



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE BELO JARDIM
CURSO DE ENGENHARIA HÍDRICA

RENAN BEZERRA ROSA

**IMPACTOS DA OCUPAÇÃO DO ENTORNO DO RESERVATÓRIO PEDRO
MOURA JÚNIOR SOBRE O SANEAMENTO BÁSICO NA BACIA DO RIO
IPOJUCA**

Belo Jardim-PE

2025

RENAN BEZERRA ROSA

**IMPACTOS DA OCUPAÇÃO DO ENTORNO DO RESERVATÓRIO PEDRO
MOURA JÚNIOR SOBRE O SANEAMENTO BÁSICO NA BACIA DO RIO
IPOJUCA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Hídrica da Universidade Federal Rural de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharelado em
Engenharia Hídrica.

Orientador (a): Silvanete Severino da Silva
Coorientador (a): Taiza Karla Alves Souza

Belo Jardim-PE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Nubia Matos – CRB-4 2234

R789i Rosa, Renan Bezerra.
Impactos da ocupação do entorno do reservatório Pedro Moura Júnior sobre saneamento básico na bacia do rio Ipojuca / Renan Bezerra Rosa. – Belo Jardim, 2025.
68 f.; il.

Orientador(a): Silvanete Severino da Silva.
Co-orientador(a): Taiza Karla Alves Souza.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Belo Jardim - UABJ, Bacharelado em Engenharia Hídrica, Belo Jardim, BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Sensoriamento remoto. 2. Recursos hídricos. 3. Degradação ambiental. 4. Semiárido pernambucano 5. Desenvolvimento sustentável. I. Silva, nete Severino da, orient. II. Souza, Taiza Karla Alves, coorient. III. Título

CDD 627

RENAN BEZERRA ROSA

**IMPACTOS DA OCUPAÇÃO DO ENTORNO DO RESERVATÓRIO PEDRO
MOURA JÚNIOR SOBRE O SANEAMENTO BÁSICO NA BACIA DO RIO
IPOJUCA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Hídrica da Universidade Federal Rural de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharelado em
Engenharia Hídrica.

Aprovado em: 09/12/2025

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Silvanete Severino da Silva (Orientadora)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. José Roberto Lopes da Silva (Examinador Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Iago José Santos da Silva (Examinador Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedico este trabalho *in memoriam* de meu querido pai/avô, Antônio Bezerra (Tinteiro), que sempre acreditou em mim, incentivando-me a perseverar em minha trajetória acadêmica. Sua fé na minha capacidade e suas palavras de encorajamento permanecem vivas em meu coração, sendo uma fonte constante de força e inspiração nesta conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me guiado e fortalecido em toda essa caminhada, concedendo-me sabedoria, saúde e perseverança para chegar até aqui. Agradeço ao meu saudoso pai/avô Antônio (Tinteiro), cuja lembrança continua sendo uma das maiores razões que me fazem acreditar em mim mesmo. Seu apoio, orgulho e confiança em cada uma das minhas conquistas permanecem como um combustível que me inspira a seguir em frente, mesmo nos momentos mais desafiadores.

Expresso minha profunda gratidão à minha mãe, Maria das Dores (Dôra), por todo o esforço, amor e dedicação. Ela sempre fez o possível e o impossível para que eu pudesse estudar e alcançar meus objetivos, mesmo diante das limitações. À minha irmã Naiara, agradeço por toda a ajuda, pelo incentivo constante e por estar ao meu lado em todos os momentos, tanto na vida pessoal quanto acadêmica.

Agradeço aos meus tios, especialmente Liana e Biri, pelo apoio e por sempre me motivarem durante minha trajetória acadêmica. À minha namorada e companheira, Sabrina Dafyne, registro meu carinho e reconhecimento pela presença constante, pela paciência e pela parceria em todos os momentos, inclusive nos trabalhos acadêmicos que enfrentamos juntos.

Expresso também minha sincera gratidão à minha orientadora, professora Silvanete Silva, por toda a orientação, dedicação e confiança depositada em mim, não apenas neste trabalho, mas ao longo de toda a graduação. Agradeço igualmente à minha coorientadora, professora Taiza Karla, pela valiosa contribuição e pelos ensinamentos compartilhados no desenvolvimento deste estudo e em outras produções acadêmicas.

Por fim, agradeço a todos os professores da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Belo Jardim, que contribuíram para minha formação profissional e pessoal, e a todos os servidores da Unidade pelo apoio e dedicação ao longo dessa caminhada. Agradeço ainda a todos os amigos e colegas que fiz durante essa trajetória, pois cada um deles teve um papel importante no meu crescimento, aprendizado e na construção dessa conquista.

O progresso não é fruto do acaso. É resultado de esforço persistente, de experimentos sucessivos, e da recusa em aceitar limites sem antes testá-los. A engenharia é esse espírito aplicado: transformar hipóteses em dispositivos, e dispositivos em melhorias concretas para a vida humana (Dyer e Martin, 1910).

RESUMO

A compreensão das interações entre o uso do solo e os recursos hídricos é essencial para o planejamento ambiental e a sustentabilidade regional, sobretudo em áreas de reservatórios sujeitas a pressões antrópicas. Nesse contexto, este estudo analisou os impactos da ocupação do entorno do reservatório Pedro Moura Júnior sobre o saneamento básico da bacia do rio Ipojuca, considerando a evolução da temperatura superficial terrestre entre 2003 e 2023 e a caracterização morfológica sobre os aspectos geológicos, pedológicos e hipsométricos, com o objetivo de compreender as relações entre mudanças ambientais, pressões humanas e implicações na gestão hídrica e territorial. O estudo foi realizado no reservatório Pedro Moura Júnior, localizado em Belo Jardim (PE), um dos principais mananciais de abastecimento do município. A pesquisa adotou abordagem quali-quantitativa, integrando análise documental, revisão bibliográfica, geoprocessamento e investigação de campo. Os resultados indicaram redução térmica no entorno do reservatório entre 2003 e 2023. Contudo, as temperaturas máximas permaneceram concentradas em áreas mais distantes do corpo hídrico, associadas a zonas urbanizadas ou a diferentes usos do solo, revelando maior aquecimento, estratificação térmica e menor resiliência hídrica. Esses processos se relacionam ao assoreamento, à eutrofização e à redução da profundidade, resultantes da ocupação irregular das margens e do manejo inadequado do solo. A caracterização morfológica sobre os aspectos geológicos, pedológicos e hipsométricos evidenciou vulnerabilidades estruturais da bacia, com variações altimétricas que refletem relevo acidentado, solos rasos e alta erodibilidade, favorecendo o escoamento superficial, o assoreamento e a perda de capacidade de armazenamento. A pressão antrópica, caracterizada pela expansão urbana, pelas atividades agropecuárias, pela ausência de tratamento de esgotamento sanitário e pela disposição irregular de resíduos sólidos, intensifica a degradação ambiental e agrava os problemas relacionados ao saneamento básico. Essa situação pode comprometer a qualidade da água e aumenta os riscos à saúde pública, refletindo a ausência de políticas integradas de gestão ambiental e territorial. Conclui-se que as transformações ambientais observadas refletem os efeitos combinados das mudanças climáticas regionais e da ocupação desordenada. A mitigação desses impactos exige ações articuladas, como a recuperação das matas ciliares, o controle do uso do solo, a ampliação da infraestrutura de saneamento e o monitoramento contínuo das variáveis limnológicas. Tais medidas são essenciais para assegurar a sustentabilidade hídrica e ambiental da bacia do rio Ipojuca.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; recursos hídricos; degradação ambiental; semiárido pernambucano; desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

Understanding the interactions between land use and water resources is essential for environmental planning and regional sustainability, especially in reservoir areas subject to anthropogenic pressures. In this context, this study analyzed the impacts of land use around the Pedro Moura Júnior reservoir on basic sanitation in the Ipojuca River basin, considering the evolution of land surface temperature between 2003 and 2023 and the morphological characterization of geological, pedological, and hypsometric aspects, with the aim of understanding the relationships between environmental changes, human pressures, and implications for water and territorial management. The study was conducted in the Pedro Moura Júnior reservoir, located in Belo Jardim (PE), one of the main water supply sources for the municipality. The research adopted a qualitative-quantitative approach, integrating document analysis, literature review, geoprocessing, and field investigation. The results indicated a reduction in temperature around the reservoir between 2003 and 2023. However, maximum temperatures remained concentrated in areas further from the water body, associated with urbanized zones or different land uses, revealing greater warming, thermal stratification, and lower water resilience. These processes are related to siltation, eutrophication, and reduced depth, resulting from irregular occupation of the banks and inadequate soil management. The morphological characterization of geological, pedological, and hypsometric aspects revealed structural vulnerabilities in the basin, with altimetric variations reflecting rugged terrain, shallow soils, and high erodibility, favoring surface runoff, siltation, and loss of storage capacity. Anthropogenic pressure, characterized by urban expansion, agricultural activities, lack of sewage treatment, and irregular disposal of solid waste, intensifies environmental degradation and exacerbates problems related to basic sanitation. This situation can compromise water quality and increase risks to public health, reflecting the absence of integrated environmental and territorial management policies. It is concluded that the observed environmental transformations reflect the combined effects of regional climate change and disordered land occupation. Mitigating these impacts requires coordinated actions, such as the restoration of riparian forests, control of land use, expansion of sanitation infrastructure, and continuous monitoring of limnological variables. Such measures are essential to ensure the water and environmental sustainability of the Ipojuca River basin.

Keywords: remote sensing; water resources; environmental degradation; semi-arid region of Pernambuco; sustainable development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização geográfica da bacia hidrográfica do rio Ipojuca.....	17
Figura 2 – Localização do reservatório Pedro Moura Júnior.....	19
Figura 3 – Usos prioritários do reservatório Pedro Moura Júnior pertencente à bacia hidrográfica do rio Ipojuca, localizado em Belo Jardim, Pernambuco: abastecimento humano (A); pesca (B); irrigação (C); dessedentação animal (D).....	20
Figura 4 – Fluxo operacional do estudo.....	26
Figura 5 – Análise Comparativa da Distribuição Anual da Precipitação ao longo dos últimos 20 anos no reservatório Pedro Moura Júnior, Belo Jardim-PE.....	30
Figura 6 – Análise comparativa da temperatura ao longo dos últimos 20 anos no entorno do reservatório Pedro Moura Júnior, Belo Jardim-PE.....	32
Figura 7 – Mapa geológico do entorno do reservatório Pedro Moura Júnior.....	35
Figura 8 – Mapa de pedologia do entorno do reservatório Pedro Moura Júnior.....	36
Figura 9 – Mapa hipsométrico do entorno do reservatório Pedro Moura Júnior.....	39
Figura 10 – Mapa de uso e ocupação do solo do Reservatório Pedro Moura Júnior pertencente a bacia hidrográfica do rio Ipojuca, localizado em Belo Jardim, Pernambuco.....	41
Figura 11 – Distribuição de Precipitação ao longo dos últimos 20 anos no reservatório Pedro Moura Júnior, Belo Jardim-PE.....	45
Figura 12 – Uso e ocupação do solo na área de influência do reservatório Pedro Moura Júnior pertencente à bacia hidrográfica do rio Ipojuca, localizado em Belo Jardim, Pernambuco: margem esquerda em comparação a montante (A); moradores do entorno do reservatório (B); ocupação da terra por animais (C); solo exposto a queimadas (D); solo exposto à erosão, no entorno do lado direito a montante (E); vertedor do reservatório (F); resíduos sólidos a céu aberto (G); sacos plásticos nas margens do reservatório (H); placas fotovoltaicas (I); dutos expostos na margem do reservatório (J); crescimento excessivo de plantas (K); e lançamento direto de efluentes residenciais no solo (L).....	48

Figura 13 – Delimitação do uso e ocupação do solo do Reservatório Pedro Moura Júnior pertencente à bacia hidrográfica do rio Ipojuca, localizado em Belo Jardim, PE. Imagem do satélite Sentinel 2A, adquirida através da plataforma Copernicus BROWSER e realizado composição RGB pelo QGIS.....51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação e área de uso e ocupação do solo do Reservatório Pedro Moura Júnior pertencente à bacia hidrográfica do rio Ipojuca, localizado em Belo Jardim, Pernambuco, para o período analisado.....	43
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 GERAL	16
2.2 ESPECÍFICOS	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 BACIA DO RIO IPOJUCA	17
3.1.1 O reservatório Pedro Moura Júnior	18
3.2 IMPACTOS DA OCUPAÇÃO DO ENTORNO DE RESERVATÓRIOS	21
3.3 SANEAMENTO BÁSICO	22
4 METODOLOGIA	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1 ANÁLISE DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA	29
5.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO RESERVATÓRIO PEDRO MOURA JÚNIOR	34
5.3 USO E OCUPAÇÃO DO ENTORNO DO RESERVATÓRIO PEDRO MOURA JÚNIOR DA BACIA DO RIO IPOJUCA	41
5.4 PROPOSTAS DE MITIGAÇÃO E GESTÃO SUSTENTÁVEL NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO PEDRO MOURA JÚNIOR DA BACIA DO RIO IPOJUCA	52
5.4.1 Diretrizes Gerais para Redução de Impactos Ambientais	52
5.4.2 Controle de Assoreamento e Erosão	53
5.4.3 Ordenamento Territorial e Planejamento Urbano	54
5.4.4 Educação Ambiental, Participação Social e Governança	55
5.4.5 Desenvolvimento Econômico Sustentável	55
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

O crescimento urbano desordenado e a ausência de infraestrutura adequada de saneamento básico configuram-se como desafios persistentes para a gestão dos recursos hídricos, sobretudo em regiões semiáridas, onde a disponibilidade de água é naturalmente limitada e fortemente condicionada pela variabilidade climática (Silva *et al.*, 2016; Brito *et al.*, 2020). Nesses contextos, o manejo inadequado do território intensifica processos de degradação ambiental, amplifica a vulnerabilidade socioeconômica e compromete a segurança hídrica das populações.

Nesse cenário, o Reservatório Pedro Moura Júnior, localizado no agreste pernambucano, na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, destaca-se como infraestrutura hídrica estratégica para o abastecimento dos municípios de Belo Jardim, São Bento do Una, Sanharó, Tacaimbó, Pesqueira e Poção (COMPESA, 2020). Entretanto, essa relevância contrasta com o aumento da pressão antrópica sobre seu entorno, marcada pela urbanização desordenada, pela expansão de áreas impermeabilizadas e pela deficiência em políticas de ordenamento territorial e saneamento ambiental.

A ocupação irregular das margens e das áreas de contribuição do reservatório tem provocado impactos ambientais significativos, comprometendo a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos (Rosa *et al.*, 2025). A intensificação do assoreamento, a supressão de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e o lançamento de efluentes domésticos sem tratamento configuram um quadro de degradação ambiental e risco à saúde pública, ampliando os desafios para a gestão integrada da bacia e para a conservação dos ecossistemas aquáticos.

Adicionalmente, a pressão antrópica manifesta-se por práticas inadequadas de uso e cobertura do solo, ausência de coleta e tratamento de esgoto e descarte irregular de resíduos sólidos (Tucci, 2020). Esses fatores elevam os índices de contaminação das águas superficiais e subterrâneas, agravando os problemas de saneamento básico, que incluem o abastecimento, a drenagem e o manejo de resíduos. Tais condições colocam em risco o cumprimento das metas do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6), que visa “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e do saneamento para todos” (ONU, 2024).

Compreender os impactos da ocupação do entorno do Reservatório Pedro Moura Júnior sobre o saneamento básico é, portanto, essencial para subsidiar

estratégias de gestão ambiental e territorial que conciliem desenvolvimento urbano e conservação hídrica. Para tanto, este estudo adota uma abordagem interdisciplinar, integrando análises morfológicas sobre os aspectos, geológicos, pedológicos, hipsométricos e climáticas ao uso de ferramentas geoespaciais e dados socioambientais, de modo a revelar as relações entre mudanças ambientais, pressões antrópicas e vulnerabilidade hídrica.

A fundamentação teórica apoia-se em estudos que evidenciam a relação entre uso e ocupação do solo, qualidade da água e indicadores de saneamento na bacia do Ipojuca e em regiões semiáridas semelhantes (Rosa *et al.*, 2025; Torres *et al.*, 2024; Soares, 2023). Além disso, as geotecnologias têm se mostrado instrumentos eficazes para o monitoramento multitemporal e o diagnóstico territorial (Silva *et al.*, 2023; Medeiros; Galvêncio, 2021; Alves; Cirilo, 2022).

