://br.pinterest.com/pin/97249673183745810/>. Acesso em: 01 out. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Atlas Águas: segurança hídrica do abastecimento urbano*. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/d77a2d01-0578-4c71-a57e-87f5c565aacf>. Acesso em: 10 ago. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH: Qualidade da água. Brasília: ANA, 2024. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/snirh-1/aceso-tematico/qualidade-da-agua>. Acesso em: 1 set. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Qualidade da água. Portal Qualidade da Água. Disponível em: <https://qualidadedaagua.ana.gov.br/>. Acesso em: 10 ago. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas. Brasília: ANA, 2021.

ALLAN, J. D. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 35, n. 1, p. 257-284, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.120202.110122>

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica: unidade de planejamento e gestão. *Revista de Geografia*, v. 29, n. 2, p. 39-50, 2012.

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, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 09 jan. 1997.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União, Brasília, 18 mar. 2005. Disponível em: [https://conama.mma.gov.br/?id=450&option=com\\_sisconama&task=arquivo.download](https://conama.mma.gov.br/?id=450&option=com_sisconama&task=arquivo.download). Acesso em: 1 set. 2025.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, 2 set. 1981.

BRASIL – Estado da Paraíba. Lei nº 6.308, de 2 de julho de 1996. Política Estadual de Recursos Hídricos. Diário Oficial do Estado da Paraíba, 1996.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, 8 jan. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa – PLANAVEG*. Brasília: MMA, 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Indicadores de sustentabilidade ambiental*. Brasília: MMA, 2018.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Mapa de Águas Subterrâneas do Brasil*. Brasília: CPRM/Serviço Geológico do Brasil, 2005.

BRASIL – Estado da Paraíba. Leis e Decretos: outorga, FERH, comitês, estrutura do sistema hídrico estadual. Governo da Paraíba, 1997.

CARPENTER, S. R.; CARACO, N. F.; CORRELL, D. L.; HOWARTH, R. W.; SHARPLEY, A. N.; SMITH, V. H. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, v. 8, n. 3, p. 559-568, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)008\[0559:NPOSWW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1998)008[0559:NPOSWW]2.0.CO;2)

CAGEPA. Companhia de Água e Esgotos da Paraíba: Uma breve definição, 2025. Disponível em: <https://www.cagepa.pb.gov.br/institucional/apresentacao/>. Acesso: 11 de ago. 2025.

CEMADEN – CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. *Mapeamento de áreas de risco a desastres naturais no Brasil*. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2010.

CREPANI, Edison; MEDEIROS, José Simões de; AZEVEDO, Luiz Gustavo de; DUARTE, Valdenir; HERNANDEZ FILHO, Pedro; FLORENZANO, Teresa Gallotti; ASSAD, Eduardo Delgado. *Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial*. São José dos Campos: INPE, 2001.

COSTA, M. D. Qualidade da água do estuário do rio Sanhauá na Paraíba e conflitos de usos existentes na área de influência do antigo Lixão do Roger. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) — Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/5453>. Acesso em: 10 ago. 2025.

COSTA, M. B. *Manguezais de João Pessoa: uso e ocupação das planícies flúvio-marinhas*. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, 2009.

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

CHRISTOFOLETTI, Antonio. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

DAVIES, B. R.; ZHANG, Y. Changes in the river ecosystem in the urban environment. *Water Science and Technology*, v. 36, n. 8-9, p. 201–207, 1997. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.1997.0727>

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. *Rodovias federais: relatórios e mapas de tráfego*. Brasília: DNIT, 2023.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. Clima. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>>. Acesso em: 30 out. 2023.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba*. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS/SUDENE-DRN, 1986.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Fortaleza: CPRM, 2000.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2020–2021*. São Paulo, 2022.

GUERRA, Antônio José Teixeira; MARÇAL, Mônica dos Santos. *Geomorfologia Ambiental*. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2017.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, v. 56, p. 275–370, 1945.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. João Pessoa (PB): panorama e informações territoriais. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/joao-pessoa>. Acesso em: 1 set. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Demográfico 2010: resultados gerais da amostra*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Base cartográfica contínua do Brasil ao milionésimo: 2017*. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades e estados: João Pessoa – PB*. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 2 set. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Estimativas da população residente para os municípios brasileiros: 2022*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Indicadores sociais municipais: João Pessoa – PB, mortalidade infantil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Sistema de Informações sobre Mortalidade e Internações – SUS: João Pessoa – PB*. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Infraestrutura de transportes no Brasil: evolução e desafios*. Brasília: IPEA, 2016.

IPHAN – INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. *Dossiê do Centro Histórico de João Pessoa: Patrimônio Cultural do Brasil*. Brasília: IPHAN, 2015.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa – BDMEP. Brasília: INMET, 2023.

JENSEN, J. R. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. 2. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1996.

JOÃO PESSOA (Município). Relatório Técnico – Produto 01: Risco e Desastre. João Pessoa: PMJP, 2024. Disponível em: [https://jpsustentavel.joaopessoa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2024/11/Produto-01-CI-risco-e-desastre\\_compressed-1.pdf](https://jpsustentavel.joaopessoa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2024/11/Produto-01-CI-risco-e-desastre_compressed-1.pdf). Acesso em: 1 set. 2025.

