



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E
MEIO AMBIENTE



FELIPE JULIÃO PEREIRA

**CRESCIMENTO URBANO, IMPACTOS AMBIENTAIS E PERCEPÇÃO
AMBIENTAL NA SUB-BACIA DO RIO TIBIRI, SANTA RITA - PARAÍBA**

JOÃO PESSOA - PB

2023

FELIPE JULIÃO PEREIRA

**CRESCIMENTO URBANO, IMPACTOS AMBIENTAIS E PERCEPÇÃO
AMBIENTAL NA SUB-BACIA DO RIO TIBIRI, SANTA RITA – PARAÍBA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Desenvolvimento e Meio
Ambiente da Universidade Federal da Paraíba,
para obtenção do título de Mestre.

Orientador: EDUARDO RODRIGUES
VIANA DE LIMA

JOÃO PESSOA - PB

2023

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

P436c Pereira, Felipe Julião.

Crescimento urbano, impactos ambientais e percepção ambiental na sub-bacia do rio Tibiri, Santa Rita ?
Paraíba / Felipe Julião Pereira. - João Pessoa, 2023.
139 f. : il.

Orientação: Eduardo Rodrigues Viana de Lima.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Planejamento urbano. 2. Recursos hídricos. 3. Geoprocessamento. I. Lima, Eduardo Rodrigues Viana de. II. Título.

UFPB/BC

CDU 711.4(043)

FELIPE JULIÃO PEREIRA

**CRESCIMENTO URBANO, IMPACTOS AMBIENTAIS E PERCEPÇÃO
AMBIENTAL NA SUB-BACIA DO RIO TIBIRI, SANTA RITA – PARAÍBA**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA – da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Trabalho Aprovado. João Pessoa, 28 de fevereiro de 2023

BANCA EXAMINADORA

Professor Doutor Eduardo Rodrigues Viana de Lima

Universidade Federal da Paraíba (Orientador)

Assinatura digital abaixo

Professora Doutora Maria Cristina Basílio Crispim da Silva

Professor Avaliador 1 (Membro interno)

Universidade Federal da Paraíba

Assinatura digital abaixo

Professor Doutor Richarde Marques da Silva

Professor Avaliador 2 (Membro externo)

Universidade Federal da Paraíba

Assinatura digital abaixo

<i>(Assinado digitalmente em 11/03/2023 09:14)</i> EDUARDO RODRIGUES VIANA DE LIMA PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR <i>Matrícula: 338351</i>	
<i>(Assinado digitalmente em 20/03/2023 10:32)</i> MARIA CRISTINA BASILIO CRISPIM DA SILVA PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR <i>Matrícula: 2335304</i>	<i>(Assinado digitalmente em 10/03/2023 17:23)</i> RICHARDE MARQUES DA SILVA PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR <i>Matrícula: 2529303</i>

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufpb.br/documentos/> informando seu número: **4**, ano: **2023**, documento (espécie): **FOLHA**, data de emissão: **10/03/2023** e o código de verificação: **ca929bdc09**.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, a ele toda a minha gratidão por todas as graças recebidas e por me proporcionar a conclusão de mais uma etapa acadêmica e profissional.

A minha esposa, Ligia Lucena, que com paciência, compreensão e muito amor soube conduzir cada momento desta etapa acadêmica.

Aos meus pais, Lindalva Julião e Francisco Barbosa, que sempre incentivaram e investiram na minha carreira acadêmica.

Aos meus sobrinhos Mariana D'avlis e Matheus Luís, que com seus belos sorrisos animam os meus dias mais difíceis.

Ao meu irmão Daniel Julião e cunhada Joyce Almeida, que com palavras de ânimo sempre fortaleceu cada etapa dessa jornada.

Ao meu orientador, professor Doutor Eduardo Viana, que com as suas orientações, dicas e correções foi possível aprimorar este trabalho.

A banca avaliadora desta dissertação, professora Doutora Cristina Crispim e professor Doutor Richarde Marques, que com disponibilidade, atenção e compromisso contribuíram com sugestões e melhorias para este trabalho.

A Universidade Federal da Paraíba, especialmente, ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) pela estrutura e corpo docente e técnico, que foram a base para o bom êxito no aprendizado durante o curso do Mestrado.

A todos os docentes do curso de Mestrado do PRODEMA, que com dedicação e responsabilidade socioambiental ensinaram conteúdos e lições de vida que foram e serão fundamentais na caminhada profissional e na vida.

Aos colegas de turma por todo apoio, avisos, recomendações, orientações, companheirismo e amizade desenvolvidos ao longo do curso, com certeza a parceria criada foi fundamental nessa jornada.

RESUMO

O crescimento urbano é predominantemente impulsionado pelo aumento de atividades econômicas, se manifestando através da demanda por áreas construídas, criando paisagens antrópicas, pressionando o ambiente natural. Esse fenômeno pode ser identificado em várias regiões do mundo, como é o caso de Santa Rita, município da Paraíba, nordeste brasileiro. O município passou por uma intensa expansão urbana nas últimas décadas, resultando em diversos problemas ambientais, principalmente nos ambientes aquáticos. Entre estes, destaca-se o Rio Tibiri, responsável pelo abastecimento de água de parte da população urbana e serve como fonte de recreação, lazer e pesca. Com isso, o objetivo principal deste estudo foi avaliar o crescimento urbano e os impactos ambientais na sub-bacia do Rio Tibiri em Santa Rita, Paraíba, decorrentes do processo de urbanização. Esta pesquisa tem uma abordagem quali-quantitativa onde foi usada a pesquisa bibliográfica e estudo de caso como técnicas. O processo de urbanização foi avaliado a partir de levantamento bibliográfico e elaboração de mapas de uso e ocupação do solo no software QGIS a partir da década de 1980, utilizando a base de dados do MapBiomias. Para identificação dos impactos ambientais, foram realizadas visitas no período chuvoso e de estiagem para utilização do método *checklist* a partir da adaptação do Protocolo de Avaliação Rápida proposto por Callisto et al., (2002) e da criação de um índice de qualidade ambiental adaptado de Campos e Nucci (2019). O levantamento da percepção ambiental quanto aos problemas da urbanização, recursos hídricos, impactos ambientais e serviço de saneamento básico foi realizado com base em 400 entrevistas do tipo semiestruturadas, sendo realizada a análise das entrevistas a partir de estatística descritiva simples e a categorização das respostas com base na Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2016). Por fim, as propostas de soluções para os problemas identificados foram propostas baseados em levantamento bibliográfico. Os dados revelaram que 86% da população de Santa Rita residia na área urbana em 2010, sendo o maior período de crescimento da população urbana entre os anos de 1970 e 1980. A expansão urbana na sub-bacia se deu principalmente na década de 1980, com a criação do Bairro dos Municípios e loteamentos na margem esquerda do Rio Tibiri. A economia de Santa Rita é aquecida por diversas indústrias, empresas de serviço e comércio e pelo agronegócio, sendo opção de moradia para trabalhadores de outras regiões do Estado que buscam residências próximas à capital por um menor custo. Os mapas de uso e ocupação do solo revelaram uma redução na área da classe “Agropecuária” e aumento das áreas das classes “Área não vegetada” e de “Floresta”. Os impactos ambientais na sub-bacia do Rio Tibiri revelaram que três pontos no alto curso do rio se encontram com classificação ambiental “Boa” e no baixo curso um ponto foi classificado como “Regular” e um como “Ruim”. Em relação à percepção ambiental, a categoria de visão sistêmica foi a mais evidente nas evocações em relação aos impactos da urbanização, problemas de lançamento de esgoto e resíduos sólidos nos rios. As propostas de melhorias foram relacionadas ao saneamento ecológico, drenagem urbana, coleta seletiva e educação ambiental, e para a recuperação do rio foram propostas ações de biorremediação com biofilme. Enfatiza-se que devido à situação atual do Rio Tibiri é urgente a necessidade de se estabelecer medidas mitigadoras a fim de evitar o aumento da degradação deste rio. Estas medidas trarão inúmeros benefícios ambientais e sociais exigindo esforço conjunto do poder público e da sociedade.

Palavras-chave: Urbanização; Recursos hídricos; Uso e ocupação; Geoprocessamento.

ABSTRACT

Urban growth is predominantly driven by increased economic activities, manifesting itself through the demand for built-up areas, creating anthropic landscapes, putting pressure on the natural environment. This phenomenon can be identified in several regions of the world, as is the case of Santa Rita, municipality of Paraíba, northeastern Brazil. The municipality has undergone intense urban expansion in recent decades, resulting in several environmental problems, especially in aquatic environments. Among these, the Tibiri River stands out, responsible for supplying water to part of the urban population and serving as a source of recreation, leisure and fishing. With that, the main objective of this study was to evaluate the urban growth and the environmental impacts in the Tibiri River sub-basin in Santa Rita, Paraíba, resulting from the urbanization process. This research has a quali-quantitative approach where bibliographic research and case study were used as techniques. The urbanization process was evaluated based on a bibliographic survey and the elaboration of maps of land use and occupation in the QGIS software from the 1980s, using the MapBiomas database. In order to identify the environmental impacts, visits were made during the rainy and dry periods to use the checklist method based on the adaptation of the Rapid Assessment Protocol proposed by Callisto et al., (2002) and the creation of an environmental quality index adapted from Campos and Nucci (2019). The survey of environmental perception regarding the problems of urbanization, water resources, environmental impacts and basic sanitation service was carried out based on 400 semi-structured interviews, with the analysis of the interviews based on simple descriptive statistics and the categorization of responses with based on Content Analysis proposed by Bardin (2016). Finally, the proposals for solutions to the identified problems were proposed based on a bibliographic survey. The data revealed that 86% of the population of Santa Rita resided in the urban area in 2010, with the greatest period of urban population growth being between the 1970s and 1980s. Urban expansion in the sub-basin took place mainly in the 1980s, with the creation of Bairro dos Municípios and subdivisions on the left bank of the Tibiri River. The economy of Santa Rita is boosted by several industries, service and commerce companies and by agribusiness, being a housing option for workers from other regions of the State who seek residences close to the capital at a lower cost. The land use and occupation maps revealed a reduction in the area of the "Agriculture" class and an increase in the areas of the "Non-vegetated area" and "Forest" classes. The environmental impacts in the Tibiri River sub-basin revealed that three points in the upper course of the river are classified as "Good" and in the lower course one point was classified as "Regular" and one as "Bad". Regarding environmental perception, the systemic view category was the most evident in the evocations in relation to the impacts of urbanization, problems of sewage and solid waste in rivers. The proposals for improvements were related to ecological sanitation, urban drainage, selective collection and environmental education, and for the recovery of the river, bioremediation actions with biofilm were proposed. It is emphasized that due to the current situation of the Tibiri River, there is an urgent need to establish mitigation measures in order to avoid the increase in the degradation of this river. These measures will bring numerous environmental and social benefits, requiring a joint effort by public authorities and society.