Dessa forma, o presente estudo busca analisar os impactos da ocupação do entorno do reservatório Pedro Moura Júnior sobre o saneamento básico na bacia do rio Ipojuca, à luz dos princípios do ODS 6, integrando aspectos físicos e socioambientais para propor subsídios técnicos e recomendações de gestão sustentável dos recursos hídricos e territoriais.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Analisar os impactos da ocupação do entorno do Reservatório Pedro Moura Júnior sobre o saneamento básico na bacia do rio Ipojuca, considerando a evolução temporal da temperatura superficial terrestre (2003-2023) e a caracterização morfológica sobre os aspectos geológicos, pedológicos e hipsométricos, de modo a compreender as relações entre mudanças ambientais, pressões antrópicas e implicações na sustentabilidade hídrica e na gestão territorial.

2.2 ESPECÍFICOS

1. Avaliar a variação temporal da temperatura superficial terrestre do entorno do reservatório entre 2003 e 2023, identificando tendências de aquecimento e áreas críticas;
2. Caracterizar as condições morfológicas do entorno do reservatório sobre os aspectos geológicos, pedológicos e hipsométricos, relacionando-as à dinâmica hídrica e ao saneamento;
3. Identificar as principais pressões antrópicas decorrentes do uso e ocupação do solo no entorno do reservatório;
4. Investigar os efeitos da ocupação desordenada sobre os processos de assoreamento e eutrofização;
5. Relacionar os resultados encontrados com os impactos sobre o saneamento básico na bacia do rio Ipojuca, destacando implicações para a gestão ambiental; e
6. Propor recomendações voltadas à mitigação dos impactos e à promoção da sustentabilidade hídrica e territorial.

Fonte: O autor, 2025.

O rio Ipojuca possui aproximadamente 320 km de extensão, com orientação predominante no sentido oeste-leste e regime intermitente em grande parte do curso, tornando-se perene a partir do trecho médio, nas proximidades do município de Caruaru (APAC, 2025). Entre seus principais afluentes destacam-se, pela margem direita, os riachos Liberal, Taquara e do Mel, e, pela margem esquerda, os riachos do Coutinho, dos Mocós, do Muxoxo e Pata Choca. O riacho Liberal, considerado o mais relevante, nasce no município de Alagoinha, percorre cerca de 47 km drenando áreas dos municípios de Alagoinha, Pesqueira e Sanharó, e deságua no rio Ipojuca. O curso principal atravessa diversas sedes municipais, incluindo Bezerros, Caruaru, Escada, Chã Grande, Gravatá, Ipojuca, Primavera, São Caetano e Tacaimbó. Em seu baixo curso, o estuário apresenta modificações significativas decorrentes da implantação do Complexo Portuário de Suape.

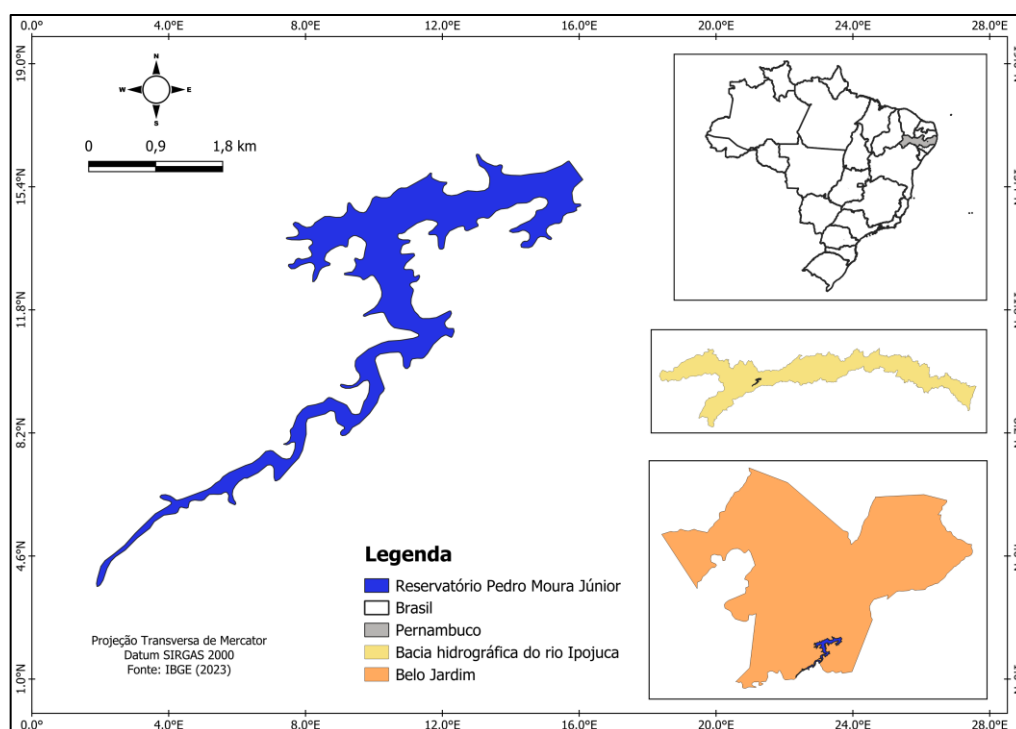
A bacia hidrográfica do rio Ipojuca possui uma área de 3.435,34 km², correspondendo a aproximadamente 3,49% da área total do Estado de Pernambuco. Ao todo, 25 municípios encontram-se inseridos em sua área de drenagem, sendo que 14 deles têm suas sedes localizadas integralmente na bacia: Arcoverde, Belo Jardim, Bezerros, Caruaru, Chã Grande, Escada, Gravatá, Ipojuca, Pombos, Poção, Primavera, Sanharó, São Caetano e Tacaimbó. Outros 10 municípios estão parcialmente inseridos: Agrestina, Alagoinha, Altinho, Amaraji, Cachoeirinha, Pesqueira, Riacho das Almas, Sairé, São Bento do Una, Venturosa e Vitória de Santo Antão (APAC, 2025).

Quanto aos reservatórios, a bacia do rio Ipojuca conta com importantes sistemas de acumulação hídrica, construídos com o propósito de garantir o abastecimento urbano, o controle de cheias e o suporte às atividades produtivas locais. Segundo o Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca, os principais reservatórios inseridos em sua área de abrangência são: Duas Serras, Pão de Açúcar, Jenipapo, Sapato I, Engenheiro Severino Guerra, Açude da Onça, Açude do Desenvolvimento, Taquara, Jaime Nejaim, Guilherme Azevedo, Serra dos Cavalos, Antônio Menino, Manuíno e Pedro Moura Júnior (Pernambuco, 2010), sendo este último o objeto de estudo deste trabalho.

3.1.1 O reservatório Pedro Moura Júnior

O reservatório Pedro Moura Júnior está inserido na bacia do rio Ipojuca, situado a cerca de 4 km ao sudeste do município de Belo Jardim-PE, conforme Figura 2. possui capacidade total de 35 milhões de metros cúbicos e desempenha papel estratégico no abastecimento humano por meio do Sistema Adutor do Bitury, responsável pelo atendimento aos municípios de Belo Jardim, São Bento do Una, Sanharó e Tacaimbó, localizados no Agreste pernambucano (Rosa *et al.*, 2024a).

Figura 2 – Localização do reservatório Pedro Moura Júnior.



Fonte: O autor, 2025.

De acordo com a Proposta de Enquadramento da bacia do rio Ipojuca (PEI), o trecho correspondente ao reservatório, com 30,3 km de extensão, apresenta como usos prioritários em longo prazo o abastecimento humano, pesca, irrigação e dessedentação animal, conforme Figura 3. Atualmente, o corpo hídrico encontra-se enquadrado na classe 4 (APAC, 2019). Destaca-se que, segundo o Art. 4º, inciso V, da Resolução CONAMA nº 357/2005, as águas de Classe 4 podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística, sendo está a categoria de pior qualidade entre as águas doces superficiais, restrita a usos que não exigem boa qualidade da água.

Figura 3 – Usos prioritários do reservatório Pedro Moura Júnior pertencente à bacia hidrográfica do rio Ipojuca, localizado em Belo Jardim, Pernambuco: abastecimento humano (A); pesca (B); irrigação (C); dessedentação animal (D).



Fonte: O autor, 2025.

Na Figura 3A observa-se uma tubulação de cor azul utilizada para a captação de água do reservatório, destinada ao abastecimento das comunidades residentes em seu entorno. A Figura 3B ilustra um instrumento de pesca de caráter fixo, instalado no reservatório, no qual os peixes são conduzidos pela correnteza e retidos no dispositivo. Na Figura 3C identifica-se uma área de cultivo agrícola, relatada pelos moradores locais como uma plantação de abobrinha. A Figura 3D evidencia a

presença de um animal às margens do reservatório, com acesso irrestrito ao corpo hídrico.

Quanto aos dados de salinidade, Silva *et al.* (2022) apontaram que as águas do reservatório Pedro Moura Júnior apresentam características de água salobra, enquanto o enquadramento definido pela PEI as considera como água doce, classe 3, tanto para a meta intermediária quanto para a meta final.

3.2 IMPACTOS DA OCUPAÇÃO DO ENTORNO DE RESERVATÓRIOS

Os reservatórios de água desempenham um papel crucial na manutenção da vida e no desenvolvimento socioeconômico, especialmente em regiões com escassez hídrica (Araújo, 2024). Eles oferecem uma gama diversificada de serviços ecossistêmicos (SE), que são fundamentais para a qualidade de vida das populações e para a sustentabilidade ambiental. A identificação e classificação desses serviços são essenciais para uma gestão e manejo sustentável, visando minimizar os impactos negativos da ação humana (Araújo; Costa, 2024). No entanto, a crescente ocupação e urbanização de seus entornos têm gerado uma série de impactos ambientais significativos, comprometendo a integridade desses ecossistemas e a disponibilidade de recursos hídricos.

As consequências socioambientais da ocupação do entorno de reservatórios são vastas e interligadas. Estudos como o de Custódio *et al.* (2025), que avaliaram as doenças de veiculação hídrica: principais causas e impactos na saúde pública, e o de Amorim (2024), que analisou a poluição dos recursos hídricos e as políticas de proteção desses recursos. Ambos os trabalhos mencionados concluíram que a poluição hídrica afeta diretamente a saúde pública, com a proliferação de doenças veiculadas pela água e a redução da disponibilidade de água potável.

A degradação das matas ciliares e a eutrofização dos corpos d'água resultam na perda de biodiversidade, alterando o equilíbrio ecológico e a capacidade de resiliência dos ecossistemas aquáticos e terrestres adjacentes (Feitosa, 2016). Já a alteração da paisagem natural por construções e infraestruturas também impacta a estética e o valor recreativo dessas áreas. Contudo, a consequência da falta de saneamento básico e o descarte de resíduos sólidos urbano no entorno dos reservatórios, os transformam em receptores de todo tipo de poluição, criando um ciclo vicioso de degradação ambiental e social (Oliveira; Santos; Silva, 2017).

A legislação ambiental e o planejamento urbano são elementos cruciais na mitigação desses impactos, mas frequentemente se mostram inadequados ou são descumpridos. A Resolução CONAMA Nº 302/2002 é um marco legal importante que estabelece parâmetros e limites para as Áreas de Preservação Permanente (APPs) de reservatórios artificiais, mas sua efetividade é comprometida pela falta de fiscalização e planejamento adequado. A especulação imobiliária e o parcelamento territorial com fins econômicos também agravam a situação, transformando áreas de proteção ambiental em zonas de interesse para empreendimentos, sem a devida preocupação com a recuperação e conservação dos corpos hídricos (Oliveira; Santos; Silva, 2017).

Assim sendo, o monitoramento hídrico do entorno dos mananciais constitui uma etapa fundamental para a avaliação do estado de conservação, da qualidade da água e da disponibilidade hídrica, fornecendo subsídios técnicos para a elaboração de estratégias e ações voltadas à reversão de cenários de degradação e à promoção de melhorias nas condições socioeconômicas e ambientais da região (Alves, 2022). Além disso, faz necessário a intervenção do poder público nos locais que estão em desenvolvimento urbano, principalmente, no que tange aos serviços de saneamento básico, tema do próximo item.

3.3 SANEAMENTO BÁSICO

O saneamento básico constitui um direito humano essencial e um dos pilares para o desenvolvimento sustentável das sociedades. Compreende o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana, sendo fundamental para a promoção da saúde pública, a preservação ambiental e a melhoria da qualidade de vida (Brasil, 2007).

No cenário global, o tema figura entre as principais preocupações das agendas internacionais, refletindo a urgência de ampliar o acesso universal à água e ao saneamento. A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, proposta pela Organização das Nações Unidas (ONU), destaca o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6, que visa “assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todos”. Apesar dos compromissos assumidos pelos países, os avanços permanecem insuficientes: aproximadamente 73% da população

mundial possui acesso à água potável, enquanto apenas 57% dispõem de serviços adequados de saneamento (ONU, 2024). Esses números evidenciam desigualdades persistentes entre regiões desenvolvidas e em desenvolvimento, reforçando a necessidade de políticas integradas de gestão hídrica e inclusão social.

No Brasil, o saneamento básico é regulado por um arcabouço legal que busca universalizar o acesso e garantir a sustentabilidade dos serviços. A Lei nº 11.445/2007 instituiu as diretrizes nacionais para o saneamento básico, definindo-o e estabelecendo princípios como universalização, integralidade e controle social. Em 2020, o Novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020) atualizou esse quadro, com metas ambiciosas de atender 99% da população com água potável e 90% com coleta e tratamento de esgoto até 2033. Além disso, o novo marco busca incentivar investimentos privados e fortalecer a regionalização da gestão dos serviços (Brasil, 2020).

Contudo, o país ainda enfrenta graves disparidades regionais e sociais. Segundo o IBGE (2022), apenas 62,5% da população brasileira possui acesso à rede de coleta de esgoto — um avanço em relação às décadas anteriores, mas ainda insuficiente frente às demandas atuais. Cerca de 49 milhões de brasileiros (24,3%) utilizam formas precárias de esgotamento sanitário, como fossas rudimentares ou descarte em corpos hídricos (IBGE, 2024a). No abastecimento de água, embora 93,4% dos domicílios urbanos sejam atendidos por rede geral, nas áreas rurais o percentual cai para 32,3%, revelando a vulnerabilidade de comunidades interioranas e isoladas (IBGE, 2024b).

A gestão de resíduos sólidos também apresenta desafios expressivos. Em 2023, 31,9% dos municípios brasileiros ainda destinavam seus resíduos a lixões, e apenas 60,5% dispunham de algum serviço de coleta seletiva (IBGE, 2024c). Esses dados demonstram que, mesmo com avanços institucionais, o país ainda convive com um déficit estrutural que afeta diretamente a saúde, o meio ambiente e a qualidade de vida, sobretudo das populações de baixa renda (Santos *et al.*, 2018; Leite; Neto; Bezerra, 2022).

No contexto estadual, a situação de Pernambuco reflete as desigualdades nacionais. Segundo levantamento do Tribunal de Contas do Estado, 87% da população pernambucana tem acesso à água tratada, enquanto apenas 34% é atendida por rede de esgotamento sanitário (TCE-PE, 2024). Essa disparidade é

agravada pelas condições geográficas e climáticas do estado, marcado por extensas áreas semiáridas e por carência histórica de investimentos em infraestrutura hídrica. De acordo com o Instituto Trata Brasil (2022), algumas cidades pernambucanas ainda figuram entre as piores do país em indicadores de saneamento, refletindo desafios estruturais e de governança.

Dessa forma, o panorama do saneamento básico, do global ao local, evidencia que a universalização do acesso à água e ao esgotamento sanitário requer não apenas recursos financeiros, mas também planejamento integrado, gestão eficiente e comprometimento político. No caso de Pernambuco, superar essas desigualdades implica alinhar políticas públicas estaduais às metas globais do ODS 6, promovendo uma gestão territorial e hídrica sustentável, inclusiva e resiliente.

Em Belo Jardim-PE, os estudos sobre saneamento básico ainda são incipientes, concentrando-se principalmente em diagnósticos de abastecimento de água (Rosa *et al.*, 2024b) gestão de resíduos sólidos e impactos ambientais sobre os corpos hídricos locais (França, 2025). Um levantamento recente aplicou o Índice de Saneamento Ambiental (INSA) ao município e apontou desempenho geral baixo, com destaque para esgotamento sanitário e resíduos sólidos entre os mais críticos (França, 2025).

Dados do portal “Municípios e Saneamento” revelam cobertura de 100% no abastecimento de água, enquanto há apenas 30,69% de cobertura dos serviços de esgotamento sanitário e 77,41% de atendimento da coleta de resíduos sólidos saneados, evidenciando fragilidades significativas no município (IAS, 2024). Essas investigações evidenciam a necessidade de políticas públicas integradas e de soluções sustentáveis adaptadas à realidade do Agreste pernambucano, servindo como base para o avanço do debate científico e técnico sobre o tema.