JÚNIOR, G. B. A.; SILVA, A. C. Principais usos da água do rio Sanhauá na área de influência do antigo Lixão do Roger – João Pessoa (PB). *Revista Ambiente & Água*, v. 3, n. 3, p. 5–17, 2008. Disponível em: <https://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/download/125/284>. Acesso em: 1 set. 2025.

KÖPPEN, Wladimir. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948.

LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J.; LEPERS, E. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 28, p. 205-241, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459>

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. *Geographic Information Systems and Science*. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2005.

MARQUES, J. *História da Paraíba: das origens aos dias atuais*. João Pessoa: A União, 2010.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v. 38, n. 12, p. 2653-2675, 1981.

MOURA, T. S. de. Avaliação da qualidade da água do rio Sanhauá na área de influência direta do antigo Lixão do Róger (2006–2016). 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/25065>. Acesso em: 1 set. 2025.

NAIMAN, R. J.; DÉCAMPS, H. The ecology of interfaces: riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 28, p. 621-658, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.28.1.621>

NASCIMENTO, M. S. *Comunidades ribeirinhas e identidade cultural em João Pessoa*. João Pessoa: UFPB, 2018.

NOVO, E. M. L. M. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

OECD. *OECD Environmental Indicators: Development, Measurement and Use*. Paris: OECD, 2003.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Nova York: ONU, 2015.

PAUL, M. J.; MEYER, J. L. Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 32, n. 1, p. 333-365, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114040>

PEREIRA, R. S.; NUNES, L. C. Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, com ênfase nos afluentes urbanos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 25, n. 1, p. 1-15, 2020.

PONÇANO, W. L. et al. Mapeamento geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo: IPT, 1981.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. *Sensoriamento remoto da vegetação*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

PNUD; IPEA; FJP. *Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013*. Brasília: PNUD, 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA. *Plano Diretor de Mobilidade Urbana de João Pessoa – PlanMobJP*. João Pessoa: PMJP, 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA. Porto do Capim representa a história viva da cidade de João Pessoa. João Pessoa, 2025. Disponível em: <https://www.joaopessoa.pb.gov.br/noticias/porto-do-capim-representa-a-historia-viva-da-cidade-de-joao-pessoa/>. Acesso em: 10 ago. 2025.

REPELLI, C. A.; NOBRE, P. Eventos extremos de precipitação no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 19, n. 2, p. 189-200, 2004.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? *Biological Conservation*, v. 142, p. 1141–1153, 2009.

ROSS, J. L. S. *Geomorfologia: ambiente e planejamento*. São Paulo: Contexto, 2000.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. *Geografia do Brasil*. São Paulo: Edusp, 2006.

SILVA, J. P.; MELO, F. A. Transformações socioambientais no baixo curso do Rio Sanhauá, João Pessoa/PB. *Revista Geonorte*, v. 9, n. 33, p. 45-62, 2018.

SOS MATA ATLÂNTICA. *Observando os Rios 2022 — Relatório anual*. São Paulo: SOS Mata Atlântica, 2022. Disponível em: [https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2022/03/SOSMA\\_Observando-os-Rios\\_2022.pdf](https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2022/03/SOSMA_Observando-os-Rios_2022.pdf). Acesso em: 10 ago. 2025.

SOS MATA ATLÂNTICA. Boletim de Monitoramento – Rio Sanhauá (Porto do Capim) – Julho de 2024. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2024a.

SOS MATA ATLÂNTICA. Boletim de Monitoramento – Rio Sanhauá (Porto do Capim) – Dezembro de 2024. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2024b.

SOS MATA ATLÂNTICA. Boletim de Monitoramento – Rio Sanhauá (Porto do Capim) – Janeiro de 2025. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2025a.

SOS MATA ATLÂNTICA. Boletim de Monitoramento – Rio Sanhauá (Porto do Capim) – Maio de 2025. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2025b.

SOS MATA ATLÂNTICA. Observando os Rios – Relatório Técnico Metodológico. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2024c.

SUDEMA – SUPERINTENDÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO DO MEIO AMBIENTE (PB). EIA/RIMA – Ponte Cabedelo–Lucena: Anexos técnicos. João Pessoa: SUDEMA, 2024. Disponível em: <https://sudema.pb.gov.br/eia-rima/arquivos/ponte-cabedelo-lucena/volume-7-tomo-ix-anexos.pdf>. Acesso em: 1 set. 2025.

SUDEMA – SUPERINTENDÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO DO MEIO AMBIENTE. *Relatório técnico sobre a bacia hidrográfica do Rio Sanhauá*. João Pessoa: SUDEMA, 2024.

SUDEMA – Superintendência de Administração do Meio Ambiente. *Cadastro de atividades potencialmente poluidoras do Estado da Paraíba*. João Pessoa: SUDEMA, 2023.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G. *Manguezais: ecossistema entre a terra e o mar*. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1999.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. Climate changes and mangroves: threats and responses. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 64, n. 2, p. 1–16, 2016.

STRAHLER, A. N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, V. T. (ed.). *Handbook of Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill, 1957.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. Desenvolvimento urbano e meio ambiente: a gestão da bacia hidrográfica. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 20, n. 56, p. 231-246, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142006000200016>

TUCCI, Carlos E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2002.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2004.

TUCCI, C. E. M. *Drenagem urbana sustentável*. Porto Alegre: ABRH, 2008.

VICTORINO, C. J.; CUNHA, S. B. Uso e ocupação do solo e impactos ambientais em bacias hidrográficas urbanas. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 3, n. 2, p. 45-60, 2010.