Keywords: Urbanization; Water resources; Use and occupation; Geoprocessing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo	34
Figura 2: Ressurgimento da nascente do Rio Tibiri	34
Figura 3: Barragem de nível no Rio Tibiri, Santa Rita – PB	35
Figura 4: Açude Tibiri, Santa Rita, PB	36
Figura 5: Esquema dos procedimentos metodológicos	37
Figura 6: Localização dos pontos ao longo do rio Tibiri para análise dos impactos	40
Figura 7: Número de empresas por porte em Santa Rita - PB em 2022	48
Figura 8: Número de empresas por atividade econômica em Santa Rita – PB em 2022	48
Figura 9: Ranking de quantidade produzida de cana-de-açúcar na Paraíba ..	49
Figura 10: Ranking de valor da produção de cana-de-açúcar na Paraíba	49
Figura 11: Uso e ocupação do solo da sub-bacia do Rio Tibiri, Santa Rita – PB. A) Em 1985; B) Em 1990; C) Em 2000; D) Em 2010; E) Em 2020	51
Figura 12: A) Evolução da área da agropecuária na sub-bacia do Rio Tibiri; B) Evolução a área de floresta na sub-bacia do Rio Tibiri; C) Evolução da área não vegetada na sub-bacia do Rio Tibiri	56
Figura 13: Ressurgimento da nascente do Rio Tibiri, Santa Rita – PB	60
Figura 14: Formação do Rio Tibiri após a nascente	62
Figura 15: Barramento artificial após a nascente do Rio Tibiri	63
Figura 16: Plantas aquáticas do gênero <i>Nymphaea</i> encontradas no barramento	63
Figura 17: Presença de resíduos sólidos na trilha de acesso à barragem	65
Figura 18: A) Presença de plásticos na barragem de abastecimento. B) Presença de pneu na barragem de abastecimento	66
Figura 19: Rede de drenagem pluvial em área próxima à barragem de abastecimento	66
Figura 20: Resíduos de abatedouro de aves próximo a barragem de abastecimento	68
Figura 21: A) Planta aquática enraizada <i>Hydrocleys nymphoides</i> B) Plantas aquáticas flutuantes na parede do barramento; C) Plantas flutuantes da família Salviniaceae no espelho de água da barragem; D) Plantas flutuantes no espelho de água da barragem	69
Figura 22: A) Lançamento direto de esgoto no Açude Tibiri. B) Lançamento de esgoto na área externa do Açude Tibiri	72
Figura 23: Escoamento de esgoto doméstico a céu aberto em rua de acesso ao Açude Tibiri	72
Figura 24: A: Animais próximo ao Açude Tibiri; B: Estábulo próximo ao Açude Tibiri	73
Figura 25: A) Resíduos sólidos na área externa do Açude Tibiri. B) Resíduos sólidos nas margens do Açude Tibiri	74
Figura 26: Captação de água no Açude Tibiri, Santa Rita – PB	75
Figura 27: Lavagem de carro no Açude Tibiri, Santa Rita – PB	76
Figura 28: A) Matéria orgânica em decomposição na margem do Açude Tibiri. B) Material retirado do Açude Tibiri depositado na área de uso recreativo	76
Figura 29: A) <i>Pistia stratiotes</i> na margem do Açude Tibiri. B) <i>Pistia stratiotes</i> no leito do Açude Tibiri	77

Figura 30: Plantas aquáticas na margem do Açude Tibiri	78
Figura 31: A) e B): Plantas aquáticas flutuantes, emergentes e submersas no Açude Tibiri	79
Figura 32: A) Pedalinhos como opção de lazer no Açude Tibiri; B) Estabelecimentos comerciais no Açude Tibiri	79
Figura 33: Ponto de assoreamento no Rio Preto, Santa Rita – PB no período de estiagem	81
Figura 34: A) e B) Moradias nas margens do Rio Tibiri, Santa Rita – PB	82
Figura 35: Margem do Rio Tibiri composta por <i>Ricinus communis</i> L	83
Figura 36: Plantação de cana-de-açúcar nas margens do Rio Tibiri, Santa Rita – PB	83
Figura 37: A) e B) Estábulo próximo a margem do Rio Tibiri, Santa Rita – PB	84
Figura 38: A) Resíduos sólidos na margem do Rio Preto. B) Resíduos sólidos próximo à margem do Rio Preto	84
Figura 39: A) <i>Eichhornia crassipes</i> nas margens do Rio Preto no período de estiagem. B) <i>Eichhornia crassipes</i> no leito do Rio Preto no período de estiagem	86
Figura 40: <i>Eichhornia crassipes</i> nas margens do Rio Preto no período chuvoso	86
Figura 41: Faixa etária e sexo dos entrevistados da pesquisa	88
Figura 42: Distribuição do bairro de moradia dos entrevistados	88
Figura 43: Escolaridade dos entrevistados da pesquisa	89
Figura 44: Motivação dos entrevistados para morar em Santa Rita – PB	90
Figura 45: Tempo de moradia dos entrevistados da pesquisa	90
Figura 46: Falta de percepção ambiental quanto aos problemas causados pela urbanização por escolaridade dos entrevistados	91
Figura 47: Categorização, quantidade e percentual das evocações em relação aos impactos ambientais da urbanização	93
Figura 48: Respostas dos moradores que afirmam saber qual o rio que abastece a sua residência	94
Figura 49: Grau de importância do Rio Tibiri para os entrevistados	95
Figura 50: Categorização, quantidade e percentual das evocações nos problemas do lançamento de esgoto nos rios de Santa Rita – PB	97
Figura 51: Lançamento de esgoto a céu aberto e resíduos sólidos nos bairros. A) Centro; B) Loteamento Sol Nascente; C) Marcos Moura; D) Tibiri	98
Figura 52: Lançamento de resíduos sólidos em via pública nos bairros. A) Tibiri; B) Loteamento Sol Nascente; C) Alto das Populares; D) Centro	99
Figura 53: Categorização, quantidade e percentual das evocações nos problemas do lançamento de lixo nos rios de Santa Rita – PB	101
Figura 54: A) Pesca com vara de molinete no Açude Tibiri; B) Pesca com rede de arrasto no Açude Tibiri	102
Figura 55: A) Prática de futevôlei no Açude Tibiri; B) Prática de ciclismo no Açude Tibiri	103
Figura 56: Tipo de mudanças no Rio Tibiri ao longo do tempo	104
Figura 57: Categorias dos responsáveis pela poluição do Rio Tibiri de acordo com os entrevistados	106
Figura 58: Categorias das ações de melhorias no curso do Rio Tibiri	107
Figura 59: Esquema dos modelos de TEVAP e círculo de bananeiras	111

Figura 60: Jardim de chuva instalado em Copacabana, Rio de Janeiro	112
Figura 61: Substratos artificiais para colonização de biofilme no Rio Fervença, Portugal	115

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Descrição das subclasses de uso e ocupação da terra	38
Quadro 2: Características dos pontos estudados para análise dos impactos ambientais	40
Quadro 3: Parâmetros observados no checklist aplicado	41
Quadro 4: População, taxa de urbanização e densidade demográfica em Santa Rita – PB	44
Quadro 5: Variação da população total, urbana e taxa de urbanização em Santa Rita – PB	45
Quadro 6: Área das subclasses de uso e ocupação da terra na área de estudo em 1985	52
Quadro 7: Área das subclasses de uso e ocupação da terra na área de estudo em 1990	53
Quadro 8: Área das subclasses de uso e ocupação da terra na área de estudo em 2000	53
Quadro 9: Área das subclasses de uso e ocupação da terra na área de estudo em 2010	54
Quadro 10: Área das subclasses de uso e ocupação da terra na área de estudo em 2020	54
Quadro 11: Área das subclasses de uso e ocupação da terra e variação temporal na área de estudo ao longo dos anos	55
Quadro 12: <i>Checklist</i> detalhado e classificação dos pontos analisados.....	58
Quadro 13: Resumo dos impactos ambientais encontrados no Rio Tibiri, Santa Rita – PB	59
Quadro 14: Categorização e exemplos das evocações dos entrevistados em relação aos impactos ambientais que a urbanização pode trazer	92
Quadro 15: Categorização e exemplos das evocações dos entrevistados em relação aos problemas causados pelo descarte de esgoto nos rios de Santa Rita – PB	96
Quadro 16: Categorização e exemplos das evocações dos entrevistados em relação aos problemas causados pelo descarte de lixo nos rios de Santa Rita – PB	100
Quadro 17: Tipos de usos atuais do Rio Tibiri pelos entrevistados	102
Quadro 18: Tipos de mudanças de uso do Rio Tibiri e exemplos das evocações	103
Quadro 19: Motivações para a mudança no uso do Rio Tibiri e exemplos das evocações	105
Quadro 20: Ações de melhorias para o Rio Tibiri e exemplos das evocações	107

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANE – Águas do Nordeste
APP – Área de Proteção Permanente
CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CEHAP – Companhia Estadual de Habitação Popular
CEMPRE – Cadastro Central de Empresas
CINEP – Companhia de Desenvolvimento da Paraíba
CNPJ – Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO – Demanda Química de Oxigênio
EPP – Empresa de Pequeno Porte
ETE – Estação de Tratamento de Água
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ME – Microempresas
MEI – Microempreendedores Individuais
OD – Oxigênio Dissolvido
ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PIB – Produto Interno Bruto
PMSR – Prefeitura Municipal de Santa Rita
PROÁLCOOL – Programa Nacional do Alcool
RFB – Receita Federal do Brasil
SIG – Sistemas de Informações Geográficas
SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TEVAP – Tanques de Evapotranspiração

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 Urbanização, impactos ambientais e técnicas de estudo.....	18
2.2 Recursos hídricos e impactos ambientais	23
2.3 Percepção ambiental em áreas urbanas.....	29
3. METODOLOGIA	33
3.1 Área de estudo	33
3.1.1 Município de Santa Rita	33
3.1.2 Sub-bacia hidrográfica do Rio Tibiri.....	33
3.2 Tipo e características da pesquisa.....	37
3.3 Coletas e análise de dados.....	37
3.3.1 Avaliação da urbanização	37
3.3.2 Identificação dos impactos na sub-bacia do Rio Tibiri.....	39
3.3.3 Levantamento da percepção ambiental dos moradores.....	42
3.3.4 Propostas de melhorias	43
3.4 Seleção dos sujeitos e tamanho da amostra	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 Urbanização na sub-bacia do Rio Tibiri e seus principais fatores.....	44
4.1.1 Crescimento populacional e expansão urbana.....	44
4.1.2 Economia e industrialização.....	47
4.1.3 Uso e ocupação do solo.....	50
4.2 Impactos ambientais na sub-bacia do rio Tibiri.....	57
4.2.1 Ponto 1: Nascente do Rio Tibiri	59
4.2.2 Ponto 2: Barragem próxima à nascente.....	62
4.2.3 Ponto 3: Barragem de abastecimento de água.....	65
4.2.4 Ponto 4: Açude Tibiri	71
4.2.5 Ponto 5: Área no Centro de Santa Rita (Rio Preto)	80
4.3 Percepção ambiental dos moradores da sub-bacia do Rio Tibiri.....	87
4.4 Propostas de intervenções e melhorias.....	108
4.4.1 Saneamento Básico	109
4.4.2 Recuperação do Rio Tibiri.....	114

4.4.3 <i>Educação Ambiental</i>	117
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	119
REFERÊNCIAS	121
APÊNDICES	138
Apêndice 1: Questionário de Percepção Ambiental	138
Apêndice 2: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	139
ANEXOS	141
Anexo 1: Parecer do Comitê de Ética – Plataforma Brasil.....	141

1. INTRODUÇÃO

Durante muito tempo as cidades foram compactas, com altas densidades populacionais e com um crescimento lento na sua expansão física, entretanto, essa tendência foi revertida nas últimas décadas (SETO; GÜNERALP; HUTYRA, 2012). Esse crescimento urbano é predominantemente impulsionado pelo aumento de atividades econômicas e se manifesta através da demanda por mais áreas construídas (NAYAN et al., 2020).

O processo de urbanização cria paisagens dominadas pelo homem, o que impulsiona mudanças na cobertura do solo e nos sistemas hidrológicos (SETO; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ; FRAGKIAS, 2010), sobrecarregando os recursos naturais que são necessários para acomodar a população em migração para os centros urbanos, esse fenômeno pode ser identificado em várias regiões do mundo (BALHA et al., 2020).