4 METODOLOGIA

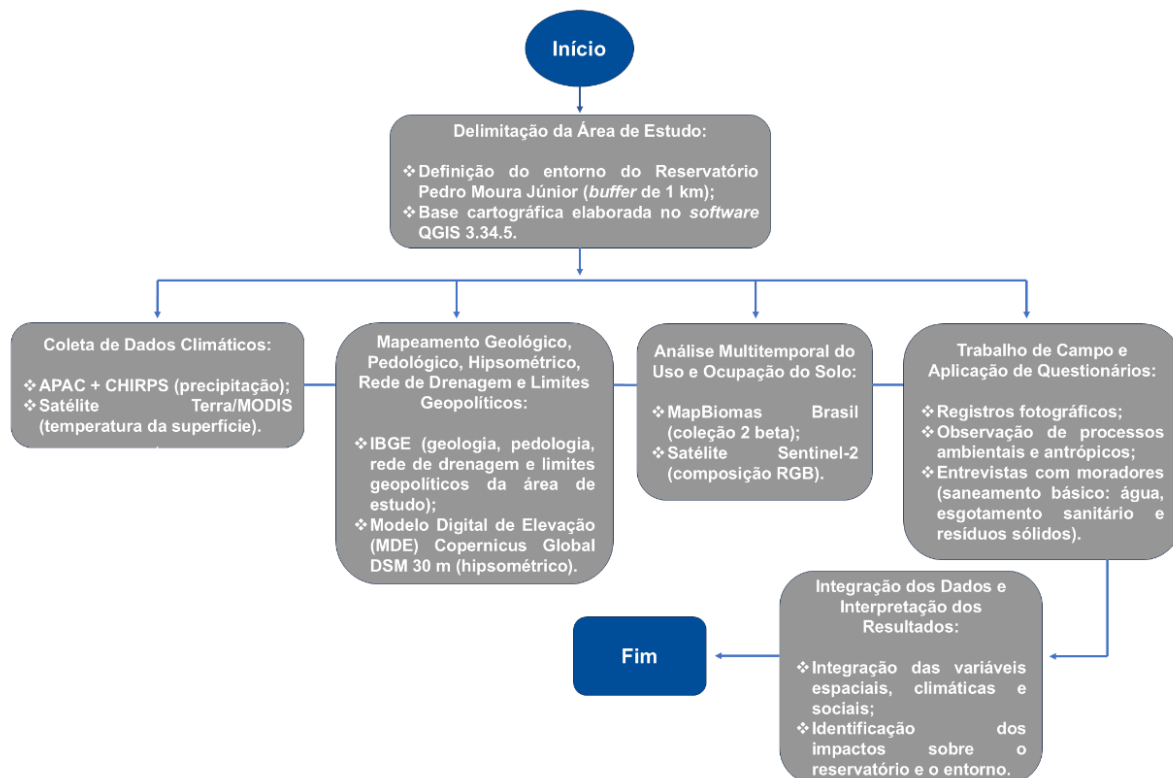
O desenvolvimento metodológico deste estudo foi realizado a partir de uma abordagem quali-quantitativa, fundamentada na integração de procedimentos de pesquisa documental, bibliográfica, geoespacial e de campo.

A sustentação teórica da investigação baseou-se em literatura especializada e em documentos normativos, a partir de referências como Rosa *et al.* (2024), ITB (2022) e IBGE (2024a; 2024b; 2024c), além de dados disponibilizados pela APAC. Complementarmente, foram consideradas as diretrizes e regulamentações estabelecidas na Lei nº 11.445/2007 e na Lei nº 14.026/2022, bem como nas Resoluções CONAMA nº 302 e nº 357, que orientam aspectos relacionados ao saneamento básico, aos corpos hídricos e ao uso e ocupação do solo.

A investigação foi delineada como caráter descritivo e exploratório, visando compreender as interações entre a ocupação antrópica no entorno do Reservatório Pedro Moura Júnior e os impactos decorrentes sobre o saneamento básico local. Para isso, foram integrados dados ambientais, climáticos, geológicos e socioeconômicos, permitindo a análise espacial e temporal dos fatores condicionantes da qualidade ambiental e da gestão hídrica na bacia do rio Ipojuca.

A Figura 4 com a representação do fluxo operacional do estudo representa de forma sequencial e lógica as etapas metodológicas utilizadas na pesquisa, demonstrando o percurso adotado desde a definição do recorte espacial até a interpretação final dos resultados.

Figura 4 – Fluxo operacional do estudo.



Fonte: O autor, 2025.

A área de estudo corresponde ao entorno do Reservatório Pedro Moura Júnior, localizado no município de Belo Jardim, Pernambuco, delimitado a partir da geração de um *buffer* com raio de 1 km entorno do espelho d'água, utilizando o *software* livre de geoprocessamento QGIS, na versão 3.34.5. Essa delimitação considerou a zona de influência direta sobre os processos de uso do solo, aporte de sedimentos, lançamento de efluentes e escoamento superficial. O reservatório, com capacidade atual de 35 milhões de metros cúbicos, constitui o principal manancial responsável pelo abastecimento público regional, justificando o recorte espacial adotado, conforme descrito no item 3.1.1 deste estudo.

A primeira etapa metodológica consistiu na obtenção e análise de dados climáticos referentes aos anos de 2003, 2013 e 2023, com ênfase nas variações de precipitação e temperatura superficial terrestre. Os dados pluviométricos foram coletados junto à APAC, por meio da estação pluviométrica 374, devido à sua proximidade com o reservatório e à disponibilidade da série histórica contínua.

Para complementação temporal e espacial, utilizaram-se dados satelitais do produto *Climate Hazards Center InfraRed Precipitation with Station data* (CHIRPS),

possibilitando a representação da variabilidade pluviométrica ao longo de 20 anos. Com relação ao mapa de temperatura, foi utilizado o produto MOD11A1.061 – *Terra Land Surface Temperature and Emissivity Daily Global* 1 km, proveniente do satélite Terra/MODIS. Foram empregadas 364 imagens correspondentes ao ano de 2013, 364 ao ano de 2023 e 357 ao ano de 2003.

Para realizar a caracterização geoambiental do reservatório e do seu entorno, foram utilizados dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponibilizados em formato *shapefile* e em escala cartográfica de 1:250.000. Os dados permitiram a identificação e delimitação da geologia, pedologia, rede de drenagem e limites geopolíticos da área de estudo. Para a legenda dos produtos geológicos e pedológicos, foram utilizadas simbologias em formatos QML e LYR, contendo a paleta de cores oficial do IBGE. A pedologia foi caracterizada conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) da Embrapa, 6ª edição (2025).

Os produtos oriundos dos dados de hipsometria, foram obtidos a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) Copernicus Global DSM 30 m, em formato *GeoTiff*.

Posteriormente, procedeu-se à análise multitemporal do uso e ocupação do solo, na qual os dados são provenientes da plataforma MapBiomas Brasil, em formato *GeoTiff* e com resolução espacial de 10 metros (coleção 2 beta), tendo as classes em conformidade com a legenda oficial da plataforma, Coleção 9.

Para fins de comparação, foram utilizadas imagens do satélite Sentinel-2 que foram processadas para composição RGB, com as bandas 4 (vermelho), 3 (verde) e 2 (azul), que juntas criam uma composição de cores verdadeiras. As imagens foram confrontadas com registros *in loco*, com base em registros fotográficos e classificadas conforme o método de classes proposto pelo MapBiomas Brasil.

O trabalho de campo foi realizado em 12 de fevereiro de 2025, com visitas ao entorno do reservatório para validação das interpretações espaciais e coleta de dados primários acerca das condições de saneamento. Foram registradas fotografias georreferenciadas, observadas formas de uso do solo, bem como evidenciados processos de degradação, tais como queimadas irregulares, acúmulo de resíduos sólidos, erosão superficial, presença de macrófitas e lançamento de efluentes domésticos.

Simultaneamente, foram aplicados questionários semiestruturados aos moradores da área de estudo, utilizando-se amostragem não probabilística por

conveniência. Ao todo, foram entrevistados cinco moradores, contemplando residentes da zona rural e do bairro Viana Moura BR. As questões abordaram aspectos relacionados ao abastecimento de água, formas de armazenamento e desinfecção, existência e funcionamento de sistemas de esgotamento sanitário, descarte de resíduos sólidos, bem como a percepção dos entrevistados quanto à qualidade sanitária e ambiental do local.

Paralelamente, as informações espaciais foram integradas às observações de campo, permitindo correlações entre expansão urbana, declínio da vegetação, indicadores de saneamento básico e impactos ambientais associados.

A fase final consistiu na interpretação integrada dos resultados, possibilitando a compreensão dos efeitos da ocupação desordenada sobre os recursos hídricos e subsidiando a elaboração de recomendações de mitigação e gestão territorial sustentável.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

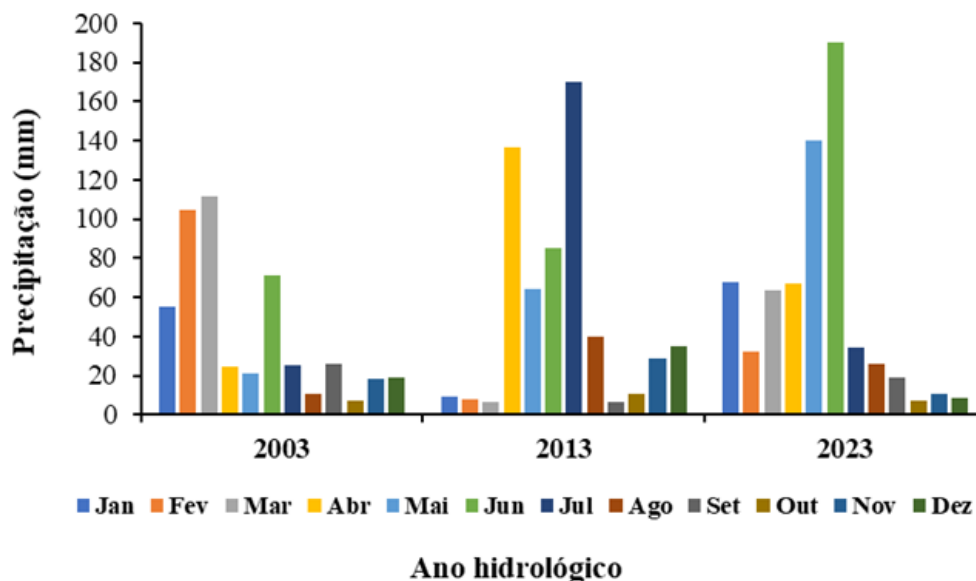
Nos tópicos a seguir, serão apresentados e discutidos os resultados referentes aos impactos da ocupação do entorno do reservatório Pedro Moura Júnior sobre o saneamento básico na bacia do rio Ipojuca. Essa análise busca compreender como o crescimento urbano desordenado, aliado à ausência de infraestrutura adequada de esgotamento sanitário, tem influenciado a qualidade ambiental e os processos de degradação hídrica na área de estudo.

5.1 ANÁLISE DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA

Para analisar comparativamente as variações espaço-temporais no uso e ocupação do solo ao longo de 20 anos, conforme delineado na proposta metodológica do estudo, realizou-se a coleta de dados pluviométricos mensais referentes aos anos de 2003, 2013 e 2023. Esses dados foram obtidos a partir do posto pluviométrico 374, selecionado por apresentar a série histórica completa para o período analisado e por estar localizado a uma distância de 5,03 km do reservatório Pedro Moura Júnior, sendo o mais próximo entre os disponíveis.

A Figura 5 apresenta a precipitação mensal (em mm) para os anos de 2003, 2013 e 2023, permitindo identificar os períodos com maior e menor precipitação nos anos analisados. Em 2003, os meses com maior precipitação foram fevereiro e março, com 104,30 mm e 111,20 mm, respectivamente, enquanto os meses mais secos foram de julho a dezembro, com precipitações abaixo de 20 mm. Por sua vez, em 2013, os meses mais chuvosos foram abril, junho e julho, sendo julho o ponto máximo, ultrapassando 160 mm, enquanto os meses de janeiro, fevereiro, março e setembro registraram os menores volumes de chuva com precipitações abaixo de 10 mm. Em 2023, o maior volume de chuvas ocorreu entre maio e julho com precipitações de 139,80 mm e 190,10 mm, respectivamente; em contrapartida, os meses de fevereiro e julho a dezembro apresentaram os menores índices de chuva, com valores inferiores a 40 mm.

Figura 5 – Análise Comparativa da Distribuição Anual da Precipitação ao longo dos últimos 20 anos no reservatório Pedro Moura Júnior, Belo Jardim-PE.



Fonte: O autor, 2025.

Os resultados obtidos indicam coerência com o padrão climático descrito para o Agreste Central pernambucano. De acordo com Soares, Souza e Vigoderis (2020), a região apresenta tendência de redução na frequência de chuvas intensas acima de 25 mm entre 1963 e 2017, refletindo a irregularidade espacial e temporal característica do regime pluviométrico local. Em Belo Jardim, as precipitações concentram-se entre março e julho, configurando o período chuvoso típico da Borborema.

Essa tendência também foi identificada por Cavalcante (2019), que destacou forte sazonalidade e redução das chuvas médias anuais nas últimas décadas, especialmente entre 2012 e 2017, período marcado por secas severas. Os dados analisados para 2003, 2013 e 2023 confirmam esse comportamento, demonstrando a manutenção do padrão de concentração pluviométrica nos meses de outono e inverno. Contudo, observa-se em 2023 uma leve recuperação dos volumes médios, possivelmente relacionada a condições oceânicas mais favoráveis.

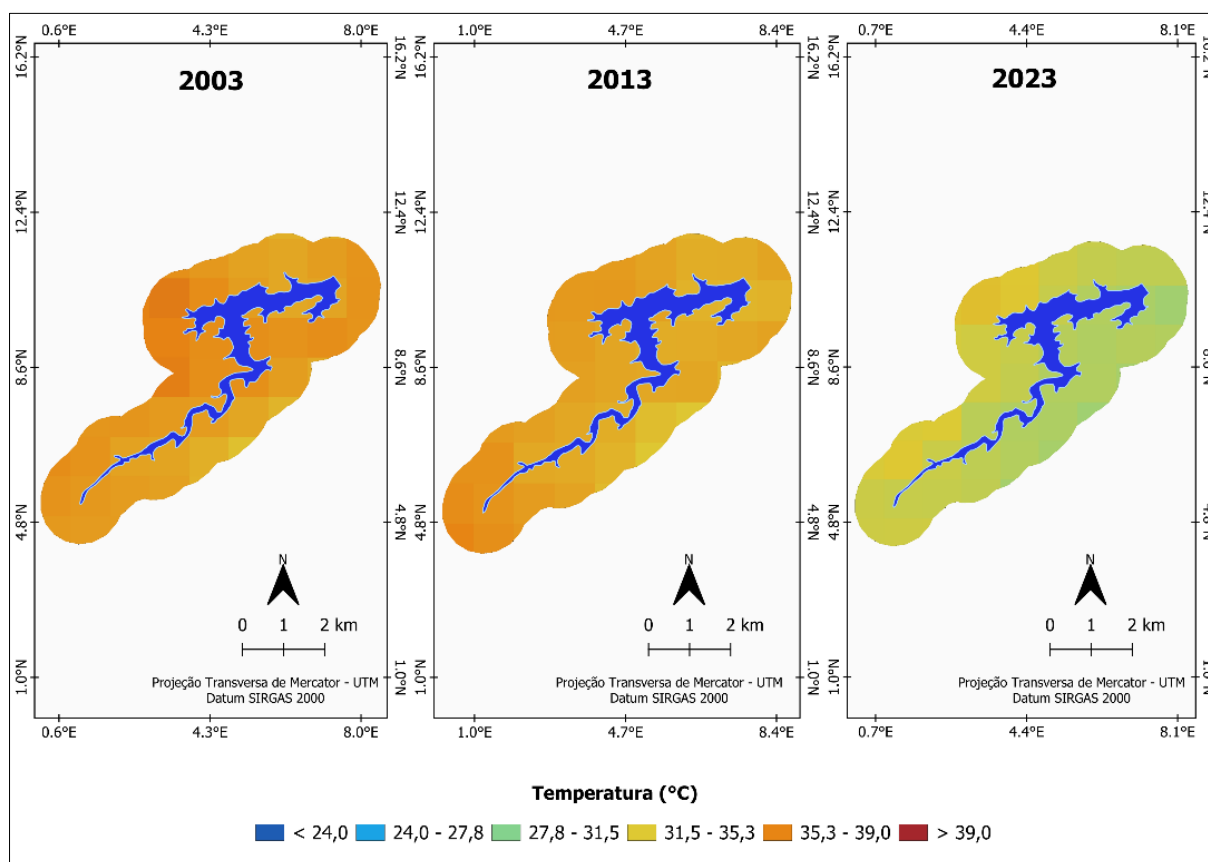
Os boletins da APAC reforçam essa interpretação, ao registrarem um acumulado de 587 mm no Agreste Central entre janeiro e julho de 2023, valor ligeiramente superior à média climatológica de 562 mm (+4%) (APAC, 2023). Esse desvio positivo sugere um aumento moderado da umidade e destaca a importância

do uso de séries históricas extensas para identificar tendências reais de variabilidade, evitando inferências baseadas em eventos isolados.