A urbanização contemporânea difere dos padrões históricos de crescimento urbano em termos de escala, taxa, localização, forma e função (SETO; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ; FRAGKIAS, 2010). As tendências de urbanização mundial são irreversíveis desde a segunda metade do século XX, pois a população mundial está cada vez mais nas cidades e geralmente, os níveis de urbanização relacionam-se com os níveis de desenvolvimento econômico. Essencialmente, todo o crescimento populacional futuro é projetado para ocorrer em áreas urbanas (CHEN; LIU; TAO, 2013).

No Brasil, a urbanização acentuada iniciou-se na segunda metade dos anos 1950 e a década de 1970, estimulada pelo avanço da industrialização, alterações nas relações de trabalho no campo e na cidade, além das melhorias sanitárias e das condições de vida. Com isso, a população passou a habitar as grandes cidades, que começaram a ter um perfil metropolitano. Porém, esse fenômeno não ocorreu de forma homogênea, tendo em vista os diferentes graus de desenvolvimento econômico e ocupações prévias nas diversas regiões do Brasil (BASSUL, 2010).

Na região Nordeste do Brasil, o estudo dos principais determinantes do processo de urbanização está diretamente ligado à combinação dos fatores de expulsão da população da zona rural com os fatores de atração dos contingentes em direção às cidades. A dinâmica da urbanização nessa região durante o século XX está ligada à formação de sua economia e sua integração com o mercado nacional. Essa integração, aliada à tentativa de industrialização incentivada a partir da década de 1960, vai dar a tônica do processo de urbanização do Nordeste no pós-guerra (VERGOLINO; DANTAS, 2005).

O município de Santa Rita, localizado na região metropolitana de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, no nordeste brasileiro, passou por um grande aumento populacional e expansão urbana, resultado da criação de novos bairros e loteamentos nos arredores da área urbana a partir da década de 1980. A população de Santa Rita passou de 53.357 habitantes em 1970 para 120.310 habitantes em 2010, com estimativa de 138.093 habitantes para o ano de 2021 (IBGE, 2010).

A problemática central deste aumento significativo na população e das zonas habitadas na cidade foi a falta de planejamento urbano e ambiental, o que acarreta diversos transtornos, entre eles estão a destinação inadequada de resíduos sólidos, assoreamento dos rios, desmatamento da vegetação nativa, lançamento de esgoto em corpos hídricos sem o devido tratamento gerando perda da qualidade dos corpos hídricos.

Em 2020, apenas 3,95% da população de Santa Rita era atendida por rede de esgotamento sanitário, os demais moradores utilizavam fossas ou lançavam esgoto a céu aberto sem nenhum tratamento (SNIS, 2020). O sistema de esgotos sanitários é o ponto mais frágil do sistema de saneamento básico do município de Santa Rita, existindo deficiências em todos os pontos do sistema, principalmente em relação ao atendimento por redes coletoras, que está muito abaixo do atendimento de água (PMSR, 2018a).

Com isso, uma grande quantidade de esgotos domésticos é lançada nos corpos hídricos. Entre esses rios, vale destacar o Rio Tibiri, que possui grande importância para o município, pois ele é o responsável pelo sistema de captação de água para o abastecimento de grande parte da população urbana e que nos últimos tempos vem sofrendo com grandes perturbações antrópicas.

De acordo com Moraes (2011), as ocupações nas margens do Rio Tibiri lançam esgoto e resíduos sólidos em seu leito, não havendo consciência ambiental dos males empregados aos recursos hídricos. Associada à falta de saneamento básico e supressão da mata ciliar para construção de moradias, Eiras e Crispim (2017) reforçam que a degradação na sub-bacia hidrográfica do Rio Tibiri também está relacionada com a falta de educação ambiental.

Ao longo do curso do Rio Tibiri podem ser identificados depósitos de resíduos sólidos, areeiros, redução da mata ciliar, criação de animais, bombeamento ilegal de água para irrigação, barragens para lazer, plantas aquáticas e lançamentos de esgoto sem tratamento (PMSR, 2018b). Este rio também possui importância para a recreação, lazer e pesca dos moradores da cidade, pois ele forma um açude chamado Açude Tibiri, conhecido popularmente como “Balneário do Açude”.

Dautro et al., (2021) apontam que este açude já foi amplamente usado pela população como fonte de lazer, porém com a degradação do Rio Tibiri o seu uso tem sido mais restrito. Santana (2006) e Nóbrega (2008) afirmam que o início da degradação ambiental dos ambientes aquáticos na cidade de Santa Rita se deu com a criação de fábricas e engenhos, que despejavam os seus efluentes nos rios, somados ao lançamento de esgoto pela população que passou a habitar em áreas próximas ao rio e do efluente coletado na rede coletora de esgoto.

Mais recentemente, a mineração tem sido tratada como um fator crucial na degradação do Rio Tibiri, sobretudo no seu alto curso. Silva, Pereira e Morais (2020) classificaram esse trecho do rio como uma área com alta vulnerabilidade ambiental à ação erosiva. Esse elevado grau no processo erosivo na cabeceira do rio pode comprometer a quantidade e a qualidade das águas que chegam na estação de tratamento de água e como resultado podem ocorrer crises temporais ou até mesmo um colapso hídrico na cidade.

Percebe-se que a maioria dos estudos já realizados no Rio Tibiri abrangem apenas o trecho do seu curso conhecido como Rio Preto, desse modo, este projeto expande a área de estudo para toda a sub-bacia do Rio Tibiri, analisando de forma multitemporal o processo de urbanização no local e a sua influência na pressão que os recursos hídricos de Santa Rita vêm sofrendo. Desse modo, demandando atenção específica na resolução dos problemas identificados e na adoção das medidas propostas a partir do diagnóstico ambiental da sub-bacia.

Nesse sentido, o objetivo principal deste estudo é avaliar o crescimento urbano e os impactos ambientais na sub-bacia do Rio Tibiri em Santa Rita, Paraíba, decorrentes do processo de urbanização.

Como objetivos específicos têm-se: realizar uma análise multitemporal da urbanização na sub-bacia do Rio Tibiri; levantar e comparar os usos do passado e atuais do Rio Tibiri; avaliar a percepção dos moradores da sub-bacia do Rio Tibiri sobre a situação ambiental dos recursos hídricos, serviços de saneamento básico e o fenômeno da urbanização; e propor medidas de intervenção e melhoria na sub-bacia em estudo.

Para tanto, testam-se as hipóteses de que: o avanço da urbanização na sub-bacia do Rio Tibiri se deu em direção ao curso do rio; os impactos ambientais são mais intensos no baixo curso do Rio Tibiri e se relacionam com as ações antrópicas; e os moradores da sub-bacia hidrográfica do rio Tibiri percebem quais são os impactos ambientais que ocorrem no local.

Esta dissertação está estruturada da maneira clássica, apresentando ao fim dessa introdução a fundamentação teórica abordando em seu primeiro tópico a urbanização,

impactos ambientais e técnicas de estudo; o segundo trata sobre os recursos hídricos e impactos ambientais; e o último versa sobre a percepção ambiental em áreas urbanas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Urbanização, impactos ambientais e técnicas de estudo

A urbanização é um fenômeno antropogênico que pode ser visto em todo o mundo, sendo definida como o processo de movimentação da população das áreas rurais para as cidades, sendo, portanto, um processo de transformações humanas de áreas selvagens ou agrícolas para ambientes construídos, onde a população passa a viver. Esse fenômeno não representa somente o crescimento da população das cidades, mas o aumento desta em relação aos habitantes do campo (SETO; GÜNERALP; HUTYRA, 2012; FORMAN, 2014; MU et al., 2021).

As cidades do século XIX começaram a enfrentar problemas relacionados ao adensamento populacional e problemas ambientais, tornando-se em ambientes insalubres para a grande maioria da população, tendo em vista que estas cidades não tinham sido planejadas para esse alto adensamento. Como resultado desse fenômeno, a estratégia do planejamento urbano começou a se desenvolver e as cidades foram se transformando em objeto de estudo de múltiplas disciplinas, sobretudo na área de urbanismo, economia, sociologia e geografia, assim como foram sendo articuladas proposições inovadoras a fim de solucionar os desafios do exponencial crescimento populacional nas áreas urbanas (LEITE, 2014; MUNIZ, 2019).

Desse modo, a urbanização planejada também está sendo vista nas últimas décadas, bairros e cidades planejadas já são uma realidade e podem trazer benefícios significativos para a população e para o ecossistema urbano, a partir de implantação de novas tecnologias aplicadas ao contexto urbano, por meio de projetos de infraestrutura básica, mobilidade urbana, trânsito, saúde, educação, energia e segurança pública (LEITE, 2014; MUNIZ, 2019).

Há cinquenta anos, na década de 1970, a maioria da população mundial vivia em áreas rurais, com uma taxa de urbanização global de 36,6%, entretanto, ao longo das décadas que se seguiram, a urbanização avançou em um ritmo acelerado. Em 2007, a urbanização global ultrapassou os 50%, chegando a taxa de 56,1% no ano de 2020, com previsões de se aproximar de 67% até 2050 (ONU, 2018b).

O Brasil teve um ritmo mais acelerado do que a média global, alcançando uma taxa de urbanização de 55,9% ainda no ano de 1970 e nos anos seguintes o país continuou a se

urbanizar rapidamente, atingindo uma taxa de 87% no ano de 2020 (ONU, 2018b). Neste sentido, a experiência brasileira pode antecipar as condições que outros países em desenvolvimento provavelmente enfrentarão nas próximas décadas (BUSSO; CHAUVIN; HERRERA, 2021).

Contudo, vale salientar que as cidades brasileiras diferem em termos de tamanho, níveis de educação dos residentes e estruturas industriais das economias, sendo assim, essas características permitem examinar a urbanização em um nível mais específico de acordo com as condições locais. Esse fato demonstra que mesmo dentro de um país, a urbanização não é um processo homogêneo (SETO; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ; FRAGKIAS, 2010; BUSSO; CHAUVIN; HERRERA, 2021).

A urbanização envolve variáveis complexas, como o crescimento populacional, a intensificação das atividades socioeconômicas, a expansão das áreas urbanas construídas e também a construção de infraestruturas – estradas, sistema de esgoto, fornecimento de energia, entre outros serviços básicos, sendo influenciado por fatores sociais, econômicos e ambientais (NAVARRO; D'AGOSTINO; NERI, 2020; NAYAN et al., 2020).

A urbanização tornou-se um processo necessário na construção da modernização, sendo também um importante sinal da civilização moderna, que continua a crescer em escala dramática. Geralmente, os níveis de urbanização estão intimamente relacionados com os níveis de desenvolvimento econômico, mas também é um importante sinal do nível de desenvolvimento social de um país (RAFIQ; SALIM; NIELSEN, 2016; WENZEL et al., 2020).

A urbanização melhora os níveis econômicos por meio da aglomeração industrial e econômica nas cidades, onde as pessoas concentram seus recursos e serviços. Estima-se que mais de 70% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial é gerado em áreas urbanas. Além disso, o ritmo e a forma da urbanização futura também serão um fator-chave na vulnerabilidade da sociedade e na capacidade de responder aos vários desafios das mudanças climáticas, incluindo o estresse hídrico (JIANG; O'NEILL, 2017; LIU; KONG; ZHANG, 2021).

Nas próximas décadas as áreas urbanas continuarão a se expandir em todo o mundo, impulsionada pelo crescimento da população urbana nas nações em desenvolvimento e pela baixa densidade populacional das áreas recém urbanizadas nos países desenvolvidos. Com esse rápido crescimento, a utilização de recursos e a dependência dos humanos do ecossistema natural também aumentarão rapidamente (MCDONALD; KAREIVA; FORMAN, 2008; LI et al., 2021).

Na medida que se promove um rápido desenvolvimento econômico, existe um custo ambiental associado a esse processo, pois a urbanização consome muitos recursos, como energia e outras matérias-primas, além de gerar grande quantidade de resíduos (HOORNWEG; BHADA-TATA; KENNEDY, 2013; HU, 2020).

Portanto, as contínuas atividades humanas produzirão enormes efeitos negativos sobre os ecossistemas, entre os quais a urbanização é o fator impulsionador mais importante. No processo de rápida urbanização, o declínio no valor da oferta física dos ecossistemas é um resultado direto das crescentes demandas do desenvolvimento humano. A urbanização tornou-se um fenômeno inevitável no processo do desenvolvimento, e equilibrar a relação entre a urbanização e o ecossistema natural é a chave para alcançar o desenvolvimento sustentável (LI et al., 2021).

As áreas urbanas frequentemente representam unidades territoriais críticas, caracterizadas por uma alta concentração de atividades humanas com impacto nos ecossistemas urbanos. Isso reforça a importância de se considerar o ambiente urbano de forma sistêmica, a fim de evidenciar as características relacionadas com os fluxos de materiais e energia, aos ciclos naturais dos recursos e aos componentes bióticos e abióticos do substrato para os seres vivos. Porém, a urbanização ocorre muitas das vezes sem o planejamento adequado, gerando crescimento desordenado, associado à falta de infraestrutura urbana, o que acarreta impactos sociais e ambientais. (TARSITANO et al., 2021),

O crescimento urbano desencadeia desequilíbrios ambientais, com isso, uma cidade planejada e administrada sem uma visão ampla dos limites naturais impostos pela capacidade de suporte de seu terreno pode sofrer com a perda de serviços ecossistêmico e valores culturais (MIGUEZ et al., 2019).

É urgente o desenvolvimento de uma compreensão integrada, quantitativa, preditiva e científica da dinâmica, do crescimento e da organização das cidades que vise compreender as múltiplas ameaças que a população urbana enfrenta. Para tal é preciso um grande compromisso internacional e colaboração transdisciplinar dedicada à ciência, economia e tecnologia. A urbanização é uma questão global relativamente nova e o desenvolvimento de uma estrutura preditiva aplicável a cidades ao redor do mundo é uma tarefa difícil, dada sua complexidade e diversidade (BETTENCOURT; WEST, 2010).

O planejamento do uso do solo é um processo de definição de solo para os vários tipos de uso, visando equilibrar objetivos sociais, econômicos e ambientais, sendo uma abordagem que visa a melhoria da sustentabilidade urbana e ambiental. Nesse contexto, a sustentabilidade

ambiental é uma condição que objetiva atender às necessidades das gerações atuais e futuras sem comprometer os ecossistemas naturais (MOHAMED; WORKU; LIKA, 2020; LI et al., 2020).

A elaboração de um planejamento urbano ambiental requer uma compreensão profunda das interações homem-ambiente, voltando suas atenções para o futuro sustentável da cidade, assumindo um papel crucial para repensar as relações entre as cidades e os ecossistemas. A rápida urbanização gera riscos, mas também oportunidades para o desenvolvimento sustentável (WEBB et al., 2018; LI et al., 2020). Com a tendência do crescimento urbano cada vez maior, um bom planejamento ambiental influencia significativamente na busca por uma urbanização sustentável, por meio de tomada de decisões a nível local, metropolitano, regional e nacional. No entanto, as cidades são sistemas complexos e dinâmicos e a tomada de decisões precisa ser apoiada por conhecimento relevante e identificação de opções e caminhos flexíveis (WEBB et al., 2018).

Embora frequentemente a urbanização seja considerada como uma questão local, todos os impactos ambientais não se limitam aos limites urbanos e são amplamente sentidos em outros lugares. Os impactos globais, associados à expansão urbana projetada, exigirão mudanças políticas significativas para confrontar a minimização da biodiversidade global e as perdas de carbono na vegetação (SETO; GÜNERALP; HUTYRA, 2012).

A rápida urbanização é responsável pelo complexo padrão de expansão e crescimento físico urbano. Este tipo de crescimento urbano rápido e descontrolado tem amplas implicações na degradação do ambiente urbano e suas funções. Esse crescimento urbano descontrolado traz problemas para administrar a prestação de serviços, o investimento público, a política fiscal e a representação política da região (MOHAMED; WORKU; LIKA, 2020).

A urbanização ocasiona a transformação da terra, sendo apresentada como um dos desafios mais sérios e significativos da atualidade por induzir sérios problemas ambientais que impactam os ecossistemas e a sustentabilidade, como escassez de água, emissões de gases de efeito estufa, perdas de biodiversidade, ilhas de calor urbanas, perda de terras agrícolas, afeta o clima local, fragmenta habitat e gera poluição ambiental em áreas urbanas e áreas próximas. Esses problemas, no entanto, são normalmente tratados como questões independentes, o que frequentemente resulta em uma política ineficaz, levando a consequências indesejadas (BETTENCOURT; WEST, 2010; JIANG; O'NEILL, 2017; HE et al., 2019).

O crescimento populacional e o processo de urbanização levam a mudanças no uso e cobertura da terra, nas condições ambientais e na intensidade do desenvolvimento, alterando os ecossistemas aquáticos e terrestres dentro e nos arredores das áreas urbanas, contribuindo para a modificação direta ou indireta de praticamente todos os ecossistemas do planeta (NAYAN et al., 2020; UCHIDA et al., 2021).

Baseado nesse atual modelo de desenvolvimento nota-se uma crescente demanda por recursos naturais e por espaço físico, com isso as áreas que deveriam ser preservadas, passaram a ser ocupadas de forma desordenada e sem planejamento (SILVA; SANTOS; GALDINO, 2016). As consequências desse fenômeno para a biodiversidade e para a conservação dos recursos naturais são pouco conhecidas, por isso, nota-se um aumento considerável nos esforços de pesquisa sobre urbanização nos últimos anos (MCDONALD; KAREIVA; FORMAN, 2008; WENZEL et al., 2020).

Com isso, uma crescente demanda por armazenamento, análise e exibição de dados ambientais levou ao uso de computadores e ao desenvolvimento de sistemas de informação sofisticados. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permitem que os usuários exibam e comparem dados espaciais de uma localização geográfica para um determinado conjunto de objetivos e podem permitir a modelagem de impactos ambientais. A combinação desses sistemas com fontes de dados associadas, como sensoriamento remoto e imagens de satélites, são comuns em monitoramento e avaliação ambiental (JAIN et al., 2012).

Com o auxílio de aplicativos de geoprocessamento, os tomadores de decisão podem obter, construir e analisar dados espaciais e geográficos em mapas, criando buscas interativas e visualizar as conclusões desses processos. Os métodos e ferramentas dos SIG são amplamente usados em aplicações de engenharia, planejamento e gerenciamento urbano, sistemas de transporte e logística, design de instalações, especificação, alocação de locais de recursos agrícolas e determinação de regiões potenciais com alta demanda de recursos e vulnerabilidade (BALAMAN, 2019).

Mapear áreas onde ocorre um crescimento urbano pode auxiliar a entender a dinâmica da urbanização no local, suas causas e consequências socioambientais. O mapeamento urbano contribui para uma variedade de estudos, como expansão urbana, estudos comparativos de biodiversidade, planejamento e gestão regional (GRIMM et al., 2008; ZHOU et al., 2018). A rápida e extensa expansão urbana, bem como a compreensão atual da urbanização, requerem abordagens de mapeamento urbano atualizadas, comparáveis e eficientes (HU et al., 2020).

O mapeamento do uso e cobertura do solo é importante, pois o uso sem um planejamento adequado degrada o meio ambiente. Esta técnica facilita a detecção de áreas degradadas e exploradas de forma indevida, podendo subsidiar na tomada de decisões por parte dos órgãos competentes e fiscalizadores. Além disso, o mapeamento de zonas urbanas, permite o planejamento e administração das ocupações, de modo que o monitoramento da preservação das áreas naturais possa ser realizado de forma eficaz (LOPES, 2008).

Analisar a tendência das mudanças no uso e cobertura do solo, as suas causas e consequências sobre os meios de subsistência humana e sobre o meio ambiente é uma questão que está diretamente relacionada com o desenvolvimento sustentável e a gestão dos recursos naturais (MESHESHA; TRIPATHI; KHARE, 2016).

2.2 Recursos hídricos e impactos ambientais

Recurso hídrico é um termo que se refere a todo o corpo e fonte de água existente no mundo, sendo vital para existência da vida no planeta. É um recurso que, apesar de possuir um movimento cíclico, é finito e distribuído de forma desigual nas regiões do mundo (CRUZ; CARVAJAL; CARVAJAL, 2017). Grande parte da água encontrada no planeta é salgada, do total de água doce, a maior parcela se localiza nas geleiras ou em reservatórios subterrâneos, restando menos de 1% do volume de água doce sendo encontrado nos rios e lagos (NELSON, 2017).

Além do valor ecológico, os recursos hídricos possuem um valor econômico inestimável, que pode ser explorado e utilizado. Apesar dessa importância, o desperdício e uso inadequado, a contaminação, desvalorização, deterioração da qualidade e disponibilidade desses recursos, têm gerado problemas sociais, econômicos e culturais (LU et al., 2021).

Nesse sentido, a quantidade de água de fácil acesso e disponível para o consumo humano e animal, e para o uso industrial e agrícola é pequena, comparada com a totalidade desse recurso. A situação ainda se agrava, pois, nas últimas décadas uma parcela considerável dessa quantidade disponível encontra-se poluída pelo resultado das atividades de expansão urbana e industrial, além do desenvolvimento agrícola e os efeitos das mudanças climáticas, inviabilizando assim os seus usos (DEL RÍO-GAMERO et al., 2020; VASSEGHIAN et al., 2021).

O ser humano ao longo da história sempre buscou se estabelecer em locais onde houvesse a disponibilidade de água e de energia para a sua subsistência e o desenvolvimento das suas atividades (HAMICHE; STAMBOULI; FLAZI, 2016; SANTOS, 2018). Por essa

razão, muitas cidades ao redor do mundo, inclusive as cidades brasileiras, estão localizadas ao longo ou perto dos rios, facilitando assim o acesso ao abastecimento de água, possibilitando o transporte e servindo como fonte de alimento e energia, além de outros recursos que esses ambientes oferecem (HABERSACK et al., 2016; REZENDE; ARAÚJO, 2016).

Os rios, além da riqueza biológica natural, possuem papel determinante na drenagem urbana, e são capazes de prover às cidades espaços para prática de esporte, lazer e turismo. Além disso, ainda podem estar vinculados a parques ou outras áreas verdes, proporcionando valor recreativo e estético à população, melhorando a paisagem urbana e aumentando o bem-estar dos habitantes (GUIMARÃES et al., 2021). Os rios urbanos também são uma rota conveniente de transporte e, como centros de recreação aquática, impactam os preços das propriedades e as decisões de desenvolvimento da cidade (ASNAKE; WORKU; ARGAW, 2021).

Historicamente, a urbanização tem se mostrado a principal causa das alterações do cenário natural dos rios urbanos e as paisagens ao redor, limitando os vários serviços que esses ambientes prestam à sociedade. Dessa forma, os rios urbanos degradados não são mais capazes de fornecer os bens e serviços desejados e esperados deles (GRIMM, et al., 2008; ASNAKE; WORKU; ARGAW, 2021). Nesse contexto, os serviços ecossistêmicos são substituídos frente à necessidade de utilização do espaço para fins de moradia, atividades econômicas, sociais e culturais (GARCIA et al., 2018).