Dessa forma, o comportamento pluviométrico de 2023 pode representar um desvio sazonal associado a fenômenos de escala oceânica-atmosférica, como o ENSO (conhecido por El Niño em espanhol e no inglês por *Southern Oscillation*), fenômeno climático global que ocorre no oceano Pacífico tropical e influencia o clima em várias partes do mundo, inclusive no Nordeste do Brasil) ou a MJO (do inglês *Madden–Julian Oscillation*) é um fenômeno atmosférico de curto prazo (30 a 60 dias) que se desloca pelo planeta, influenciando a formação de nuvens e tempestades tropicais. A influência dessas oscilações sobre o semiárido pernambucano reforça a necessidade de análises de longo prazo para compreender a dinâmica hidrológica e planejar estratégias de manejo em reservatórios. Assim, os resultados obtidos evidenciam que, embora persista a irregularidade climática típica do Agreste, pequenas variações interanuais podem exercer efeitos significativos sobre a disponibilidade hídrica e o funcionamento dos sistemas de captação e armazenamento.

A análise do mapa de temperatura superficial terrestre do Reservatório Pedro Moura Júnior, nos anos de 2003, 2013 e 2023, evidencia uma redução térmica ao longo das duas décadas. Esse comportamento sugere a influência combinada de fatores climáticos regionais e de pressões antrópicas decorrentes do uso e ocupação do solo no entorno do reservatório (Figura 6).

Figura 6 – Análise comparativa da temperatura ao longo dos últimos 20 anos no entorno do reservatório Pedro Moura Júnior, Belo Jardim-PE.



Fonte: O autor, 2025.

No ano inicial da série (2003), observou-se a predominância de temperaturas elevadas, entre 35,3 - 39,0 °C (laranja), localizadas principalmente em zonas marginais e mais afastadas do corpo hídrico, enquanto as menores, entorno de 31,5 - 35,3 °C (amarelo), foram registradas nas áreas próximas ao reservatório, onde o efeito termorregulador da água se faz mais evidente. Essa alta elevação térmica está associada à baixa precipitação e à redução do espelho d'água do reservatório, representadas nas Figuras 5 e 10, respectivamente.

Em 2013, verificou-se uma leve redução das temperaturas médias superficiais, com predominância de valores entre 31,5 - 35,3 °C (amarelo) e diminuição das áreas nas classes superiores. As maiores temperaturas, entre 35,3 - 39,0 °C (laranja), ocorreram nas porções mais distantes do reservatório, enquanto as menores, entre 31,5 - 35,3 °C (amarelo), concentraram-se nas margens.

Entretanto, uma década depois (2023), notou-se um padrão distinto, caracterizado pela predominância de temperaturas entre 27,8 - 31,5 °C (verde-claro)

e pela expressiva redução das áreas mais aquecidas. As maiores temperaturas, entre 31,5 - 35,3 °C (laranja), restringiram-se a pequenas porções periféricas, onde se concentram as áreas urbanizadas, conforme a Figura 10, enquanto as menores, entre 24,0 - 27,8 °C (azul-claro), ocorreram nas proximidades imediatas do corpo d'água. Esse comportamento evidencia uma tendência de resfriamento superficial ao longo das duas décadas analisadas, reforçando o papel do reservatório na modulação térmica local e na dinâmica de ocupação do solo em seu entorno.

Esse padrão sugere maior estratificação térmica e aquecimento acentuado nas margens, possivelmente associado à redução do volume de água, aumento da insolação direta e alterações na cobertura do entorno, fatores já relatados em estudos que demonstram como o aumento da temperatura superficial terrestre em lagos e reservatórios está diretamente ligado ao aquecimento climático e à alteração do balanço térmico superficial (Ekhtiari *et al.*, 2017).

A distribuição térmica mais heterogênea e a formação de núcleos críticos de aquecimento nas extremidades indicam provável avanço de processos de eutrofização e assoreamento, que reduzem a profundidade e favorecem o acúmulo de calor nas áreas rasas. Situações semelhantes foram descritas por Tundisi e Matsumura-Tundisi (2020), ao destacarem que o acúmulo de nutrientes e o uso antrópico intensivo aceleram o aquecimento e a perda de estabilidade térmica em reservatórios do semiárido.

Além disso, a combinação entre a redução do volume de água e o aumento de temperatura, aumenta o risco de eutrofização em reservatórios semiáridos: a seca prolongada em duas regiões semiáridas levou à diminuição da profundidade das águas, ao aumento da temperatura e à intensificação dos processos de eutrofização (Rocha Junior *et al.*, 2018).

De modo similar, Azevedo *et al.* (2018) apontaram elevação de até 7 °C acima da média histórica durante os eventos de estiagem de 2012–2016, confirmando que o aquecimento é um reflexo direto das condições climáticas extremas na região Nordeste. Os autores supracitados reforçaram que o déficit hídrico e o uso inadequado do solo intensificam as trocas de calor e a evaporação.

Assim, a redução térmica observada entre 2003 e 2023 reflete, em parte, os efeitos das mudanças climáticas regionais. Entretanto, as temperaturas mais elevadas de cada ano estão concentradas sobretudo em áreas afastadas do corpo d'água,

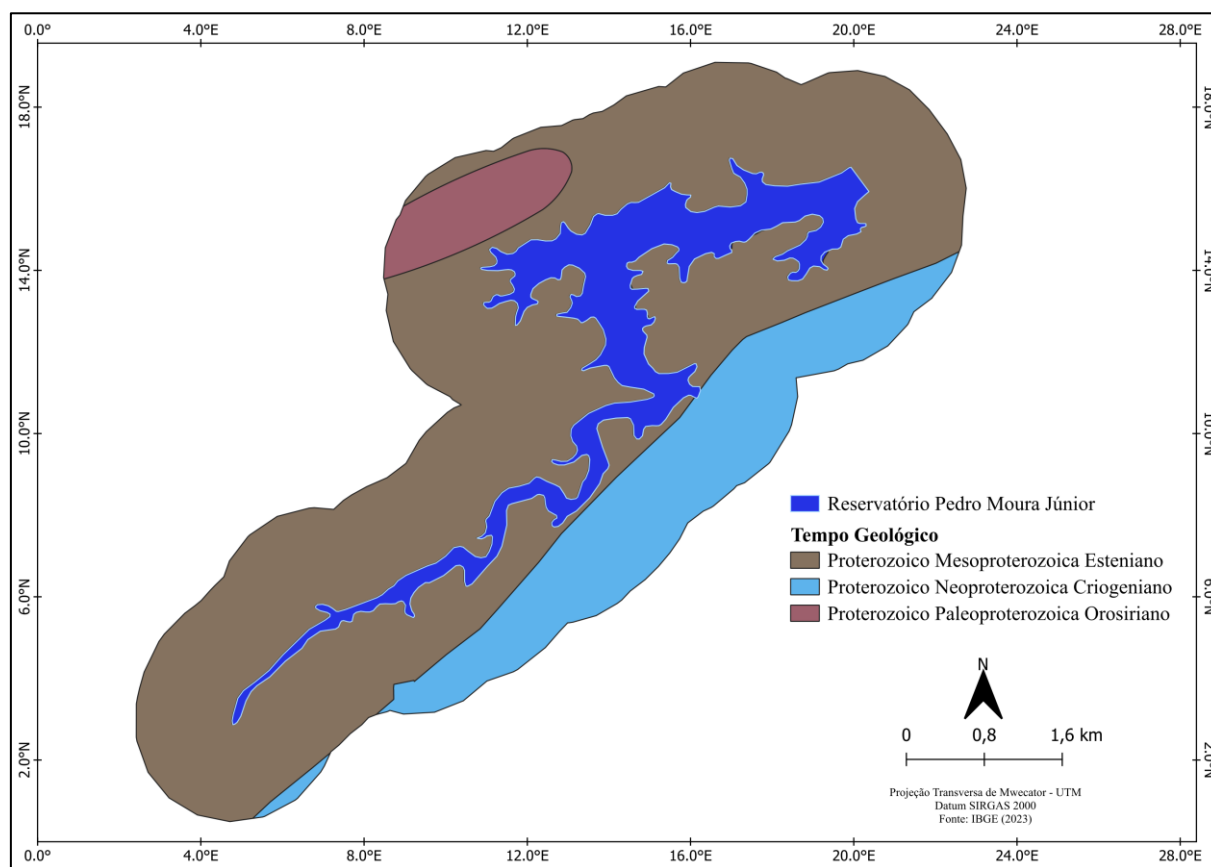
associadas a zonas urbanizadas ou a diferentes formas de uso e cobertura do solo. Essa distribuição espacial evidencia as consequências do manejo inadequado do território e da intensificação da pressão antrópica sobre o reservatório, revelando transformações ambientais que influenciam diretamente sua dinâmica térmica. Esse processo reduz a resiliência térmica do sistema e favorece a formação de áreas críticas de aquecimento, o que compromete a qualidade da água e pode gerar impactos negativos sobre a biota aquática. Conforme destacado por Raolino *et al.* (2021), o incremento térmico está diretamente relacionado à redução das concentrações de oxigênio dissolvido e ao aumento da mortalidade de espécies sensíveis, reforçando a vulnerabilidade ecológica de reservatórios submetidos a estresses ambientais combinados.

Desse modo, a presença de *hotspots* de aquecimento nas margens reforça a necessidade de estratégias de gestão voltadas à recuperação das matas ciliares, ao controle do assoreamento e ao monitoramento contínuo das variáveis limnológicas. A variabilidade térmica observada evidencia a importância de análises integradas entre geologia, uso do solo e clima local para subsidiar estratégias de gestão ambiental e de recursos hídricos no semiárido pernambucano.

5.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO RESERVATÓRIO PEDRO MOURA JÚNIOR

A área de estudo corresponde ao entorno do Reservatório Pedro Moura Júnior, cuja configuração geológica apresenta predominância de rochas do Proterozoico, subdivididas em diferentes unidades temporais. O reservatório, representado em azul, exhibe formato irregular e ramificado, característico de corpos hídricos implantados em regiões de relevo dissecado e com controle estrutural do embasamento cristalino (Figura 7).

Figura 7 – Mapa geológico do entorno do reservatório Pedro Moura Júnior.



Fonte: O autor, 2025.

A análise geológica do entorno do Reservatório Pedro Moura Júnior revela um contexto tectônico e litológico complexo, com predomínio de rochas do Mesoproterozoico Esteniano associadas a gnaisses e granitóides, típicos de terrenos cristalinos antigos. A presença adicional de unidades do Neoproterozoico Criogeniano e do Paleoproterozoico Orosiriano indica a sobreposição de eventos geodinâmicos que moldaram o embasamento regional ao longo de bilhões de anos, refletindo a alta complexidade estrutural e hidrogeológica do semiárido pernambucano.

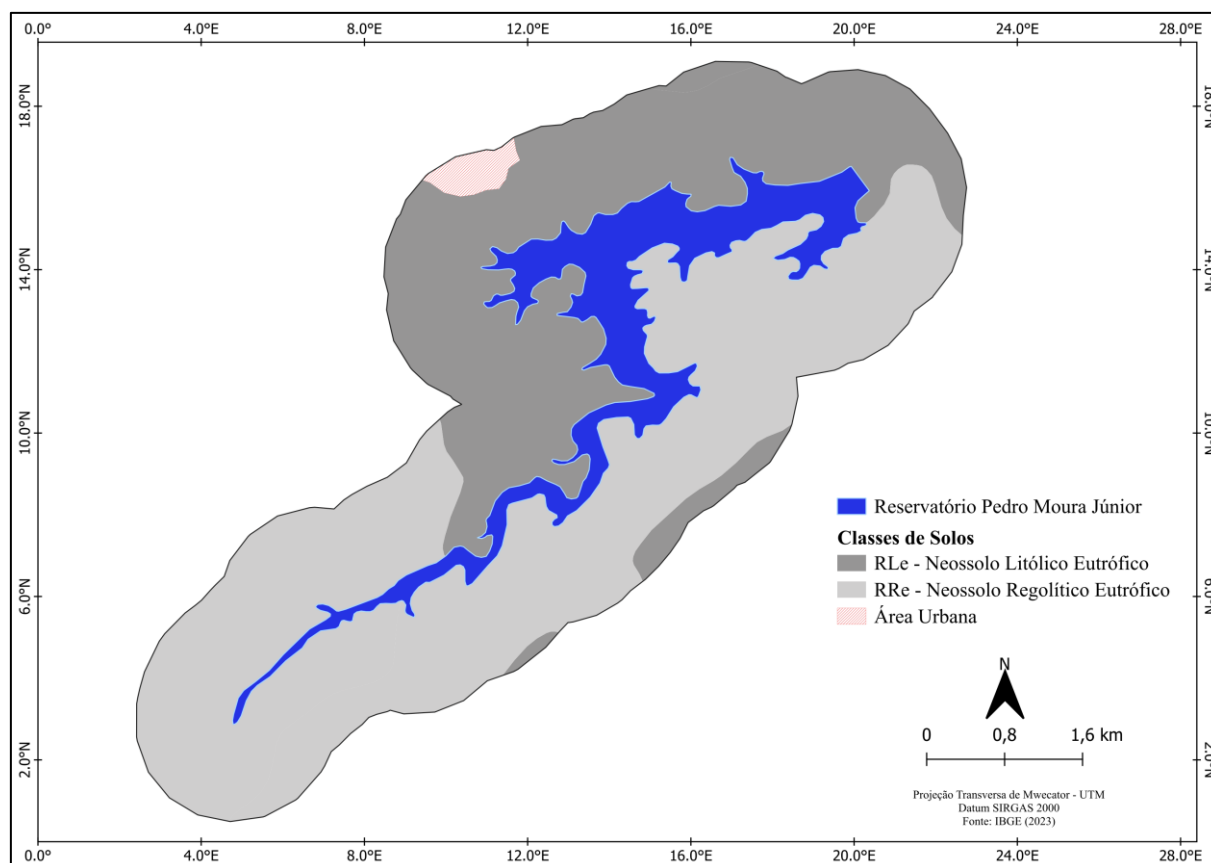
De forma comparativa, Azevedo *et al.* (2020) identificaram, em formações ferríferas neoproterozoicas do Rio de Janeiro, evidências semelhantes de fragmentação continental e reconfiguração crustal associadas à quebra do supercontinente Rodínia (~630 Ma). Contudo, enquanto essas unidades no Sudeste estão inseridas em ambientes úmidos e mais estáveis, no Nordeste semiárido os terrenos cristalinos apresentam regolitos delgados e intenso intemperismo físico,

resultantes da escassez hídrica e da elevada variação térmica (Xavier, 2021; Silva; Demétrio, 2022).

Assim, embora ambos os contextos compartilhem registros da mesma evolução geotectônica, as condições climáticas e morfodinâmicas locais conferem ao cenário nordestino características singulares, com implicações diretas na dinâmica erosiva, na recarga hídrica e na gestão dos recursos naturais.

A Figura 8 apresenta a distribuição espacial das classes de solos no entorno do Reservatório Pedro Moura Júnior. Observa-se o predomínio de duas classes principais: Neossolos Litólicos Eutróficos (RLe) e Neossolos Regolíticos Eutróficos (RRe), além de uma pequena área classificada como área urbana.

Figura 8 – Mapa de pedologia do entorno do reservatório Pedro Moura Júnior.



Fonte: O autor, 2025.

Os Neossolos Litólicos Eutróficos (RLe), representados em cinza escuro, ocupam uma área de aproximadamente 1.080,261 hectares, concentrando-se principalmente ao norte e em setores centrais do perímetro analisado. Esses solos

apresentam perfil raso, desenvolvido diretamente sobre o embasamento cristalino, o que lhes confere alta suscetibilidade à erosão e baixa capacidade de retenção hídrica.

Desse modo, embora essa classe não seja predominante, sua ocorrência evidencia um relevante controle litológico sobre a pedogênese local, influenciando significativamente tanto o uso agrícola quanto a dinâmica de infiltração e escoamento superficial. Ademais, conforme descrito pela Embrapa Solos (2025), os Neossolos Litólicos são solos rasos, apresentam contato lítico dentro de 50 cm e são comuns em relevo ondulado a forte ondulado sobre embasamento cristalino, e quando ocorrem em áreas de rochas metamórficas ou graníticas, podem apresentar elevado grau de eutrofia.

Assim, observa-se que as condições geológicas e geomorfológicas exercem papel determinante na distribuição espacial e nas propriedades físico-químicas dos solos locais, o que, por conseguinte, repercute sobre a vulnerabilidade ambiental e a gestão do uso da terra no entorno do Reservatório Pedro Moura Júnior.