Com o crescimento das cidades, muitos rios urbanos receberam tratamento urbanístico, em detrimento da proteção e conservação ambiental, por meio de retificação, canalização e frequentemente, implantação de avenidas às suas margens (REZENDE; ARAÚJO, 2016). Em várias regiões do mundo, a rápida urbanização para acomodar a população em migração para os centros urbanos está sobrecarregando os recursos hídricos regionais. Para gerenciar com eficiência a lacuna de oferta e demanda, que está piorando com as mudanças climáticas em curso, deve-se entender como a urbanização está afetando a disponibilidade de água. Este fenômeno, quando relacionado com as mudanças seculares na disponibilidade de água, pode ajudar a prever o estresse hídrico futuro (BALHA et al., 2020).

No ambiente urbano, os rios são os mais afetados pela má gestão do desenvolvimento, pois alguns dos serviços essenciais, como habitat para a conservação da biodiversidade, recreação e usos domésticos para as comunidades são gravemente prejudicados (ASNAKE; WORKU; ARGAW, 2021). Os rios possuem fatores físicos determinantes para o equilíbrio ecológico e a desconsideração desses fatores no planejamento urbano pode causar a

intensificação de processos como a erosão e morte de nascentes (BERRÊDO; BONATTO, 2019).

Um bom gerenciamento dos recursos hídricos garante às populações e às atividades econômicas uma utilização otimizada da água, tanto em termos qualitativos como quantitativos, pois os rios em condições naturais têm melhor qualidade e maior biodiversidade, além de fornecer proteção contra inundações e enchentes. Historicamente, o planejamento e gestão de bacias hidrográficas foram usados para resolver problemas relacionados aos fenômenos de enchentes (BERNHARDT; PALMER, 2007; SARDINHA; CONCEIÇÃO; GODOY, 2010; MIGUEZ et al., 2019).

A alta taxa de urbanização de bacias hidrográficas em cidades em desenvolvimento exerce extrema pressão sobre os rios urbanos, apresentando um quadro de grande degradação ambiental, uma vez que, frequentemente os centros urbanos crescem de maneira desordenada e sem planejamento adequado, provocando o descarte inadequado de resíduos e efluentes domésticos e industriais, afetando assim a qualidade da água. Nesse sentido, quando a capacidade de suporte das bacias é superada, tanto o ambiente natural quanto o construído se degradam em um ciclo negativo (SARDINHA; GODOY, 2016; LIANG et al., 2018).

A consequência inicial da ocupação humana nas margens do rio é o desmatamento, devido às demandas por espaço físico, resultando na exposição do solo, levando à erosão, lixiviação excessiva de nutrientes e até mesmo ao assoreamento. O desenvolvimento do ambiente urbano leva a um aumento da concentração de nutrientes e coliformes fecais devido à descarga de efluentes domésticos. Essa contaminação promove modificações nas características físicas e químicas da água, e por sua vez, na qualidade do meio aquático. O aumento da exploração de recursos hidrológicos também resulta em um aumento no processo de eutrofização, perda de habitat e outros distúrbios (COLLIER et al., 2015).

À medida que a ocupação urbana na bacia aumenta, os recursos de uso do solo urbano como coberturas de telhados e construção de estradas modificam a cobertura de bacias, aumentando as áreas impermeabilizadas. Como consequência o tempo de recorrência das precipitações tende a diminuir, acarretando perdas por infiltração, aumento do volume e velocidade de escoamento superficial, o que gera problemas de drenagem, podendo causar eventos de enchentes, além disso, o escoamento urbano pode conter altos níveis de poluentes que afetam a qualidade da água dos corpos de água receptores (VAEZA et al., 2010).

A urbanização leva à redução da recarga das águas subterrâneas, pois menos infiltração resulta em baixa recarga das águas subterrâneas. Esta questão de menor recarga de água

subterrânea devido à crescente urbanização é um sério problema para os formuladores de políticas públicas (REIS; FERNANDES; FERNANDES, 2020).

A maioria dos rios ao redor do mundo sofreu algum tipo de alteração causada pela ação humana, cujos efeitos se prolongaram por décadas ou até mesmo séculos, reduzindo assim a qualidade ambiental das cidades. Em muitos casos, esses impactos foram cumulativos, associados a mudanças marcantes no fluxo do rio, nos sedimentos e fluxo de nutrientes, além das mudanças na relação entre os rios e suas bacias, comprometendo as funções dos ecossistemas fluviais, favorecendo à perda de biodiversidade em todo o mundo (POFF; MATTHEWS, 2013; SOUZA et al., 2021).

O crescimento urbano das cidades brasileiras, planejado ou não, provoca impactos significativos na população e no meio ambiente, principalmente às margens de seus rios. Dessa forma, a relação do homem com os rios urbanos fica desarmônica, sendo marcada por uma visão antropocêntrica. Em relação às soluções desta problemática, torna-se necessário articular as funções ambientais e urbanísticas destes espaços, visando a proteção dos recursos ambientais e a qualidade de vida (REZENDE; ARAÚJO, 2016).

No Brasil, o crescimento urbano é alicerçado na impermeabilização massiva de áreas e canalizações artificiais, o que aumenta a escassez de água e contaminações e baixo grau de aproveitamento de água e eficiência dos sistemas hídricos (SOUZA; CRUZ; TUCCI, 2012).

O processo de urbanização afeta esses recursos por meio de duas vias: a mudança no uso do solo altera as paisagens hidrológicas e o crescimento populacional e econômico aumenta o volume de água demandado e efluentes (GIACOMONI et al., 2013).

A acelerada urbanização e o rápido desenvolvimento econômico, aumentam a demanda por água, o que tem levado ao aumento da pressão sobre o abastecimento de água, aumentando o consumo e gradativamente degradando a qualidade da água, resultando em escassez de recursos hídricos em muitas partes do mundo. Além disso, o processo de industrialização e a utilização competitiva dos recursos hídricos em vários setores estão se tornando cada vez maiores (SANCHEZ et al., 2020; MU et al., 2021).

Os impactos nos recursos hídricos causados pela urbanização são manifestados no aumento do escoamento superficial, diminuição da infiltração da precipitação, nas mudanças da qualidade da água, alterações nas fontes de abastecimento, drenagem e construções de superfícies impermeáveis, tais mudanças podem causar diversos transtornos aos seres humanos e ao meio ambiente, inclusive afetar a estrutura e a função dos ecossistemas aquáticos (GRIMM et al., 2008; UCHIDA et al., 2021; YANG et al., 2022).

Atualmente, a urbanização em margens de rios apresenta-se como um grande desafio para a gestão pública. No Brasil, a Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 determina que as margens dos corpos hídricos são consideradas como Área de Proteção Permanente, sendo, portanto, impedida de uso e ocupação, porém, a realidade em muitas cidades brasileiras é um contraste do que determina a lei. O impacto ambiental nessas áreas vai além da ocupação espacial, pois de modo geral, tais ocupações geram despejo de poluentes, esgoto sanitário e resíduos sólidos nos corpos hídricos (BRASIL, 2012; SANTOS, 2018).

De modo geral, os rios urbanos foram progressivamente canalizados e tratados como depósitos de águas residuais e pluviais, essas ações acarretam perda da qualidade da água, desequilíbrios morfológicos e aumento do risco de inundações. Essa pressão antrópica é resultado da deficiência de saneamento básico na maioria das zonas urbanas, principalmente nas ocupações desordenadas próximas aos rios, onde há lançamento de esgotos domésticos nos ambientes aquáticos sem o devido tratamento (SARDINHA; GODOY, 2016; DAI et al., 2020).

Essa problemática é uma oportunidade para o exercício efetivo da interdisciplinaridade, pois permite a integração entre as disciplinas no campo da ciência, convergindo para a solução de problemas relacionados ao campo social, uma vez que as ocupações desordenadas e ilegais dessas áreas trazem a necessidade de planejamento urbano adequado e políticas públicas voltadas ao uso e ocupação das margens de rios que frequentemente são habitadas por populações social, econômica e ambientalmente vulneráveis (REZENDE; ARAÚJO, 2016).

No Brasil, o saneamento básico é definido juridicamente pela Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020 como sendo o conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Em um contexto mais amplo, o saneamento também abrange ações de controle de doenças, promoção de saúde, conforto e bem-estar, além de envolver ações referentes à recuperação de mananciais poluídos, à implantação e manutenção de parques urbanos e aos problemas da sub-habitação (SOUZA, 2002; BRASIL, 2020).

Os serviços de saneamento não estão disponibilizados de forma equitativa no Brasil, sendo o maior déficit no acesso a coleta e tratamento de esgoto sanitário (BORJA, 2014; MARCHI, 2015). As deficiências nesses serviços estão diretamente relacionadas com as questões de saúde pública e também de degradação ambiental, sendo a falta desse sistema a

principal causa de degradação das bacias hidrográficas brasileiras, sobretudo daquelas localizadas nas grandes metrópoles (GARCIA; FERREIRA, 2017).

O lançamento de efluentes é uma das principais fontes de poluição antrópica dos rios nas áreas urbanas, principalmente esgoto doméstico decorrente da falta de saneamento. Um dos aspectos mais importantes da poluição hídrica relaciona-se com a contaminação por coliformes totais e fecais, essas bactérias estão diretamente associadas a doenças de veiculação hídrica, tais doenças são minimizadas quando a população tem acesso à água potável de qualidade (SILVA et al., 2014).

Entre os diversos tipos de usos dos rios, o lançamento e diluição de efluentes requerem precaução por parte dos órgãos públicos e acompanhamento adequado da qualidade da água do corpo receptor, visando impedir o lançamento de cargas poluidoras que ultrapassem a capacidade de autodepuração do corpo hídrico (MARÇAL; SILVA, 2017).

A evolução do tratamento das águas urbanas residuais passou por três fases. No início do século XX, os efluentes eram lançados, o mais rápido possível, à jusante das cidades na tentativa de minimizar a proliferação de doenças. Apenas na década de 60, ficou evidenciada a degradação dos corpos receptores resultado dessa estratégia. A partir desse diagnóstico, alguns países passaram a investir no tratamento de esgoto e no controle das águas pluviais através de estruturas de armazenamento. Ao fim dos anos 90, foi reconhecido o papel do solo e da vegetação como sistemas naturais de drenagem e controle quali-quantitativo das águas pluviais, promovendo infiltração, evapotranspiração e contato da água com bactérias e plantas (SOUZA; CRUZ; TUCCI, 2012).

A qualidade de um curso hídrico está diretamente relacionada às alterações verificadas na bacia hidrográfica e deve ser mantida em constante monitoramento das condições físicas, químicas e biológicas com o objetivo de impedir danos ao meio aquático e à saúde humana (GARCIA et al., 2018).

Nas cidades, o ambiente altamente modificado e a falta de espaços abertos dificultam a aplicação do conceito de restauração fluvial em toda a sua extensão. Porém, mesmo quando executado parcialmente, sem impactos positivos significativos no ambiente natural, a restauração de rios pode trazer vários benefícios para o ambiente urbano, criando uma oportunidade de reintegração do rio como um elemento valioso da paisagem (GUIMARÃES et al., 2021).

A restauração de pequenos rios urbanos leva à melhoria da qualidade da água, o que também é observado em várias soluções baseadas na natureza implementadas na Europa.

Essas soluções incluem a criação de espaços verdes, pântanos e outras infraestruturas sustentáveis para a gestão da água. Essas são importantes ferramentas de planejamento para satisfazer as necessidades ambientais, sociais e econômicas das áreas urbanas (SOUZA et al., 2021).

Para a restauração de rios, é necessária uma solução prática que aborde as questões de degradação e revitalização através do estabelecimento de metas claras e mensuráveis no processo de restauração. Além disso, a inclusão de processos de restauração de rios nas legislações e práticas de planejamento urbano é crucial para o sucesso a longo prazo das operações de restauração desses ambientes (ASNAKE; WORKU; ARGAW, 2021).

Como os processos físicos, químicos e biológicos estão interconectados de maneiras complexas em bacias hidrográficas e em escalas de tempo, os projetos de restauração têm mais probabilidade de ter sucesso em atingir as metas se realizados no contexto de bacias hidrográficas inteiras (WOHL et al., 2005). Desse modo, para manter o equilíbrio entre a conservação da natureza e a demanda de desenvolvimento em um ambiente urbano, o planejamento e a gestão de bacias hidrográficas estão se tornando uma abordagem chave para minimizar o impacto do uso da terra das bacias hidrográficas nas águas superficiais (ASNAKE; WORKU; ARGAW, 2021).

2.3 Percepção ambiental em áreas urbanas

As percepções das pessoas podem ser definidas como a maneira pela qual elas selecionam, organizam, interpretam, recuperam e respondem às informações do mundo ao seu redor, produzindo impressões e construções mentais que, em última instância, ajudarão a moldar comportamentos e ações. As percepções são influenciadas por vários fatores, como origens sociais (por exemplo, contextos políticos e sistemas de valores humanos, relações sociais), características pessoais (por exemplo, conhecimento, educação e idade), influências econômicas e condições ecológicas dinâmicas (SHACKLETON et al., 2019).

A percepção das pessoas é algo flexível, pois elas se adaptam continuamente ao meio em que está inserida, tendendo a enfatizar os aspectos da realidade que se encontram em harmonia com as suas crenças. Além disso, o grau de percepção é variável entre os sujeitos perceptivos, principalmente em função do seu estado psicológico, do seu envolvimento pessoal, da valorização e da importância atribuídos à questão em foco e do nível de conhecimento acerca do assunto (BARROS, 2012).

As interações da natureza com o ser humano têm sido amplamente estudadas nas últimas décadas. Esse fato se deu devido ao aumento da pressão sobre o meio ambiente provocada pelo crescimento populacional e pela globalização. Os estudos sobre a interação homem-natureza podem desempenhar um papel importante na identificação do comportamento ambiental que pode levar à degradação ambiental (SCANNELL; GIFFORD, 2010; CHEN et al., 2011). É fato que os aspectos relacionados às questões ambientais estão cada vez mais evidentes em todo mundo, porém ainda não está clara a compreensão que as pessoas têm sobre esse tema, principalmente em relação às variáveis ambientais e seus efeitos sobre o ambiente como um todo (BARROS, 2012).

Nesse sentido, a percepção ambiental pode ser definida como sendo uma tomada de consciência do ambiente pelo homem, ou seja, é o ato de perceber o ambiente que se está inserido, aprendendo a proteger e a cuidar dele (SUESS; BEZERRA; SOBRINHO, 2013; SANTOS, 2018).

A necessidade de conscientização das pessoas de que suas condutas repercutem no todo é urgente, pois o comportamento humano influencia na qualidade ambiental e compreender a percepção tornou-se imprescindível para que a relação entre os homens e o meio ambiente possa se harmonizar. A sociedade atual vive transformações que se manifestam na complexa relação que estabelece com a natureza (COSTA; COLESANTI, 2011; NELSON, 2017).

A conscientização e percepção da população quanto aos problemas comuns são de suma importância para que se compreenda a função de cada indivíduo e a necessidade da sua participação na minimização dos impactos ambientais gerados pelo padrão de desenvolvimento atual, que é marcado pelo predomínio de desenvolvimento da razão tecnológica sobre a organização da natureza (LEFF, 2012; EMER; CORONA, 2013).

Os estudos que partem de uma abordagem perceptiva visam entender como os seres humanos respondem ao meio físico e ambiental e qual o valor nele depositado. Para se chegar a soluções duradouras dos problemas ambientais, é necessário, primeiramente, conhecer o ser humano, afinal de contas, os problemas ambientais são fundamentalmente problemas humanos e o modo como as pessoas percebem o meio ambiente varia de acordo com as suas experiências, seus antecedentes socioeconômicos, sua cultura e suas atitudes ao longo do tempo (TUAN, 1980; COSTA; COLESANTI, 2011).

Dessa forma, a percepção ambiental se apresenta como um instrumento que é capaz de identificar os aspectos positivos e negativos da relação do homem com a natureza, pois aborda como a sociedade interage e se relaciona com o meio natural. Esse tipo de estudo tem sido

utilizado com frequência por gestores e organizações ligadas ao gerenciamento de áreas naturais protegidas, como uma ferramenta capaz de garantir a participação das comunidades nas tomadas de decisões (BARROS, 2012).

Na origem dos atuais problemas socioambientais existe uma lacuna fundamental entre o ser humano e a natureza, que é importante eliminar. Essa lacuna é resultado do distanciamento das relações do homem com a natureza e por esta razão é necessário reconstruir o sentimento de pertencer à natureza (SAUVÉ, 2005).

No mundo atual os valores e padrões dos seres humanos foram alterados com a urbanização. No processo de transformação das áreas rurais em urbanas, o estilo de vida mudou e tais alterações variam de país para país em termos econômicos, culturais e geográficos (BILGILI; GÖKYER, 2012).

O avanço da urbanização, historicamente, dificultou as relações existentes entre a natureza e o homem urbano. Conciliar esse processo de expansão com a preservação ambiental é um dos desafios atuais, pois mesmo com os avanços científicos e tecnológicos, um desenvolvimento urbano adequado é resultado da conscientização e da percepção dos seus moradores frente às questões ambientais urbanas (EMER; CORONA, 2013).

Nesse sentido, pode-se afirmar que é na negação do urbano que a valorização da natureza intocada surge, nessa oposição se fundamenta a busca por atividades relacionadas com a natureza e a aproximação com os elementos naturais, como a vegetação nativa e os recursos hídricos, tornando-se um objeto de anseio de parte da população (COSTA; COLESANTI, 2011).

A correta percepção dos problemas ambientais nas áreas urbanas deve ressaltar a importância de diferentes olhares e saberes frente a problemas urbanos e seu planejamento intersetorial, abrangendo a participação da coletividade, tratando de suas especificidades com olhar multidirecional (EMER; CORONA, 2013).

Avaliar as mudanças ambientais que são percebidas ao longo do tempo por uma determinada população torna-se uma ferramenta de diagnóstico, pois permite a detecção de questões socioambientais e interligações que as abordagens puramente ecológicas podem negligenciar, além da promoção da interdisciplinaridade (SHACKLETON et al., 2019).

Com isso, os estudos voltados para a percepção ambiental nos espaços urbanos constituem uma visão ímpar, visto que, a investigação e a compreensão dos sentimentos e valores possuem um papel importante para a formação de juízos de valor e atitudes que orientam as ações nos espaços urbanos (COSTA; COLESANTI, 2011).

Os rios e córregos são elementos determinantes na paisagem urbana, que moldaram a organização da cidade em um primeiro momento, mas com o avanço da urbanização foram sendo moldados. Para a valorização desses ambientes pela população é necessário um trabalho de conscientização e elaboração de projetos participativos que os qualifiquem e isso vai além da aprovação de leis e regulamentos (SMITH; SILVA; BIAGIONI, 2019).

O olhar da população para os rios permite a valorização desses ambientes como integrante da história do lugar, pois os rios ligam os moradores da cidade à natureza por meio da paisagem, contribuindo para as características sociais, culturais e ambientais do local (BILGILI; GÖKYER, 2012; SMITH; SILVA; BIAGIONI, 2019).

A atual sociedade urbana, passou a ver a água como recurso hídrico no sentido utilitarista, e não como um bem natural, que deve estar disponível para a subsistência humana e manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas. Entretanto, as relações do homem com a água ultrapassam essa visão utilitarista, focada no uso econômico e de sobrevivência, e passam a desenvolver relações simbólicas, religiosas, culturais, emocionais, místicas e de respeito (DICTORO; HANAI, 2016).

Desse modo, as pessoas utilizam os rios, interferindo e poluindo o seu curso, sem a consciência da importância de sua conservação. Gradativamente as áreas próximas aos rios urbanos foram ocupadas, o que contribuiu para a transformação de áreas de valor ecológico e paisagístico dentro das áreas urbanas (DICTORO; HANAI, 2016).

Embora a maioria da população esteja ciente do seu consumo direto de água, a partir das fontes de abastecimento, grande parte não está ciente de seu consumo indireto de água, que é determinado pela quantidade de água necessária para produzir os bens e serviços que a população usufrui, ou seja, a sua pegada hídrica (HOEKSTRA; MEKONNEN, 2012).

As alterações na paisagem dos rios urbanos mudam de acordo com as observações e vivências dos diferentes grupos sociais, pois a paisagem existe a partir do olhar de quem a observa, trazendo consigo os valores das pessoas que a percebem. Com efeito, compreender o modo pelo qual os moradores apreciam a paisagem ao seu redor é de grande importância para a compreensão da forma com que cada indivíduo interage com o meio ambiente (SUESS; BEZERRA; SOBRINHO, 2013; SANTOS, 2018).

A crescente degradação dos ambientes aquáticos é reflexo da omissão dos órgãos públicos responsáveis pela aplicação das leis destinadas a preservar esses recursos, associada à falta de consciência coletiva da população em relação ao bom uso desses recursos (SANTOS, 2018).

3. METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

3.1.1 Município de Santa Rita

O município de Santa Rita está localizado na Região Imediata de João Pessoa, no estado da Paraíba, entre as coordenadas 6°54'49"S/35°19'O e 7°17'0"S/34°57'49'O, distando aproximadamente 13 km de João Pessoa, capital paraibana, no nordeste brasileiro. Com uma área de 718,5km² e população estimada de 138.093 pessoas para o ano de 2021, é o terceiro município mais populoso da Paraíba. A área apresenta clima tropical úmido, com verão seco, do tipo As', de acordo com a classificação de Köppen, com temperaturas que se caracterizam por apresentarem baixa amplitude térmica anual e precipitação média anual de 1.600 mm (IBGE, 2021).

O município está inserido no bioma de Mata Atlântica, com vegetação predominantemente do tipo Floresta Subperenifólia, com partes de Floresta Subcaducifólia (COSTA, 2010; IBGE, 2021). Está inserido nos domínios das bacias hidrográficas dos rios Paraíba (Baixo Paraíba), Miriri e Gramame, com rios perenes, com padrão dendrítico.

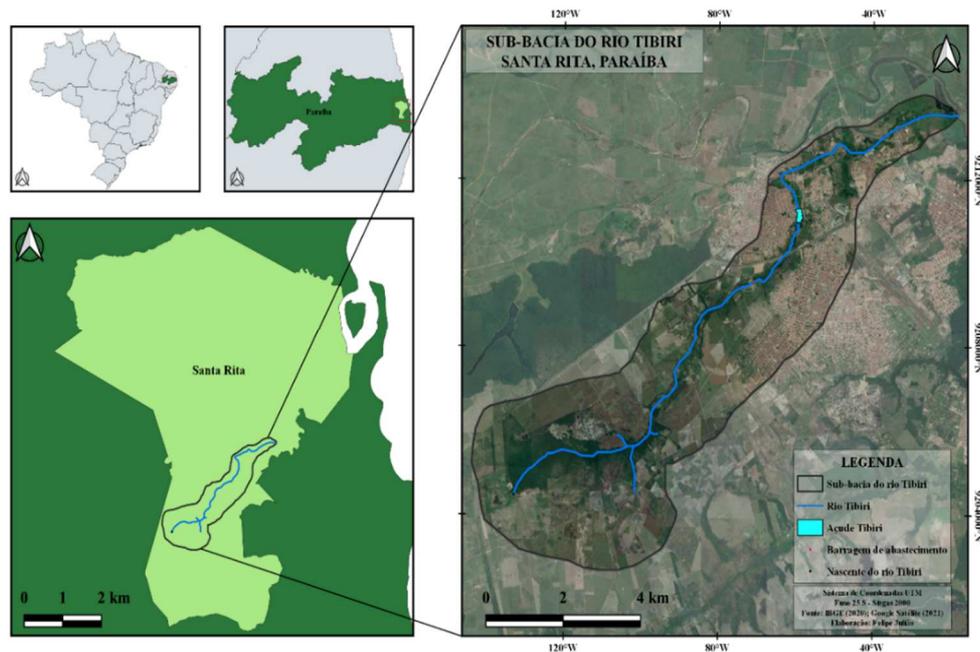
O município possui o maior número de fontes de águas minerais da Paraíba, sendo conhecido no estado como o município das águas minerais. Todos os cursos de água têm regime de escoamento perene e padrão de drenagem do tipo dendrítico (CPRM, 2005).