Já os Neossolos Regolíticos Eutróficos (RRe), indicados em cinza claro, distribuem-se em amplas faixas no entorno do reservatório, configurando a classe predominante na área, com ocupação de 1.602,041 hectares, especialmente em setores a sudeste e sudoeste. Esses solos apresentam profundidade maior em relação aos litólicos, mas ainda são jovens e pouco desenvolvidos, resultando em limitações quanto à fertilidade natural e maior vulnerabilidade à degradação quando submetidos a atividades antrópicas intensivas. Tais solos, distribuem-se preferencialmente nas porções mais rebaixadas do relevo e em áreas de transição entre as vertentes e as planícies de acumulação. Esses solos apresentam maior espessura em relação aos Neossolos Litólicos, porém mantêm baixo grau de desenvolvimento pedogenético, com horizonte A delgado e contato direto com o regolito pouco intemperizado. Tal característica os torna altamente suscetíveis à erosão laminar e à mobilização de sedimentos, especialmente sob uso agrícola intensivo e ausência de cobertura vegetal permanente.

De acordo com a Embrapa Solos (2025), os Neossolos Regolíticos são solos pouco desenvolvidos, de textura arenosa e elevada erodibilidade, formados a partir de materiais inconsolidados e comuns em relevos variados. Essa característica evidencia o papel da morfologia e do material de origem na gênese e distribuição dos solos, estabelecendo uma relação direta entre fragilidade ambiental e potencial de

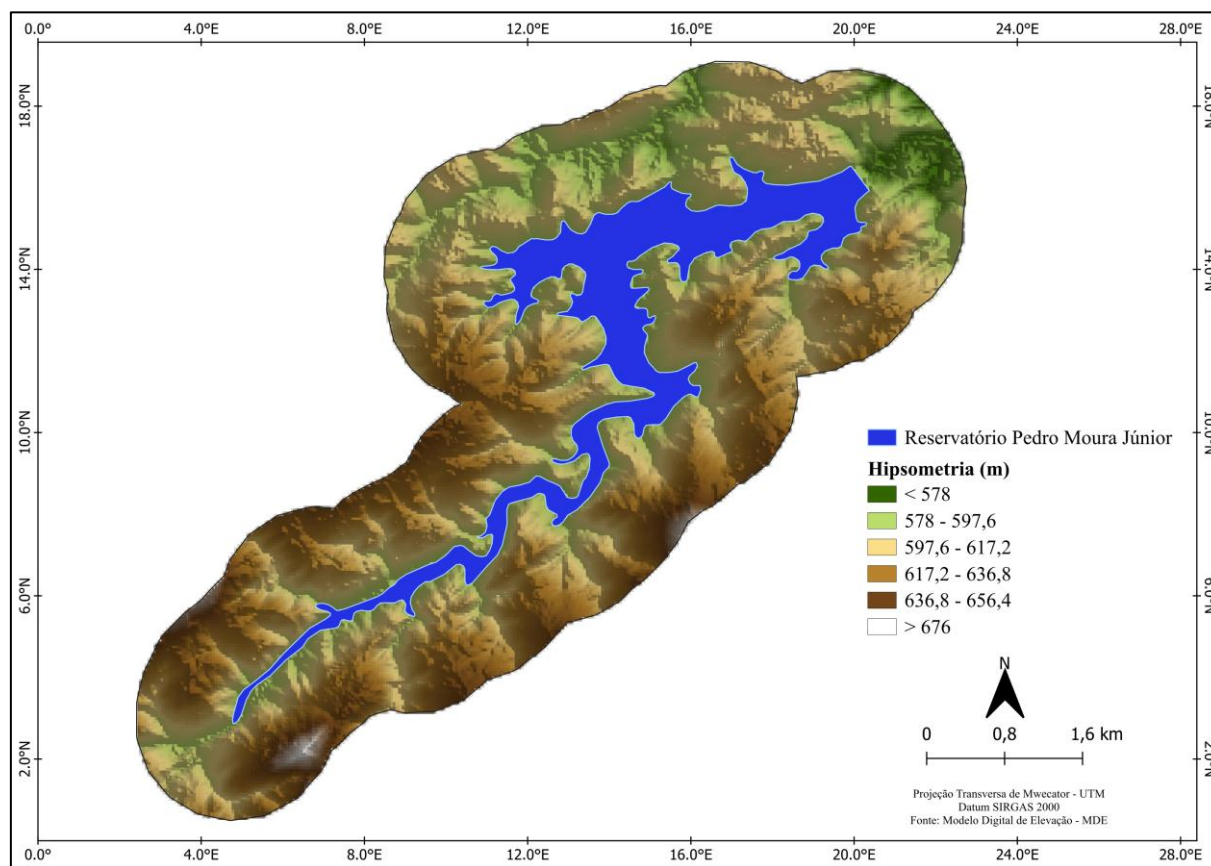
assoreamento nas áreas adjacentes ao reservatório. Nesse contexto, a coexistência de Neossolos Litólicos e Regolíticos no entorno do Reservatório Pedro Moura Júnior reforça a necessidade de práticas de manejo conservacionista voltadas à redução do escoamento superficial e à preservação da capacidade de armazenamento hídrico. Essa condição limita o uso agrícola intensivo e acentua a vulnerabilidade do sistema à erosão e ao assoreamento, demandando estratégias integradas de uso e conservação do solo.

Além disso, a adoção de práticas de manejo sustentável é essencial para garantir a qualidade ambiental e a longevidade operacional do reservatório. Conforme destacado por Morris (2020), a sedimentação, quando não controlada, compromete o balanço sedimentar e reduz significativamente a vida útil dos reservatórios, impactando diretamente sua funcionalidade. De forma complementar, Hansen (2008) ressalta que o controle da erosão e a recomposição da cobertura vegetal são medidas fundamentais para proteger os serviços ecossistêmicos associados a esses sistemas. Dessa maneira, a conservação dos solos no entorno do Reservatório Pedro Moura Júnior não apenas mitiga os processos erosivos e o assoreamento, mas também se configura como componente essencial para a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos locais.

A presença da área urbana (hachurada em vermelho, Figura 8), com 32,154 hectares na porção norte da área mapeada, evidencia ocupação antrópica direta no entorno do reservatório, favorecendo a impermeabilização do solo e o aumento do escoamento superficial. De acordo com Moura e Silva (2015), tais alterações reduzem a infiltração e ampliam o transporte de sedimentos e poluentes para os corpos d'água. Nesse sentido, os resultados corroboram Rabelo *et al.* (2025), que apontam a urbanização como fator de intensificação da erosão e assoreamento em reservatórios do semiárido. Assim, a ocupação observada reforça a necessidade de práticas de manejo e ordenamento urbano que mitiguem esses impactos sobre a qualidade e a disponibilidade hídrica do Reservatório Pedro Moura Júnior.

A Figura 9 apresenta a distribuição hipsométrica da área de contribuição do Reservatório Pedro Moura Júnior, obtida a partir de dados de Modelo Digital de Elevação (MDE). As classes altimétricas variam de < 578 m a > 676 m, evidenciando uma amplitude altimétrica significativa, responsável pela conformação do relevo e pelo padrão de drenagem da bacia hidrográfica.

Figura 9 – Mapa hipsométrico do entorno do reservatório Pedro Moura Júnior.



Fonte: O autor, 2025.

As áreas mais baixas (< 578 m e 578 – 597,6 m), representadas em tonalidades de verde, concentram-se principalmente nas proximidades do espelho d'água do reservatório e ao longo dos vales fluviais. Essas faixas hipsométricas correspondem a superfícies mais planas, associadas a zonas de deposição e maior acúmulo de sedimentos.

As altitudes intermediárias (597,6 – 636,8 m), representadas por tons amarelados e marrons, são predominantes no entorno imediato do reservatório, configurando o relevo ondulado característico da região. Tais áreas constituem as vertentes responsáveis pela contribuição de escoamento superficial para o reservatório, estando diretamente relacionadas ao risco de processos erosivos e assoreamento.

Por sua vez, as maiores altitudes (636,8 – 656,4 m e > 676 m), identificadas em marrom escuro e branco, localizam-se principalmente nas bordas da área mapeada, correspondendo aos interflúvios mais elevados. Esses setores exercem

papel de divisores de águas naturais, condicionando a rede de drenagem e delimitando a bacia hidrográfica do reservatório.

Assim sendo, a análise hipsométrica revela que a bacia do Reservatório Pedro Moura Júnior apresenta relevo variando de plano a fortemente ondulado, com gradientes altimétricos que influenciam diretamente a dinâmica hidrológica e os processos de erosão e transporte de sedimentos. A relação entre hipsometria, solos rasos e a presença do corpo hídrico reforça a necessidade de práticas adequadas de manejo e conservação, visando reduzir impactos ambientais e prolongar a vida útil do reservatório.

Esses resultados corroboram a caracterização morfométrica proposta por Silva (2021) para a bacia do rio Ipojuca, que descreve declividades medianas a planas e textura topográfica significativa, associadas a processos de dissecação avançados e baixo gradiente de relevo. Tais características são indicativas de um modelado suave, fortemente influenciado por estruturas geológicas e zonas de cisalhamento, as quais explicam a presença de inflexões abruptas e canais alinhados a falhas — aspectos também observados na área estudada, onde a morfologia do relevo reflete a atuação conjunta de processos estruturais e erosivos.

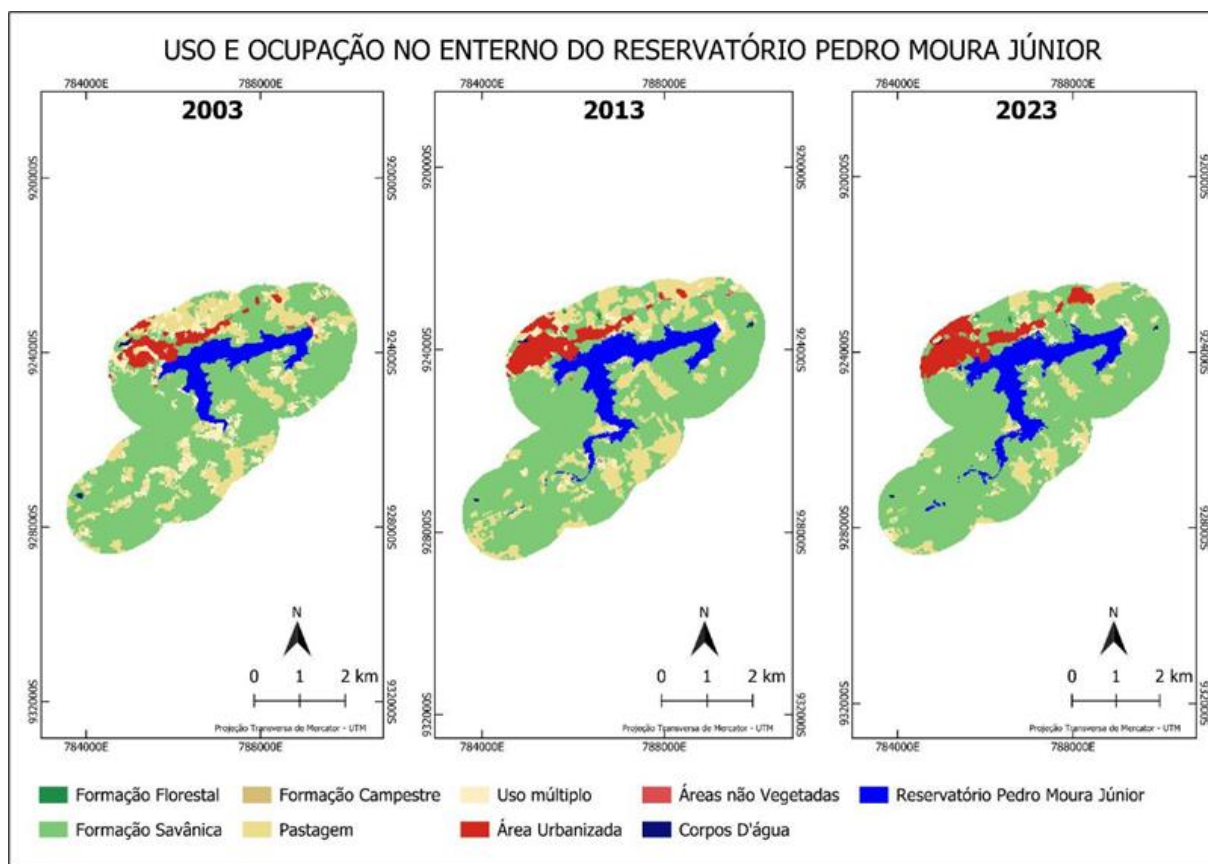
A coerência desses resultados com o estudo de compartimentação hipsométrica e morfométrica descrito por Deus (2016) para a bacia hidrográfica do rio Ipojuca, na qual predominam formas de relevo suave ondulado a ondulado, com presença pontual de áreas fortemente onduladas e montanhosas, reforça a validade das interpretações obtidas. Essa semelhança evidencia que o entorno do reservatório reflete o padrão regional de relevo da bacia, marcado por transições altimétricas moderadas e influência estrutural do embasamento cristalino, características típicas do semiárido pernambucano.

Dessa forma, a configuração hipsométrica local condiciona tanto o escoamento superficial e os processos erosivos nas vertentes, quanto o acúmulo de sedimentos nas áreas mais baixas (Harsha; Ravikumar; Shivakumar, 2020; Ribeiro; Francisco; Sousa, 2023), implicando diretamente na capacidade de armazenamento e na vida útil do reservatório.

5.3 USO E OCUPAÇÃO DO ENTORNO DO RESERVATÓRIO PEDRO MOURA JÚNIOR DA BACIA DO RIO IPOJUCA

As análises de geoprocessamento e sensoriamento evidenciaram mudanças significativas no uso e cobertura do solo para os anos de 2003, 2013 e 2023, totalizando o período total de 20 anos (Figura 10). A análise dos dados mostra uma tendência de recuperação da vegetação natural e mudanças significativas no uso e cobertura do solo entre 2003 e 2013. A Formação Florestal teve aumento expressivo de 100%, seguida pela Formação Savânica, que cresceu 87,83%, e pela Formação Campestre, com 66,72%, indicando um avanço na regeneração dessas áreas, possivelmente devido a processos naturais associados às altas precipitações do ano, bem como à própria condição climática do semiárido.

Figura 10 – Mapa de uso e ocupação do solo do Reservatório Pedro Moura Júnior pertencente a bacia hidrográfica do rio Ipojuca, localizado em Belo Jardim, Pernambuco.



Fonte: O autor, 2025.

De fato, a vegetação do bioma Caatinga é constituída majoritariamente por espécies caducifólias, que apresentam a perda sazonal das folhas durante o período de estiagem, como estratégia adaptativa às irregularidades no regime pluviométrico da região. Segundo Marques (2023), quando tratou em sua monografia sobre a variabilidade espacial e a estrutura de jovens regenerantes de *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. Em área de Caatinga no semiárido paraibano, concluiu que as espécies vegetais do bioma geralmente apresentam adaptações morfofisiológicas associadas à limitação hídrica, como a redução da atividade metabólica por meio da abscisão foliar durante os períodos de estiagem. Além disso, devido à perda foliar durante a estação seca, a leitura de satélite tem alta visibilidade para o solo descoberto. Isso ocorre devido à leitura espectral de cada objeto na superfície terrestre que apresenta uma curva singular de energia no espectro eletromagnético, conhecida como assinatura espectral.

Paralelamente, houve crescimento da Área Urbanizada em 38,99%, sugerindo um crescimento da população e consequentemente da infraestrutura, além do aumento de 32,79% no Reservatório Pedro Moura Júnior, o que está relacionado ao aumento da precipitação. De acordo com dados disponibilizados pelo IBGE (2022), o município de Belo Jardim registrava uma população de 68.698 habitantes em 2003. Em 2013, esse número aumentou em 3.734 habitantes, totalizando 72.432, o que corresponde a um crescimento populacional de 5,44% no período.

Observou-se um aumento de 19,73% na área destinada à pastagem, evidenciando a expansão das atividades agropecuárias, embora em menor proporção quando comparada à regeneração da vegetação. Como reflexo desse processo, destaca-se a presença de uma expressiva população rural no município, cuja concentração tem crescido especialmente nas proximidades do reservatório, impulsionada pela ampliação territorial do município. Essa expansão tem ocorrido de forma contínua ao longo dos anos, acompanhando o desenvolvimento industrial em escala local e regional, o que tem provocado a crescente sobreposição entre os espaços urbanos e rurais (Quadro 1).

Quadro 1 - Classificação e área de uso e ocupação do solo do Reservatório Pedro Moura Júnior pertencente à bacia hidrográfica do rio Ipojuca, localizado em Belo Jardim, Pernambuco, para o período analisado.

Classe	Descrição	Área de uso e ocupação do solo (km²)		
		2003	2013	2023
Formação Florestal	Tipos de vegetação com predomínio de dossel contínuo - Savana-Estépica Florestada, Floresta Estacional Semi-Decidua e Decidua.	0	17.695	23.004
Formação Savânica	Tipos de vegetação com predomínio de dossel semiperene: Savana-Estépica Arborizada e Savana Arborizada, características do bioma Caatinga.	7.925.990	14.887.130	13.370.732
Formação Campestre	Tipos de vegetação com predomínio de espécies herbáceas (Savana-Estépica Parque, Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa, Savana Parque, Savana Gramíneo-Lenhosa) + (Áreas inundáveis com uma rede de lagoas interligadas, localizadas ao longo dos cursos de água e em áreas de depressões que acumulam água, com vegetação predominantemente herbácea ou arbustiva).	7.960	13.271	15.926
Pastagem	Áreas de pastagem plantadas, diretamente relacionadas à atividade agropecuária. As áreas de pastagem natural, por sua vez, são predominantemente caracterizadas como formações campestres ou campos alagados, podendo ser submetidas ou não a práticas de pastejo. Na Amazônia, podem ocorrer áreas desmatadas recentemente, sem que ainda tenha iniciado a atividade agropecuária.	3.596.430	4.305.967	3.126.602
Mosaico de Usos	Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura. Pode incluir áreas de ocupação periurbana, como chácaras, sítios e condomínios.	2.215.350	704.252	1.657.981
Área Urbanizada	Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura.	948.450	1.318.278	1.751.810
Áreas não vegetadas	Áreas de superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes.	88.470	30.966	6.193
Corpos D'água	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água.	38.930	29.196	40.697
Reservatório Pedro Moura Júnior	Área de estudo (Barragem Pedro Moura Júnior).	1.888.920	2.508.231	3.822.927

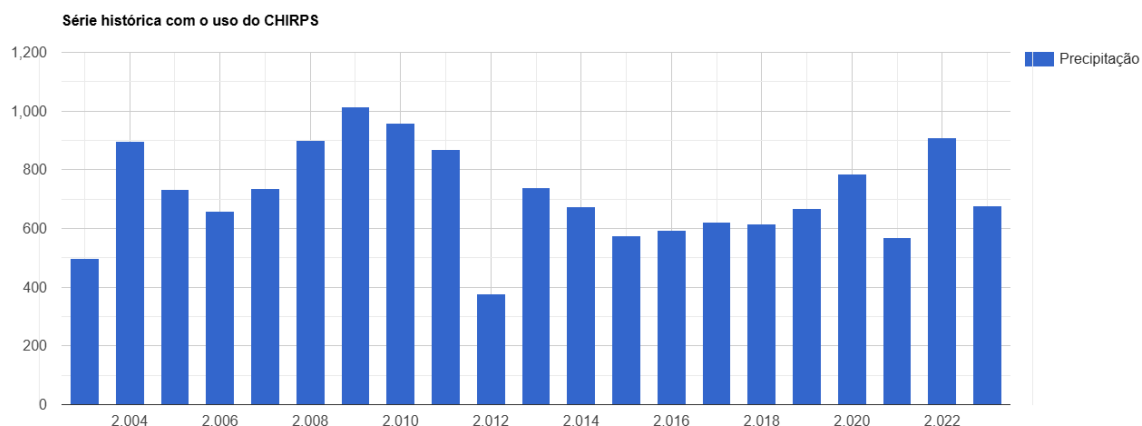
Fonte: O autor, 2025.

Em contraste, algumas classes sofreram redução significativa. O Mosaico de Usos teve redução de 68,21%, o que indica que essas áreas foram convertidas para outros tipos de uso, como formações vegetais ou urbanização. As Áreas não vegetadas diminuíram 65%, possivelmente devido ao crescimento da vegetação ou à ocupação urbana. Por sua vez, os Corpos D'água apresentaram diminuição de 25%, sugerindo processos como drenagem, assoreamento ou redução de áreas alagadas.

Com relação aos anos de 2013 a 2023, as áreas de Formação Florestal e Formação Campestre, apresentaram aumento de 30,00% e 20,01%, respectivamente. Por outro lado, a área de Formação Savânica apresentou redução de 10,19%, assim como a área destinada à Agropecuária, composta por Pastagem, a qual sofreu redução de 27,39%, enquanto o mosaico de usos para atividade cresceu 135,42%. As áreas classificadas como não vegetadas obtiveram redução discrepante de 80,00% em relação às demais classes, o que se justifica pelo crescimento das áreas de mosaico de usos e das áreas urbanizadas, que cresceram 32,89%. A área do espelho d'água do reservatório registrou aumento de 52,42%, tendo os acúmulos superficiais (Corpos d'água) apresentado um crescimento de 39,39%. Conforme dados disponibilizados pela APAC (2025), esse acréscimo se deve ao alto índice de precipitação acumulada de 665,9 mm no ano de 2023 no município de Belo Jardim, Pernambuco.

Para confrontar dados quantitativos quanto às mudanças no uso e ocupação do solo no período de 20 anos, conforme a proposta do estudo. Foi realizado um levantamento dos dados de precipitação junto à APAC para o quantitativo mensal e dados obtidos com o uso do satélite *Climate Hazards Center InfraRed Precipitation with Station data* (CHIRPS), responsável por coletar dados de precipitação quase global há mais de 30 anos, conforme Figura 11.

Figura 11 – Distribuição de Precipitação ao longo dos últimos 20 anos no reservatório Pedro Moura Júnior, Belo Jardim-PE.



Fonte: O autor, 2025.

O CHIRPS incorpora imagens de satélite de resolução de $0,05^\circ$ com dados de estação *in situ* para criar séries temporais de precipitação em grade para análise de tendências e monitoramento de seca sazonal, disponível na coleção *ee.ImageCollection* ("UCSB-CHG/CHIRPS/DAILY") (Funk *et al.*, 2015). Os dados foram processados com o uso da ferramenta *Google Earth Engine* (GEE), capaz de combinar vários *petabytes* de imagens de satélite e dados geoespaciais com recursos de análise em escala planetária.

A análise está em conformidade com os dados das estações de monitoramento pluvial da APAC. Ao longo dos 20 anos analisados, apenas cinco anos apresentaram valores abaixo da média estabelecida pela agência (2003, 2012, 2015, 2016 e 2021). Nesses períodos, a região foi afetada por temperaturas elevadas e baixos índices de precipitação, o que comprometeu a disponibilidade hídrica e demandou a adoção de medidas de intervenção, como o racionamento de água, resultando em alterações no calendário de abastecimento da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). A participação popular teve papel fundamental na compreensão e no atendimento do calendário proposto pela companhia, para restabelecer o nível do reservatório.

No que se refere à área do espelho d'água do reservatório Pedro Moura Júnior, após a escavação sobre a vereda, houve redução de alagamento, sem grande

escavação para a formação de um ambiente profundo. Esse aumento significativo na área de espelho d'água e a diminuição das demais ocupações podem ser atribuídos à obra de ampliação do reservatório concluída em 2017, que aumentou sua capacidade máxima em 11%, passando de 30,7 milhões para 35 milhões de m³ (COMPESA, 2019).

Segundo Martins *et al.* (2022), a construção de reservatórios em solos rasos, com aterro de área alagável, redução da área de infiltração, aumento do escoamento superficial, amplificação do carreamento de sedimentos para os corpos d'água e consequente assoreamento, resulta em ineficiência da contenção da água da chuva e no soterramento da nascente, que passa a ser intermitente, com interrupção de afloramento nos meses de estiagem.

Durante a visita *in loco*, moradores do entorno do reservatório relataram que utilizam predominantemente o próprio manancial como fonte de abastecimento de água. Segundo os relatos, a água apresenta qualidade irregular, com alterações ocasionais no odor, na cor ou com sabores atípicos. Os resultados corroboram o estudo de Oliveira e Guimarães (2024), que avaliaram a presença de compostos fenólicos na água de abastecimento do município de Rio Claro, estado de São Paulo. Os autores supracitados concluíram que os efeitos das características organolépticas podem ter efeitos prejudiciais à saúde, além de afetar negativamente a aceitabilidade da água para consumo.

No que se refere às práticas adotadas no domicílio, a água utilizada é armazenada em caixas d'água individuais. Além disso, a prefeitura municipal disponibiliza produtos químicos para o tratamento domiciliar da água, sendo a distribuição do cloro realizada por meio dos agentes comunitários de saúde. Rodrigues e Oliveira (2022) destacaram a importância do tratamento de água para a desinfecção da água para consumo humano, cujo objetivo consiste em remover os micro-organismos patogênicos. Apesar das variações na qualidade relatadas pelos residentes, os mesmos afirmaram não ter registrado casos de doenças relacionadas ao consumo hídrico em suas residências.

A avaliação dos riscos de uma elevação da concentração de cloro trata-se de uma questão delicada, que deve ser estudada para cada manancial usado como fonte de abastecimento, já que as características da água e a reação do cloro com alguns compostos orgânicos levam à formação de trihalometanos (THM). Vale ressaltar que

os THM não são o único risco existente em relação à cloração das águas e que segundo a legislação brasileira de padrões de potabilidade da água, Portaria de Consolidação nº 05/2017, as águas devem ser submetidas a um processo de desinfecção para a inativação de microrganismos patogênicos (Oliveira; Manhani; Soares, 2022).

Em relação ao saneamento básico, os efluentes sanitários são direcionados a fossas rudimentares, sem relatos de vazamentos ou mau funcionamento dessas estruturas. Entretanto, a comunidade não possui sistema de tratamento de esgoto, o que configura uma lacuna crítica na infraestrutura local. Quanto à gestão de resíduos sólidos, observou-se a prática recorrente de queima de lixo a céu aberto, método inadequado devido aos riscos ambientais e à emissão de poluentes prejudiciais à saúde pública. A afirmação corrobora o estudo de Ribeiro (2024), que avaliou os impactos ambientais causados pelo lixo a céu aberto da cidade de Pinheiro, estado do Maranhão. O autor supramencionado concluiu que os maiores problemas relacionados à saúde pública estão associados à insuficiência da gestão de resíduos sólidos.

Os moradores destacaram a necessidade de intervenção do poder público, cobrando maior fiscalização e gerenciamento eficiente da coleta de resíduos sólidos, além da implementação de tratamento adequado da água pela COMPESA. Notou-se que a localidade enfrenta desafios estruturais significativos, especialmente na garantia da potabilidade da água, na gestão sustentável de resíduos e na universalização do esgotamento sanitário. Recomenda-se a adoção de políticas públicas integradas e a articulação entre órgãos competentes para mitigar os riscos ambientais e sanitários identificados, assegurando conformidade com as diretrizes legais e promovendo a qualidade de vida da população.

A fim de configurar os resultados com base em imagens de satélites e, por se tratar de um trabalho realizado com a análise de dados em campo, registraram-se fotografias do entorno do reservatório para elucidar a discussão (Figura 12).

Figura 12 – Uso e ocupação do solo na área de influência do reservatório Pedro Moura Júnior pertencente à bacia hidrográfica do rio Ipojuca, localizado em Belo Jardim, Pernambuco: margem esquerda em comparação a montante (A); moradores do entorno do reservatório (B); ocupação da terra por animais (C); solo exposto a queimadas (D); solo exposto à erosão, no entorno do lado direito a montante (E); vertedor do reservatório (F); resíduos sólidos a céu aberto (G); sacos plásticos nas margens do reservatório (H); placas fotovoltaicas (I); dutos expostos na margem do reservatório (J); crescimento excessivo de plantas (K); e lançamento direto de efluentes residenciais no solo (L).





Fonte: O autor, 2025.

Conforme a Figura 12A, observa-se que tem sido crescente a ocupação no reservatório Pedro Moura Júnior, principalmente do lado esquerdo, próximo ao vertedor, onde existem plantações de culturas agrícolas, recreação, animais e moradias. Na Figura 12B, observa-se que os moradores se juntam e mantêm os sistemas agrícolas em conjunto, enquanto na Figura 12C, apesar de os animais terem locais próprios, ainda podem ser criados livres no entorno do reservatório. De fato, o local é pouco transitável e, apesar do aumento de moradores, ainda se configura como uma paisagem rural difusa, assumindo o papel da invisibilidade, uma vez que não há saneamento básico (esgotamento sanitário, abastecimento de água potável e destinação dos resíduos sólidos).

Na Figura 12D, retirada do lado esquerdo e próximo ao vertedor do reservatório, observa-se que, possivelmente, foi realizada uma queima de objetos que não foi possível identificar a origem, uma vez que, conforme a imagem, só se percebem os traços do solo exposto ao fogo. Na Figura 12E, retrata-se o que é mais comum neste trecho: solo exposto com pedregulho e com indícios da perda da vegetação local. Por sua vez, na Figura 12F, observa-se o vertedor faltando apenas 5 cm para o seu transbordamento, o que deve ocorrer no mês de março, uma vez que se inicia o período chuvoso. De acordo com dados climatológicos calculados a partir de uma série de dados de 30 anos, o Climatempo (2025) demonstrou que os meses de maior precipitação do município são março, abril, maio e junho.

Observa-se na Figura 12G a disposição inadequada de resíduos sólidos a céu aberto, associada à prática de queima irregular dos materiais. A imagem foi registrada próxima a residências localizadas no entorno do reservatório, evidenciando riscos ambientais e à saúde pública. Adicionalmente, nota-se a presença de uma plantação

de abobrinha, indicando uso do solo para atividade agrícola na região. Na Figura 12H, constata-se o acúmulo de sacos plásticos nas margens do reservatório, decorrente da deficiência do serviço público de coleta de resíduos na comunidade, conforme relatos de moradores.

Quanto à Figura 12I, destacam-se placas fotovoltaicas instaladas na área, presumivelmente destinadas ao abastecimento energético de zonas residenciais ou de lazer no entorno, considerando o adensamento urbano na localidade. Para Silva, Drach e Barbosa (2019), essa modalidade caracteriza-se pela geração de energia elétrica nas proximidades do ponto de consumo ou diretamente no próprio estabelecimento consumidor. O excedente de energia produzido pode ser comercializado com a distribuidora local.

Na Figura 12J, verifica-se a existência de dutos expostos lançando efluentes diretamente na margem do reservatório, e a imagem também exhibe estruturas de contenção para animais (currais) construídas em madeira. O lançamento de efluentes sem tratamento prévio, somado aos dejetos de animais que podem ser carreados para o leito do rio, impacta diretamente na qualidade da água, corroborado pela alteração visível na coloração da água do manancial. Costa *et al.* (2021) avaliaram a influência das atividades antrópicas sobre a qualidade da água em lagos urbanos, enquanto França (2024) avaliou os impactos ambientais na bacia hidrográfica do riacho da Caiçara, em Aurora, estado do Ceará. Os autores suprarreferidos concluíram, respectivamente, que o despejo de efluentes não tratados e excrementos de animais comprometem a qualidade da água.

Evidencia-se na Figura 12K o crescimento excessivo de macrófitas, associado à carga de nutrientes provenientes de efluentes não tratados lançados no ambiente. A afirmação corrobora o estudo de Santos *et al.* (2021), que avaliou a qualidade da água da lagoa da Pampulha, em Belo Horizonte, estado de Minas Gerais. Os autores citados concluíram que o efluente bruto apresenta diferentes concentrações de nutrientes; o excesso de fósforo, por exemplo, resulta na eutrofização, favorecendo o crescimento desmoderado de algas e plantas. Registra-se, ainda, a ocorrência de queimadas em áreas adjacentes, agravando o quadro de degradação.

Em relação à Figura 12L, identifica-se o lançamento direto de efluentes residenciais no solo, prática que pode induzir à contaminação do solo, bem como de recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Essa realidade reforça a urgência de

intervenções estruturantes por parte do poder público, visando à universalização do saneamento básico e à mitigação de impactos socioambientais na região.

Já a área caracterizada como urbanizada evidencia o crescimento e o desenvolvimento do município, visto que, atualmente, essa zona se confunde com a zona rural, devido aos serviços precários em alguns pontos locais, conforme Figura 13. Em alguns trechos podem ser consideradas áreas ribeirinhas, nas quais há ainda casas sem tubulações hidráulicas e/ou com fossas rudimentares.

Figura 13 – Delimitação do uso e ocupação do solo do Reservatório Pedro Moura Júnior pertencente à bacia hidrográfica do rio Ipojuca, localizado em Belo Jardim, PE. Imagem do satélite Sentinel 2A, adquirida através da plataforma Copernicus BROWSER e realizada composição RGB pelo QGIS.



Fonte: O autor, 2025.

Ademais, a Figura 13 evidencia a existência de uma grande zona rural com residências difusas, das quais poucas possuem o serviço de esgotamento sanitário. Assim, como na bacia do rio Ipojuca, estudos apontam desafios relacionados à qualidade da água, incluindo alto potencial de salinização do solo quando utilizada para irrigação (Rosa *et al.*, 2024b). Portanto, é essencial um gerenciamento eficaz

para garantir a sustentabilidade dos múltiplos usos do reservatório e a preservação ambiental da região.