3.1.2 Sub-bacia hidrográfica do Rio Tibiri

A sub-bacia do Rio Tibiri está inserida totalmente dentro do município de Santa Rita, o que caracteriza o Rio Tibiri como intramunicipal, com área total de aproximadamente 46,3km², sendo grande parte dela localizada na área urbana do município. Por sua posição estratégica, essa sub-bacia é importante na segurança hídrica de Santa Rita, sendo utilizada para captação de água para abastecimento de 70% do município. Apesar dessa importância, a sub-bacia recebe grande pressão antrópica, coexistindo com produções agrícolas de cana de açúcar e abacaxi, rodovias estaduais e federais, área de exploração de areia, barramentos e pontos de captação de água, entre outros problemas decorrentes do processo de urbanização (PMSR, 2018b).

O Rio Tibiri é um dos mananciais formadores do Rio Paraíba, apresenta extensão de 18,9 km e nasce na margem esquerda da Rodovia Estadual PB 016, que liga a BR 230 ao distrito de Odilândia, localizado na zona rural do município, nas coordenadas $7^{\circ}11'32''\text{S}$ e $35^{\circ}2'25''\text{W}$, em uma altitude de aproximadamente 60 metros (Figura 1) (PMSR, 2018b).

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo



Fonte: IBGE (2020); Google Satélite (2021) adaptado pelo autor

A nascente do Rio Tibiri encontra-se aterrada devido a construção da rodovia estadual, ressurgindo 300 metros depois em seu leito natural nas coordenadas $7^{\circ}11'19''\text{S}$ e $35^{\circ}2'16''\text{W}$, (Figura 2).

Figura 2: Ressurgimento da nascente do Rio Tibiri



Foto: Autor (2022)

O rio percorre aproximadamente 10 km até chegar ao perímetro urbano de Santa Rita, onde deságua na lagoa de captação de água bruta para fins de abastecimento. A barragem de nível entrou em operação em 2016, a fim de sanar a falta de vazão suficiente para atender a população do município, regularizando os problemas de abastecimento. Essa barragem localiza-se dentro do perímetro urbano e não há restrição de acesso ou proteção da área, dessa forma, o local é utilizado pela população como área de lazer para banho e recreação, sendo considerado um balneário que é popularmente conhecido como “Cagepinha” (Figura 3).

Figura 3: Barragem de nível no Rio Tibiri, Santa Rita – PB



Foto: Autor (2022)

Logo após essa lagoa, o rio forma um açude chamado Açude Tibiri, conhecido como “Balneário das Águas Minerais”, localizado no Bairro do Açude, área que se expandiu a partir do Bairro Popular. Essa área foi amplamente usada pela população para o uso nas atividades domésticas, entretanto, com o avanço do sistema de abastecimento no município e as reformas pelas quais o local passou, o açude passou a ser utilizado para fins de lazer, recreação e turismo (Figura 4).

Figura 4: Açude Tibiri, Santa Rita, PB



Foto: Autor (2022)

Após o açude, o rio se bifurca em dois, um completamente aterrado conhecido por “Rio Quente”, que recebeu esse nome por receber as águas mornas da antiga Fábrica Tibiry e outro conhecido como “Rio Preto”, que percorre a zona urbana da cidade de Santa Rita por mais 8,9 km até desaguar no Rio Paraíba (MORAIS, 2011; PMSR, 2018b).

Para fins de análise e com o objetivo de melhor compreensão, neste estudo o curso do Rio Tibiri foi subdividido apenas em alto e baixo curso. Sendo o alto curso o trecho que vai da nascente até a barragem de abastecimento e o baixo curso após a barragem até a foz. Essa classificação se deu ao fato da porção do médio curso do rio ser delimitado nas imediações de propriedades particulares de difícil acesso.

Baseada na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357, o Rio Tibiri é enquadrado na classe 2 até chegar ao Açude Tibiri e a partir do Rio Preto passa a ser enquadrado na classe 3 (AESA, 2016).

Santa Rita tinha a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) como a concessionária operadora do sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário, contudo, a partir de maio de 2022, a Prefeitura de Santa Rita finalizou o contrato com a CAGEPA, alegando a falta de investimentos em melhorias para ampliação do acesso da população ao fornecimento de água e tratamento adequado do esgoto, e passou a ter a Águas do Nordeste (ANE) como a concessionária responsável por tal serviço no município.

3.2 Tipo e características da pesquisa

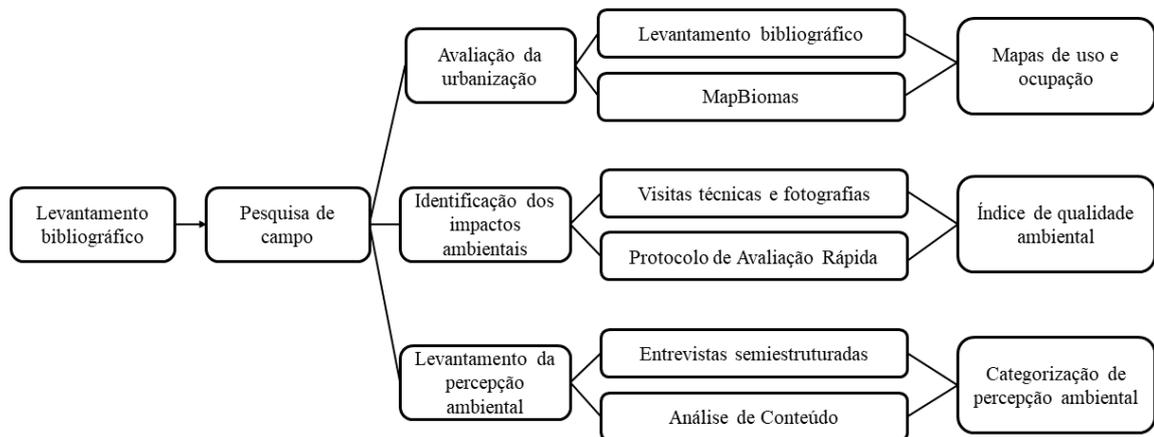
Esta pesquisa tem uma abordagem quali-quantitativa. Os métodos qualitativos e quantitativos não se excluem, pelo contrário, contribuem para um melhor entendimento e quantificação dos aspectos lógicos que são necessários para a compreensão, descrição, entendimento, mensuração e qualificação de determinados fenômenos (PROETTI, 2018).

Quanto aos objetivos, caracteriza-se por ser uma pesquisa diagnóstica, visando levar a familiaridade do pesquisador com o objeto do problema, permitindo o levantamento de hipóteses e tornar a questão do problema mais clara. Quanto aos procedimentos e técnicas, foram utilizadas a pesquisa bibliográfica e estudo de caso (NASCIMENTO, 2016).

3.3 Coletas e análise de dados

A coleta de dados foi desenvolvida conforme mostra a Figura 5, sendo detalhados nos tópicos seguintes.

Figura 5: Esquema dos procedimentos metodológicos



Esquema: Autor (2023)

3.3.1 Avaliação da urbanização

O mapa de uso e ocupação do solo foi feito utilizando como base de dados a Coleção 7 do MapBiomias. Essa base de dados, de iniciativa brasileira, disponibiliza gratuitamente uma série história de mapas anuais de uso e cobertura da terra em todo o Brasil a partir de 1985 em formato *raster*, em escala de até 1:100.000 (pixel de 30x30m), se apoiando no processamento

em nuvem e classificadores automatizados que são desenvolvidos e operacionalizados na plataforma *Google Earth Engine* (CRUZ; CRUZ, 2021).

O download da imagem do MapBiomias foi realizado no *Google Engine*, juntamente com a planilha eletrônica com as referências para os códigos de legenda, tendo em vista que a imagem é disponibilizada em preto e branco. Em seguida, o estilo fornecido foi aplicado na imagem em preto e branco no QGIS®, que é *software* livre e de código aberto de SIG que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados, com isso, foi possível realizar a separação das classes de uso e ocupação.

As classes disponibilizadas pelo MapBiomias são divididas em: Floresta; Formação natural não florestal; Agropecuária; Área não vegetada; e Corpo d'água. Dentro de cada classe são abarcadas subclasses mais específicas. As subclasses observadas neste estudo são descritas a seguir (Quadro 1):

Quadro 1: Descrição das subclasses de uso e ocupação da terra da área de estudo

Classes de Uso e Ocupação do Solo	Características
1. Floresta	
1.1 Formação florestal – Mata Atlântica	Floresta ombrófila densa, aberta e mista, floresta estacional semidecídua e caducifólia e formação pioneira.
1.2 Formação savânica – Mata Atlântica	Estepes, savanas florestais e arborizadas.
2. Formação natural não florestal	
2.1 Campo alagado e área pantanosa – Mata Atlântica	Zonas úmidas com influência fluvial.
2.2 Outras formações não florestais	Área coberta por vegetação natural, mas pouco densa.
3. Agropecuária	
3.1 Pastagem	A área de pastagem, predominantemente plantada, vinculava as atividades de produção pecuária. As áreas de pastagem natural são predominantemente classificadas como formações campestres que podem ou não ser pastoreadas.
3.2 Cana	Áreas cultivadas com cana-de-açúcar.
3.3 Outras lavouras temporárias	Áreas ocupadas com culturas agrícolas de curto ou médio prazo, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita precisam ser plantadas novamente para produzir.

continua

3.4 Mosaico de usos (agricultura e pastagem)	Áreas de cultivo onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.
4. Área não vegetada	
4.1 Área urbanizada	Áreas urbanas com predominância de superfícies não vegetadas, incluindo estradas, rodovias e construções.
4.2 Outras áreas não vegetadas	Superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes e regiões de solo exposto em áreas naturais ou de cultivo.
5. Corpo de água	
5.1 Rio, lago e oceano	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos de água.
5.2 Aquicultura	Lagos artificiais, onde predominam as atividades de aquicultura e/ou produção de sal.

Fonte: MapBiomas (2022) adaptado pelo autor

As áreas de cada classe foram calculadas através do *plugin r.reportd* do QGIS®, acessado a partir do Menu Processar na função Caixa de Ferramentas. Esse *plugin* extrai relatórios de estatísticas relacionando a quantidade de *pixels* em cada classificação (FITZ; VIEIRA; SOARES, 2019). Os resultados foram tabulados em planilha no *software* Microsoft Excel® 2016 para posterior análise e criação de gráficos.

Além desses mapas, foi realizado levantamento bibliográfico, além do uso de dados censitários e de outros órgãos públicos.