5.4 PROPOSTAS DE MITIGAÇÃO E GESTÃO SUSTENTÁVEL NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO PEDRO MOURA JÚNIOR DA BACIA DO RIO IPOJUCA

A seção 5.4 aborda as propostas de mitigação e os instrumentos de gestão sustentável recomendados para o entorno do Reservatório Pedro Moura Júnior, na bacia do rio Ipojuca, considerando os impactos ambientais diagnosticados ao longo deste estudo. As medidas apresentadas buscam orientar decisões técnicas, administrativas e territoriais capazes de reduzir pressões sobre o manancial, restaurar áreas degradadas e melhorar as condições de saneamento e qualidade da água. Para isso, fundamentam-se em referenciais legais, evidências científicas e diretrizes de planejamento ambiental que priorizam a conservação do recurso hídrico, a segurança sanitária e o equilíbrio socioecológico da paisagem.

5.4.1 Diretrizes Gerais para Redução de Impactos Ambientais

A mitigação dos impactos ambientais no entorno do Reservatório Pedro Moura Júnior demanda a adoção de políticas integradas de gestão hídrica, territorial e sanitária. Os resultados obtidos neste estudo evidenciam pressões significativas relacionadas à expansão urbana, ao uso inadequado do solo, ao descarte irregular de resíduos e à inexistência de tratamento coletivo de esgoto. Assim, as estratégias propostas devem alinhar-se às diretrizes nacionais de saneamento (Lei nº 14.026/2020), de proteção ambiental (Lei nº 12.651/2012), a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) e às metas do ODS 6, incorporando conhecimentos recentes de pesquisas brasileiras sobre reservatórios em regiões semiáridas.

Nesse contexto, a ampliação e o aprimoramento da infraestrutura de saneamento básico são imperativos para interromper a principal fonte de contaminação. A implementação de sistemas de esgotamento sanitário, incluindo a coleta e o tratamento adequado dos efluentes domésticos antes do lançamento nos corpos d'água, é uma medida de alto impacto. De acordo com Vieira *et al.* (2024), nas

áreas rurais onde a implantação de redes convencionais é inviável, a adoção de soluções individuais e descentralizadas de tratamento, como vermifiltro, fossa séptica biodigestora, vala de filtração e filtro de areia, tanque séptico e o biodigestor, tecnologias que possibilitam maior viabilidade técnica e econômica. Essas opções representam não apenas uma resposta prática às limitações de infraestrutura, mas também uma estratégia eficaz para promover saúde pública e sustentabilidade ambiental em comunidades afastadas.

No âmbito da gestão de resíduos sólidos, as alternativas de mitigação para o descarte inadequado de resíduos sólidos em áreas rurais incluem pontos de entrega voluntária, coleta seletiva e práticas como a compostagem comunitária, que reduzem o volume de resíduos e incentivam o reaproveitamento agrícola, assegurando uma destinação correta e acessível à população local. O estudo de Andrade (2023) sobre a gestão de resíduos sólidos em áreas rurais: desafios e subsídios para o Programa Nacional de Saneamento Rural ressalta que a insuficiência de infraestrutura torna a coleta seletiva mais complexa, demandando soluções específicas ao contexto rural; também destaca que a logística reversa de resíduos perigosos permanece pouco implementada, evidenciando a necessidade de intensificar ações de fiscalização e monitoramento para coibir práticas de descarte clandestino. Por fim, a recuperação da vegetação ciliar e barreiras naturais contribuem para proteger os reservatórios, alinhando-se às recomendações de políticas específicas para áreas rurais.

5.4.2 Controle de Assoreamento e Erosão

No que se refere aos processos físicos que intensificam a degradação ambiental, a mitigação do assoreamento e da erosão, associados às variações altimétricas que refletem relevo acidentado e elevada erodibilidade dos solos, depende da adoção de práticas conservacionistas nas áreas agropecuárias da bacia de contribuição. Conforme discutido por Fortini, Braga e Freitas (2020), técnicas como terraceamento, plantio em curvas de nível, rotação de culturas, pousio e uso de culturas de cobertura reduzem o escoamento superficial, controlam perdas de solo e preservam nutrientes, matéria orgânica e água, tornando o solo mais resistente aos processos erosivos; contudo, apesar de seus benefícios ambientais e produtivos, a adoção dessas práticas ainda é limitada no País.

Contudo, os autores supracitados destacaram ainda que a decisão dos agricultores é fortemente orientada pela viabilidade econômica, uma vez que a lucratividade e o retorno sobre o capital investido são fatores determinantes na escolha de técnicas de manejo, de modo que políticas públicas de capacitação técnica e a oferta de incentivos financeiros ou fiscais tornam-se essenciais para reduzir incertezas, ampliar a atratividade econômica dessas práticas e promover sua adoção, contribuindo simultaneamente para a sustentabilidade da produção agrícola e para a conservação dos recursos hídricos.

5.4.3 Ordenamento Territorial e Planejamento Urbano

A pressão antrópica, marcada pela expansão urbana desordenada, reforça a necessidade de que o Plano Diretor do município, atualmente em fase de construção, incorpore diretrizes claras para o ordenamento territorial. Essa preocupação é corroborada por Lima, Lopes e Façanha (2019), ao analisarem que a expansão do perímetro urbano no Brasil frequentemente resulta na ocupação de margens de rios, aterro de córregos e lagoas, além da supressão de áreas naturais, o que intensifica os impactos socioambientais.

Nesse sentido, a delimitação e fiscalização das zonas de amortecimento e das áreas *non aedificandi* no entorno do manancial tornam-se instrumentos essenciais para prevenir ocupações irregulares e reduzir impactos ambientais. A integração da gestão de recursos hídricos com o planejamento municipal de uso do solo, reconhecida pela ANA como estratégia crucial, ganha ainda mais relevância diante dos desafios apontados pelo artigo, pois somente com essa articulação será possível assegurar a proteção efetiva do reservatório e evitar a degradação progressiva dos ecossistemas aquáticos.

Para além das ações estruturais, a educação ambiental e a participação social representam pilares essenciais para a sustentabilidade a longo prazo. É fundamental que a população local, incluindo moradores do entorno, agricultores e pescadores, compreenda os impactos de suas atividades no reservatório e se engaje nas soluções propostas.

5.4.4 Educação Ambiental, Participação Social e Governança

Estudos sobre educação ambiental tem colaborado com a perspectiva da Educação ambiental, participação social e governança, pois parte-se do princípio da coletividade. De fato, recentemente, Malta *et al.* (2025), sobre a Educação e Sustentabilidade: Promovendo a Conscientização Ambiental, reforça que programas de educação ambiental continuada são indispensáveis para formar uma consciência crítica e promover mudanças culturais duradouras. Tais programas devem abordar a importância da mata ciliar, o descarte correto de resíduos e a conservação da água, sendo promovidos pelas esferas municipal e estadual em parceria com a sociedade civil e as instituições de ensino.

Além disso, conforme apontado pelo artigo, o engajamento comunitário fortalece a governança compartilhada, o que torna ainda mais relevante a criação de um Comitê Gestor Local, com representação de todos os usuários e *stakeholders* (atores envolvidos), capaz de facilitar a tomada de decisão coletiva e a fiscalização comunitária das ações de mitigação.

5.4.5 Desenvolvimento Econômico Sustentável

A promoção de alternativas econômicas sustentáveis para as comunidades do entorno pode reduzir a pressão sobre o reservatório. O incentivo ao ecoturismo de base comunitária, à aquicultura sustentável (em tanques-rede com manejo controlado e monitorado) e à agricultura orgânica e de baixo impacto são formas de gerar renda sem comprometer a integridade do manancial.

A recuperação de reservatórios, conforme iniciativas do Governo Federal no semiárido, tem demonstrado que a combinação de ações estruturais (desassoreamento, saneamento) com o desenvolvimento social e econômico local é a chave para uma gestão eficiente e duradoura (Brasil, 2025). A articulação entre os órgãos de gestão de recursos hídricos (ANA, CPRH/PE), a companhia de saneamento (COMPESA) e as prefeituras municipais é indispensável para a implementação coordenada e o sucesso dessas propostas.

Contudo, a segurança hídrica no entorno do Reservatório Pedro Moura Júnior é um componente central para o cumprimento do ODS 6, que estabelece metas

globais para o acesso universal à água potável, ao saneamento básico e à proteção de ecossistemas aquáticos, sendo que, alcançá-la implica não apenas preservar o reservatório enquanto fonte de abastecimento, mas também assegurar que sua gestão seja planejada, participativa, resiliente às mudanças climáticas e orientada pela sustentabilidade socioambiental (ONU, 2024).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstram de forma integrada que a ocupação desordenada do entorno do Reservatório Pedro Moura Júnior tem exercido influência direta sobre a dinâmica ambiental e o saneamento básico na bacia do rio Ipojuca. A análise temporal da temperatura superficial terrestre entre 2003 e 2023 revelou uma redução térmica no entorno do reservatório ao longo dos anos avaliados. Entretanto, as temperaturas máximas registradas em cada período analisado concentram-se principalmente em áreas mais afastadas do corpo d'água, associadas a zonas urbanizadas ou a diferentes formas de uso e cobertura do solo. Essa configuração espacial evidencia os efeitos do manejo inadequado do território e da intensificação da pressão antrópica sobre a bacia do reservatório, refletindo alterações ambientais que podem influenciar sua dinâmica térmica e sua qualidade ambiental.

A caracterização morfológica sobre os aspectos geológicos, pedológicos e hipsométricos evidenciou vulnerabilidades estruturais da bacia, marcadas por variações altimétricas que indicam relevo acidentado, solos rasos e alta erodibilidade, fatores que favorecem processos de escoamento superficial, assoreamento e perda de capacidade de armazenamento. A análise espacial do uso e ocupação do solo confirmou pressões antrópicas intensas, como expansão urbana, atividades agropecuárias e deposição irregular de resíduos, as quais comprometem a integridade das Áreas de Preservação Permanente e agravam o risco de eutrofização.

Esses fatores se refletem diretamente nas condições de saneamento básico, considerando a baixa cobertura de esgotamento sanitário, a insuficiência de drenagem e a destinação inadequada de resíduos sólidos, que intensificam a contaminação difusa e reduzem a qualidade da água. Tais condições reforçam a interdependência entre gestão territorial, degradação ambiental e vulnerabilidade hídrica, especialmente em contextos semiáridos.

Conclui-se que a integração de análises térmicas, morfométricas e de uso do solo permitiu compreender as relações entre mudanças ambientais e pressões antrópicas na bacia, atendendo aos objetivos propostos. Contudo, a mitigação dos impactos identificados demanda ações efetivas de gestão integrada, recuperação de matas ciliares, controle do assoreamento, ampliação do saneamento básico e

monitoramento contínuo das variáveis ambientais, visando à sustentabilidade hídrica e territorial do reservatório e de sua bacia de contribuição.

REFERÊNCIAS

ACCIOLY, L. J. O. et al. **Mapeamento do uso e cobertura das terras do Semiárido pernambucano (escala 1:100.000)**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Recife: Embrapa Solos, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/publicacao/1079144/mapeamento-do-uso-e-cobertura-das-terras-do-semiarido-pernambucano-escala-1100000>. Acesso em: 9 nov. 2025.

ALVES, Adriana Maria. **Avaliação dos impactos e percepção ambiental dos moradores no entorno do açude Lucrécia-RN**. 2022. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2022.

ALVES, F. H. B; CIRILO, J. A. Assimilação de dados geoespaciais aplicada à modelagem hidrológica em bacias hidrográficas de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 5, p. 3992-4009, 2022. DOI: 10.26848/rbgf.v17.5.p3992-4009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/383961788_Assimilacao_de_dados_geoespaciais_aplicada_a_modelagem_hidrologica_em_bacias_hidrograficas_de_Pernambuco. Acesso em 27 out. 2025.

AMORIM, A. T. Poluição dos recursos hídricos e políticas para proteção dos recursos hídricos. **Geopauta**, v. 8, 2024. DOI: 10.22481/rg.v8.e2024.e14962. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/geop/a/5hMLDbgKq9Vpjwx9sQbBJ7H/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 22 out. 2025.

ANDRANDE, Izabel Cristina de Matos. **Gestão de resíduos sólidos em áreas rurais: desafios e subsídios para o Programa Nacional de Saneamento Rural**. 2023. 85 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Acumulado mensal de precipitação – Julho/2023**. Recife: APAC, 2023. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/uploads/JULHO-2023.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Bacias Hidrográficas - Rio Ipojuca**. Recife: APAC, 2025. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/165-bacias-hidrograficas-rio-ipojuca/196-bacia-do-rio-ipojuca>. Acesso em: 03 out. 2025.

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Monitoramento Pluviométrico, 2025**. Disponível em: <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>. Acesso em: 15 nov. 2025.

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Proposta de enquadramento dos corpos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca - Relatório Final**. Recife: APAC, 2019. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/noticias/22-noticias/educacao/419-aprovada-proposta-de-enquadramento-dos-corpos-d-agua-da-bacia-hidrografica-do-rio-ipojuca>. Acesso em: 01 nov. 2025.

ARAÚJO, A. L. S.; COSTA, D. F. S. Impactos da ação humana sobre os serviços ecossistêmicos em um reservatório de água durante a estação chuvosa, no semiárido do Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 25, n. 101, p. 209–223, 2024. DOI: 10.14393/RCG2510172759. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/buscaador.html?task=detalhes&source=all&id=W4403301921>. Acesso em: 11 out. 2025.

ARAÚJO, Ana Liliane dos Santos. **Impactos ambientais do uso e ocupação humana no entorno do reservatório Ministro João Alves (Parelhas/RN)**. 2024. 87 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2024.

ARAÚJO, J. G. S. et al. Qualidade da água do Rio Ipojuca na região de Caruaru. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL INTERDISCIPLINAR, 1.; CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL INTERDISCIPLINAR, 6.; WORKSHOP DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL INTERDISCIPLINAR, 9., 2023, Juazeiro. **Anais...** Juazeiro: UNIVASF; São Paulo: UICLAP Editora, 2024. p. 15-37. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1163722>. Acesso em: 07 nov. 2025.

AZEVEDO, A. F. C.; MACHADO NUNES, R. P.; MENDES, J. C. A Formação Ferrífera São João Marcos: um exemplo de formação ferrífera tipo Algoma Neoproterozoico no Estado do Rio de Janeiro. **Geologia USP – Série Científica**, v. 22, p. 23–43, 2020. DOI: 10.11606/issn.2316-9095.v22-194123. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/368561178_A_Formacao_Ferrifera_Sao_Joao_Marcos_um_exemplo_de_formacao_ferrifera_tipo_Algoma_Neoproterozoico_no_Estado_do_Rio_de_Janeiro_Brasil. Acesso em: 20 out. 2025.

AZEVEDO, S. C. A. et al. Analysis of the 2012–2016 drought in the northeast Brazil and its impacts on the Sobradinho water reservoir. **Remote Sensing Letters**, v. 9, n. 5, p. 438–446, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/2150704X.2018.1437290>. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/5f805231-5652-4c57-9e5f-42d5882b3d42/content>. Acesso: 23 out. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 302, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais. Brasília, DF, 13 maio 2002.

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. Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, 5 jan. 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 03 out. 2025.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Novo Marco Legal do Saneamento Básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, 15 jul. 2020. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm. Acesso em: 03 out. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 25 maio 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 21 nov. 2025.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, 8 jan. 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 20 nov. 2025.

BRASIL. **Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MDR)**. Recuperação de reservatórios garante água de qualidade e gestão eficiente. Brasília: MDR, 29 set. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/recuperacao-de-reservatorios-garante-agua-de-qualidade-e-gestao-eficiente>. Acesso em: 24 out. 2025.

Brito, A. D.; Lopes, J. C.; Anjos, M. M. S. Tripé da governança: poder público, setor privado e a sociedade civil em busca de uma gestão integrada dos recursos hídricos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, 8(4), 506-522, 2020. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/buscador.html?task=detalhes&source=all&id=W3004936400>. Acesso em: 01 nov. 2025.

CAVALCANTE, Gabriel Paiva. **As chuvas na região Agreste da Borborema: análise das médias e extremos pluviométricos em Belo Jardim – PE**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, 2019.

CLIMATEMPO. **Climatologia em Belo Jardim, BR, 2025**. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/2179/belojardim-pe>. Acesso em: 16 nov. 2025.

COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento. **Maior barragem de Belo Jardim volta a acumular água depois de três anos em colapso, 2019**. Disponível em: https://servicos.compesa.com.br/maior-barragem-de-belo-jardim-volta-a-acumular-agua-depois-de-tres-anos-em-colapso/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 16 nov. 2025.

COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento. **Plano Regional de Saneamento Básico – Bacia do Rio Ipojuca, Volume II**. Recife: COMPESA/Consórcio Engecorps–TYPsa–TPF, dez. 2020. Disponível em: https://servicos.compesa.com.br/wp-content/uploads/2020/12/1373-COM-01-SA-RT-0004-R2-Ipojuca_Volumell.pdf. Acesso em: 07 nov. 2025.

COSTA, K.A. et al. Influência das atividades antrópicas sobre a qualidade da água em lagos urbanos: um estudo de caso / Influência de atividades antrópicas na qualidade da água em lagos urbanos: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 2, pág. 19889–19907, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n2-569. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/349875477_INFLUENCIA_DAS_ATIVIDADES_ANTROPICAS SOBRE_A_QUALIDADE_DA_AGUA_EM_LAGOS_URBANOS_UM_ESTUDO_DE_CASO_INFLUENCE_OF_ANTHROPOGENIC_ACTIVITIES_ON_WATER_QUALITY_IN_URBAN_LAKES_A_CASE_STUDY. Acesso em: 18 nov. 2025.

CUSTÓDIO, Á. M. C. et al. Doenças de veiculação hídrica: principais causas e impactos na saúde pública. **Revista Ensino, Educação & Ciências Exatas**, v. 5, p. 46–48, 2024. Disponível em: <https://revista.grupofaveni.com.br/index.php/ensinoeducacaoociencias/article/view/2039>. Acesso em: 27 out. 2025.

DEUS, R. A. S. G. Análise das características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Ipojuca - PE. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S. l.], v. 2, p. 1120–1129, 2016. DOI: 10.21680/2447-3359.2016v2n0ID10575. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/10575>. Acesso em: 19 nov. 2025.

DYER, F. L.; MARTIN, T. C. **Edison: His Life and Inventions**. New York: Harper, 1910.

EKHTIARI, N. et al. Effects of the Lake Sobradinho Reservoir (Northeastern Brazil) on the Regional Climate. **Climate**, v. 5, n. 3, p. 50, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/cli5030050>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2225-1154/5/3/50>. Acesso em: 09 nov. 2025.

EMBRAPA SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 6. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2025.

FEITOSA, L. S. **Manejo da Mata Ciliar e Eutrofização de Reservatórios do Semiárido Nordestino**. 2016. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

FORTINI, R. M.; BRAGA, M. J.; FREITAS, C. O. Impacto das práticas agrícolas conservacionistas na produtividade da terra e no lucro dos estabelecimentos agropecuários brasileiros. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, n. 2, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2020.199479>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/YKpKxKzvwyGgHfVW3qt4ZL/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 10 nov. 2025.

FRANÇA, J. A. **Modelagem dos indicadores de saneamento ambiental do município de Belo Jardim, Pernambuco**. 2025. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2025.

FRANÇA, José Sinézio Araújo. **A identificação dos impactos ambientais na Bacia Hidrográfica do Riacho da Caiçara, no Sítio Logradorzinho, Aurora – CE**.

Cajazeiras, 2024. 54f. Monografia (Licenciatura em Geografia) - Centro de Formação de Professores, Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, Paraíba, Brasil, 2024.

Funk, C. et al. Os perigos climáticos da precipitação infravermelha com estações — um novo recorde ambiental para o monitoramento de extremos. **Revista Sci Data**, 2015. Disponível em: <https://proqualis.fiocruz.br/revista/sci-data>. Acesso em: 14 nov. 2025.

HANSEN, L. Soil Conservation Preserves Reservoir Benefits Nationwide. **Amber Waves**, 01 jun. 2008. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2008/june/soil-conservation-preserves-reservoir-benefits-nationwide/>. Acesso em: 09 nov. 2025.

HARSHA, J. et al. Evaluation of morphometric parameters and hypsometric. **Springer**, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13201-020-1164-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-020-1164-9>. Acesso em: 09 nov. 2025.

IAS - Instituto Água e Saneamento. **O saneamento em Belo Jardim (PE), Municípios e Saneamento**. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/pe/belo-jardim>. Acesso em: 05 nov. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Em 2023, um em cada três domicílios rurais era abastecido por rede geral de água**. 2024b. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/42292-em-2023-um-em-cada-tres-domicilios-rurais-era-abastecido-por-rede-geral-de-agua>. Acesso em: 04 out. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2022: rede de esgoto alcança 62,5% da população, mas desigualdades regionais e por cor e raça persistem**. 2024a. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39237-censo-2022-rede-de-esgoto-alcanca-62-5-da-populacao-mas-desigualdades-regionais-e-por-cor-e-raca-persistem>. Acesso em: 04 out. 2025.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados do Brasil, 2022**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/belo-jardim/panorama>. Acesso em: 14 nov. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **MUNIC 2023: 31,9% dos municípios brasileiros ainda despejam resíduos sólidos em lixões**. 2024c. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41994-munic-2023-31-9-dos-municipios-brasileiros-ainda-despejam-residuos-solidos-em-lixoes>. Acesso em: 04 out. 2025.

ITB - Instituto Trata Brasil. **Novo estudo do ITB aponta diversos ganhos que a universalização do saneamento traria para o estado de Pernambuco**. 2022. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/novo-estudo-do-itb-aponta-diversos-ganhos>. Acesso em: 05 out. 2025.

LEITE, C. H. P.; NETO, J. M. M.; BEZERRA, A. K. L. *Novo marco legal do saneamento básico: alterações e perspectivas*. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 5, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220210311>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/c9q3cL4bMT4L4KP7zCMxzCP/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 11 out. 2025.

LIMA, J. P. A.; LOPES, J. R.; FAÇANHA, A. C. Desafios do planejamento urbano na expansão das cidades: entre planos e realidade. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 1–15, 2019. DOI: 10.1590/2175-3369.011.e20190019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/55dJtxNQzWQggjYmJSbKf5F/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 15 nov. 2025.

MALTA, D. P. L. N. et al. Educação e sustentabilidade: promovendo a conscientização ambiental. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 86–100, 2025. DOI: 10.51891/rease.v11i1.17789. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/17789>. Acesso em: 18 nov. 2025.

MARQUES, Valdeilson Estevão. **Variabilidade espacial e estrutura de jovens regenerantes de *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. em área de caatinga no Semiárido Paraibano**. Sumé, 2023. 44f. Monografia (Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia) Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, Paraíba, Brasil, 2023.

Martins, H. L. et al. Represamento de veredas e conhecimento sobre a estrutura física de reservatórios rasos para mitigar impacto ambiental urbano. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v.27 n.3. 625-632, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220210151>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/Y8yvkSdHMYxN3LGwZsWCGTk/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 12 nov. 2025.

MORRIS, G. L. Classification of Management Alternatives to Combat Reservoir Sedimentation. **Water**, v. 12, n. 3, 2020. DOI:10.3390/w12030861. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/3/861>. Acesso em: 28 out. 2025.

MOURA, E. F. S.; SILVA, S. R. Estudo do grau de impermeabilização do solo e propostas de técnicas de drenagem urbana sustentável em área do Recife-PE. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n. 15, p. 78–93, 2015. DOI: 10.17271/231884723152015993. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282393956_ESTUDO_DO_GRAU_DE_IMPERMEABILIZACAO_DO_SOLO_E_PROPOSTAS_DE_TECNICAS_DE_DRENAGEM_URBANA_SUSTENTAVEL_EM_AREA_DO_RECIFE-PE. Acesso em: 29 out. 2025.

OLIVEIRA, A. M.; Guimarães, O. S. **Engenharia, Gestão e Inovação**. 1. ed. Belo Horizonte, MG: Editora Poisson, v. 12, 2024.

OLIVEIRA, B. M.; MANHANI, M. R.; SOARES, V. A. Métodos de remoção de trihalometanos e seus precursores em água para consumo humano: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 9, n. 2, p. 325-340, 2022. DOI: 10.21438/rbgas(2022)092325. Disponível em:

<https://repositorio.ifsp.edu.br/server/api/core/bitstreams/baf4a329-eff2-48d5-83e4-ec44e290380b/content>. Acesso em: 02 set. 2025.

OLIVEIRA, L. A.; SANTOS, J.; SILVA, M. E. F. Uso e Ocupação do Solo em Áreas de Proteção Permanente de Reservatórios Artificiais. **Diversitas Journal**, v. 2, n. 3, p. 363–376, 2017. DOI: 10.17648/diversitas-journal-v2i3.527. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322550009_Uso_e_Ocupacao_do_Solo_e_m_Areas_de_Protecao_Permanente_de_Reservatorios_Artificiais. Acesso em: 30 out. 2025.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Na Semana Mundial da Água, agências da ONU contribuem para fazer avançar o ODS 6**. 2024. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2024/08/1836711>. Acesso em: 03 out. 2025.

PERNAMBUCO. **Plano hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca: tomo III – Planos de investimentos**. Recife: Governo do Estado de Pernambuco, Secretaria de Recursos Hídricos, 2010.

RABELO, D. R.; ARAÚJO, J. C.; CAVALCANTE, A. A. Impacts of erosion and sedimentation on reservoirs in the Seridó river basin: a hydrosedimentological assessment in the Brazilian semi-arid region. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 30, e32, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.302520250001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbrh/a/6r3HcMDw7Lj4Wb7Xr6ydgGp/?format=html&lang=en>. Acesso em: 16 nov. 2025.

RAULINO, J. B. S.; SILVEIRA, C. S.; LIMA NETO, I. E. Assessment of climate change impacts on hydrology and water quality of large semi-arid reservoirs in Brazil. **Hydrological Sciences Journal**, v. 66, n. 8, p. 1321–1336, 2021. DOI: 10.1080/02626667.2021.1933491. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02626667.2021.1933491>. Acesso em: 24 set. 2025.

RIBEIRO, G. N.; FRANCISCO, P. R. M.; SOUSA, J. H. S. Caracterização da fisiografia e morfologia da bacia hidrográfica do Rio Ipojuca-PE utilizando geotecnologias. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 13, n. 2, p. 310–320, 2023. DOI:10.29150/jhrs.v13.1.p310-320. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/376033157_Caracterizacao_da_Fisiografia_e_Morfologia_da_Bacia_Hidrografica_do_Rio_Ipojuca-PE_utilizando_Geotecnologias. Acesso em: 01 nov. 2025.

RIBEIRO, José Wilian Pereira. **Impactos ambientais causados pelo lixo a céu aberto da cidade de Pinheiro no Maranhão**. Pinheiro, 2024. 37 f. Monografia (Licenciatura em Ciências Naturais – Biologia) – Universidade Federal do Maranhão, Pinheiro, Maranhão, Brasil, 2024.

ROCHA JUNIOR, C. A. N. et al. A redução do volume intensifica o risco à eutrofização em reservatórios do semiárido tropical. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 30, 2018. DOI: 10.1590/S2179-975X2117. Disponível em: https://www.academia.edu/83027553/A_redu%C3%A7%C3%A3o_do_volume_intens

ifica_o_risco_a_eutrofiza%C3%A7%C3%A3o_em_reservat%C3%B3rios_do_semi%C3%A1rido_tropical. Acesso em: 06 nov. 2025.

RODRIGUES, H. V. A.; OLIVEIRA, C. S. P. Água para consumo humano: um levantamento sobre artigos publicados. **Visão Acadêmica**, [S. l.], v. 23, n. 2, 2022. DOI: 10.5380/acd.v23i2.82652. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/academica/article/view/82652>. Acesso em: 19 nov. 2025.

ROSA, R. B. et al. Conflitos pela ocupação do entorno do reservatório Pedro Moura Júnior da Bacia do Rio Ipojuca: Conflicts over the occupation of the area surrounding the Pedro Moura Júnior Reservoir in the Ipojuca River Basin. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 11, n. 2, p. 268-279, 2025. DOI 10.21680/2447-3359.2025v11n2ID40611. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/40611>. Acesso em: 07 nov. 2025.

ROSA, R. B. et al. Conflitos rurais sob a demanda de abastecimento público: Belo Jardim, no estado de Pernambuco. In: CONGRESSO NACIONAL DE SANEAMENTO RURAL, 1., 2024a, Juazeiro, BA. **Anais** [...] Petrolina: UNIVASF, 2024.

Rosa, R. B. et al. Indicadores de saneamento básico: análise do sistema de abastecimento de água da bacia do Rio Ipojuca. **Revista Contribuciones a las ciencias sociales**, v. 17, n. 9, p. e10703, 2024b. DOI: <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.9-226>. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/10703>. Acesso em: 15 nov. 2025.

SANTOS, F. F. S. et al. O desenvolvimento do saneamento básico no Brasil e as consequências para a saúde pública. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 241–251, 2018. Disponível em: <https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/127/113>. Acesso em: 30 out. 2025.

Santos, K. D. et al. Estudo da qualidade da água da Lagoa da Pampulha / Belo Horizonte-MG. **Revista UniAraguaia**, v. 16, n. 1, p. 1–15, 2021. Disponível em: <http://sipe.uniaraguaia.edu.br/index.php/REVISTAUNIARAGUAIA/article/download/1024/Vol16-1-art-10/3703>. Acesso em: 07 nov. 2025.

Silva, C. F.; Drach, P. R. C.; Barbosa, G. S., Energia solar no meio urbano: análise para diferentes formas urbanas. **Revista Tecnol. Soc.**, v. 15, n. 37, P. 546-575, jul./set. 2019. DOI: 10.3895/rts.v15n37.9800. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/9800>. Acesso em: 29 out. 2025.

SILVA, D. F. et al. Morfologia urbana e a (ir)regularidade fundiária: uma abordagem no semiárido nordestino. **Revista Monografias Ambientais**, v. 12, p. 23-36, 2016. DOI: 10.5902/2236130821327. Disponível em: <https://research.amanote.com/publication/cqMD43MBKQvf0BhilqUY/morfologia-urbana-e-a-irregularidade-fundiria-uma-abordagem-no-semirido-nordestino>. Acesso em: 03 nov. 2025.

SILVA, D. M.; AZEVEDO, E. Avaliação dos índices de extremos climáticos no Agreste Central pernambucano (municípios de Alagoinha, Barra de Guabiraba, Belo Jardim...). **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v. 21, 2018. DOI: <https://doi.org/10.52719/bjas.v1i2.2818>. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/BJAS/article/download/2818/482483278>. Acesso em: 09 nov. 2025.

SILVA, G. M.; DEMÉTRIO, J. G. A. Contribuição ao conhecimento do comportamento hidráulico de um aquífero fissural na região semiárida do Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 8, n. 1, p. 87–102, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2022v8n1ID25369>. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/25369>. Acesso em: 10 nov. 2025.

SILVA, S. S. et al. Conflitos em torno de um reservatório urbano com capacidade para abastecimento público no semiárido do Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Sustentabilidade**. Vol. 10, nº 25, p. 619-631, 2023. DOI: [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2023\)102504](https://doi.org/10.21438/rbgas(2023)102504). Disponível em: <https://revista.ecogestaobrasil.net/v10n25/v10n25a04.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2025.

SOARES, Anna Elis Paz. **Potencial de reúso de efluentes sanitários e sua interface com a gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca – Pernambuco**. 2023. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

SOARES, M. P. A.; SOUZA, W. M.; VIGODERIS, R. B. Avaliação dos índices de extremos climáticos no Agreste Central de Pernambuco. **Brazilian Journal of Agroecology and Sustainability**, v. 1, n. 2, 2020. DOI: <https://doi.org/10.52719/bjas.v1i2.2818>. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/BJAS/article/download/2818/482483278>. Acesso em: 09 nov. 2025.

SOBREIRA SILVA, F. et al. Avaliação da proposta de enquadramento por meio do ICE em reservatórios da bacia do Ipojuca, Pernambuco, Brasil. **Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente**, v. 9, n. 1, p. 348–364, 2022. DOI: 10.17564/2316-3798.2022v9n1p348-364. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/saude/article/view/11117>. Acesso em: 06 nov. 2025.

TCE-PE - Tribunal de Contas de Pernambuco. **Água tratada chega a 87% dos pernambucanos, e esgoto a apenas 34%**. 2024. Disponível em: <https://www.tcepe.tc.br/internet/index.php/noticias/446-2024/dezembro/7778-tce-pe-agua-tratada-chega-a-87-dos-pernambucanos-e-esgoto-a-apenas-34>. Acesso em: 03 out. 2025.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020. E-book. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/rCsFGnbxf3YMnNJTD7fwBP/?format=html&lang=en>. Acesso em: 29 out. 2025.

VIEIRA, J. M. S. et al. Soluções baseadas na natureza para o esgotamento sanitário: vantagens da implementação de sistemas individuais descentralizados em zonas

rurais, favelas e comunidades urbanas. **Caderno Pedagógico**, [S. l.], v. 21, n. 7, p. e6021, 2024. DOI: 10.54033/cadpedv21n7-225. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/6021>. Acesso em: 17 nov. 2025.

XAVIER, R. A. Processos geomorfológicos e evolução da paisagem no semiárido brasileiro. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 7, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2021v7n1ID20692>. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/issue/view/1480>. Acesso em: 02 nov. 2025.