3.3.2 Identificação dos impactos na sub-bacia do Rio Tibiri

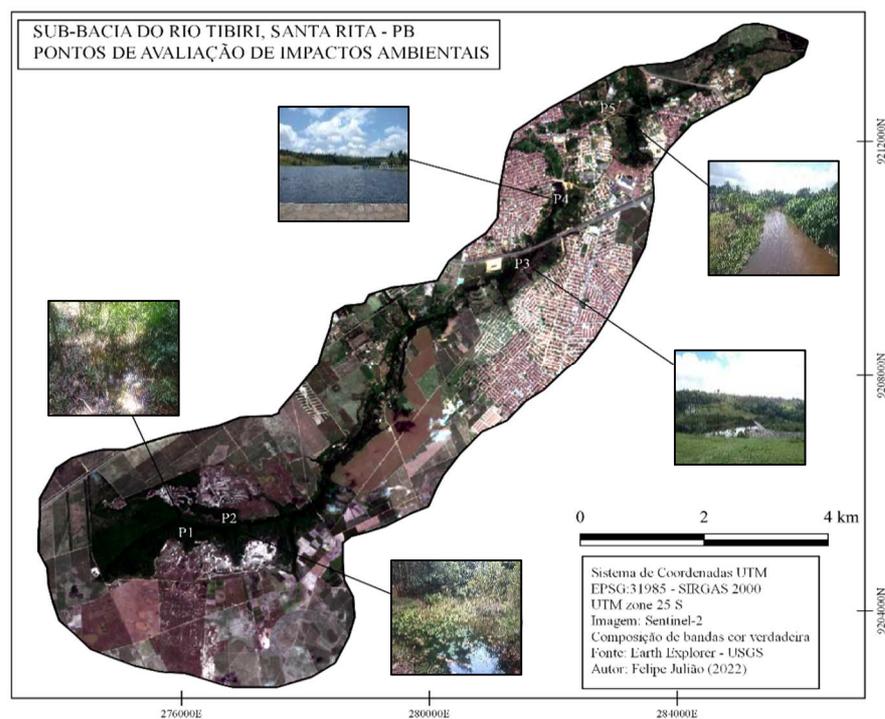
Para identificação dos impactos ambientais, foram realizadas visitas em pontos ao longo do curso do Rio Tibiri para verificação e registros fotográficos. Estes pontos foram escolhidos por possuírem características distintas e apresentarem atividades importantes resultantes do processo de urbanização (Quadro 2).

Quadro 2: Características dos pontos estudados para análise dos impactos ambientais

Pontos	Coordenadas	Características da área
P1	7°11'26" S e 35°2'21" W	Área da nascente onde acontece o ressurgimento após o seu aterramento.
P2	7°11'19" S e 35°2'16" W	Área com barramento próxima à nascente com aberturas pela vegetação que é utilizada por motoqueiros.
P3	7°8'49" S e 34°59'2" W	Área utilizada no abastecimento de água e como área de recreação pela população.
P4	7°7'51" S e 34°58'23" W	Área do Açude Tibiri utilizada para recreação e pesca.
P5	7°7'23" S e 34°58'36" W	Área nos arredores do centro de Santa Rita com grande interferência antrópica.

Quadro: Autor (2023)

Outro fator determinante na escolha dos pontos analisados foi a distribuição espacial na rede hidrográfica do Rio Tibiri (Figura 6). Em cada ponto estudado foram realizadas duas visitas entre os meses de maio e junho (período chuvoso) e outubro e novembro (período de estiagem) de 2022.

Figura 6: Localização dos pontos ao longo do rio Tibiri para análise dos impactos ambientais

Fonte: Earth Explorer (2022) adaptado pelo autor

Nessa etapa foi utilizado o método de *checklist* a partir de uma adaptação do Protocolo de Avaliação Rápida de Habitats proposto por Callisto et al., (2002) para a criação de um índice de qualidade ambiental adaptado de Campos; Nucci (2019). Esse protocolo engloba alguns fatores contribuintes para a degradação de ambientes aquáticos a partir de uma inspeção visual da área. Foram atribuídos valores referentes às características da vegetação, do solo, do rio e de eventos que ocorrem no seu arredor que atuam diretamente no estabelecimento de comunidades aquáticas e na qualidade do habitat. Vale salientar que esse tipo de metodologia é de fácil e rápida aplicação, porém reflete a qualidade ambiental do ponto e não necessariamente reflete a qualidade da água, para tal é necessária a aplicação de uma metodologia específica para o estudo da qualidade da água em cada ponto.

Cada trecho foi avaliado de acordo com os parâmetros listados a seguir com a sua respectiva classificação. Cada ponto teve os parâmetros avaliados de acordo com a seguinte pontuação: cinco pontos para a condição boa, três pontos para a condição regular e nenhum para a condição ruim. A escala de valorização para classificação da situação ambiental em cada ponto se deu da seguinte maneira: boa, de 41 a 60 pontos; regular, de 20 a 40 pontos; e ruim, de 0 a 19 pontos (Quadro 3).

Quadro 3: Parâmetros observados no *checklist* aplicado

	CRITÉRIO	CONDIÇÕES DO RIO E PONTUAÇÃO		
		Boa (5 pontos)	Regular (3 pontos)	Ruim (0 pontos)
Margens e feição do rio	Presença da mata ciliar	Presença total	Presença parcial	Ausente
	Tipo de ocupação da margem do rio	Vegetação natural	Campo, agricultura ou pastagem	Residencial, comercial ou industrial
	Assoreamento do rio	Não perceptível	Pontos de assoreamento	Completamente assoreado
Coluna da água	Odor na água	Não perceptível	-	Perceptível
	Óleos, graxas e espumas na água	Ausente	-	Presente
	Cor ou turbidez da água	Não perceptível	Levemente turva	Turva, opaca ou colorida
	Floração de algas	Ausente	-	Presente
	Plantas aquáticas flutuantes	Ausente	Presente em pouca quantidade	Presente em grande quantidade
Alteração es antrópica	Lançamento de efluentes	Ausente	Presença de lançamento indireto de efluentes	Presença de lançamento direto de efluentes

continua

	Lançamento de resíduos	Ausente	Presença de lançamento indireto de resíduos	Presença de lançamento direto de resíduos
	Criação de animais	Ausente	-	Construção de estábulos, currais ou pocilgas
	Presença de visitantes	Ausente	Presença de maneira pontual ou difícil acesso	Presença de maneira constante ou facilidade de acesso

Fonte: Callisto et al., (2002); Campos; Nucci (2019) adaptado pelo autor

3.3.3 Levantamento da percepção ambiental dos moradores

Para o levantamento da percepção ambiental, foram realizadas entrevistas para coletar informações sobre o processo de urbanização, serviços de saneamento básico, impactos ambientais e os múltiplos usos do rio. O questionário foi do tipo semiestruturado com perguntas abertas e fechadas (Apêndice 1).

As entrevistas semiestruturadas proporcionam uma oportunidade de esclarecimento junto aos sujeitos de uma forma flexível, dirigida e econômica (GLESNE, 2015). Além disso, é considerada uma ferramenta que permite uma aproximação e uma interação mais intensa entre o entrevistador e o entrevistado. A sua aplicação pode ser compreendida como uma conversa dirigida ou uma conversa com finalidade (KUSS et al., 2015; SILVA; RUSSO, 2019).

Os resultados das entrevistas foram organizados em planilhas eletrônicas do *software* Microsoft Excel[®] 2016 para realização de estatística descritiva simples e traduzir em números as informações, opinião e conhecimento dos entrevistados sobre o objeto de estudo e a problemática da pesquisa.

A avaliação da percepção dos entrevistados sobre os usos, percepção e impactos ambientais na sub-bacia foi realizada a partir da técnica de tratamento e agrupamento de análise de conteúdo proposta por Bardin (2016). Esta análise é dividida em três fases:

- 1) Pré-análise: escolha e separação dos documentos, formulação das hipóteses e objetivos, elaboração de indicadores;
- 2) Exploração do material: período de codificação, recorte, classificação, agregação e categorização em função das regras formuladas;
- 3) Tratamento dos resultados: realizar as inferências e interpretações.

As categorias da percepção ambiental foram definidas a partir das respostas dos entrevistados, levando em consideração a ideia central e a similaridade nas evocações das

respostas, desse modo, foram elaboradas de acordo com o perfil dos entrevistados desta pesquisa.

3.3.4 Propostas de melhorias

As propostas de melhorias para os problemas diagnósticos na pesquisa foram realizadas baseadas em pesquisa bibliográfica, partindo de estudos ambientais de recuperação de rios urbanos, saneamento ecológico e educação ambiental publicados em artigos científicos e livros.

3.4 Seleção dos sujeitos e tamanho da amostra

O universo da pesquisa foi baseado na quantidade de domicílios localizados na zona urbana que são abastecidos a partir do Rio Tibiri. Esse critério foi levado em consideração, pois será entrevistado apenas um membro de cada família, sendo, portanto, critérios de exclusão dessa pesquisa os moradores da zona urbana fora da área de atendimento da estação de abastecimento de água do Rio Tibiri e moradores de uma mesma residência que já tenham sido entrevistados.

De acordo com o último censo, havia 29.123 domicílios na zona urbana de Santa Rita (IBGE, 2010), desse total, aproximadamente 70% são abastecidos pelo Rio Tibiri (SILVA; PEREIRA; MORAIS, 2020), dessa forma, o universo da pesquisa é constituído de 20.386 domicílios.

Adotou-se um nível de confiança de 95%, com heterogeneidade de 20%, com isso, o tamanho da amostra necessária foi calculado a partir da fórmula de taxa de resposta para pequenas populações (REA; PARKER, 2000)

$$n = \frac{NZ^2 p(1 - p)}{(N - 1)e^2 + Z^2 p(1 - p)}$$

Onde: n = tamanho da amostra que se quer calcular

N = tamanho do universo

Z = desvio do valor médio que se aceita para alcançar o nível de confiança

e = erro percentual

p = heterogeneidade

Foi considerada a margem de erro máxima de 5%, dessa forma, ficaram definidos o e=5%, Z=1,96, que é o desvio do valor médio para alcançar o nível de confiança de 95%, p = 20% e N=20.386. Calculando o tamanho da amostra, teremos:

$$n = \frac{20.386(1,96)^2 0,2(1-0,2)}{(20.386-1)(0,05)^2 + (1,96)^2 0,2(1-0,2)} \rightarrow n = 400 \text{ amostras}$$

Para a utilização das informações coletadas foi necessária a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, por parte de todos os sujeitos que se colocaram à disposição da pesquisa (Apêndice 2). O projeto foi aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal da Paraíba, com número de protocolo CAAE: 54488921.6.0000.5188 e número do parecer: 5.428.597 (Anexo 1), conforme determinam a Resolução nº 466/12 e a Resolução nº 510/16 do Conselho Nacional de Saúde (BRASIL, 2012; 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Urbanização na sub-bacia do Rio Tibiri e seus principais fatores

4.1.1 Crescimento populacional e expansão urbana

O município de Santa Rita foi o segundo núcleo de povoamento do estado da Paraíba, apresentando pioneirismo em questão de segurança e economia, atualmente se destaca no estado como sendo o 3º mais populoso, com uma população estimada para o ano de 2021 de 138.093 habitantes, ocupando a maior área territorial da Mesorregião da Mata Paraibana, com 718,576 km² (IBGE, 2021).

Em Santa Rita, diferente da tendência mundial, mas seguindo a tendência brasileira, a partir da década de 1970 a maioria da população já vivia em áreas urbanas, com uma taxa de urbanização de 57,53%.

Ao longo das outras décadas a taxa de urbanização, crescimento populacional e densidade demográfica, continuaram acentuados no município, chegando a 86,21%, 120.310 habitantes e 165,72 hab/km², em 2010, respectivamente. O período que apresentou o aumento mais significativo na população do município foi compreendido entre as décadas de 1970 e 1980 (Quadro 4). De acordo com Santos (2008) e Carvalho (2019), foi nesse período que o Brasil experimentou um crescimento populacional nas cidades maiores e nas suas regiões metropolitanas, tornando a população brasileira majoritariamente urbana com migrações predominantemente do tipo urbano-urbano.

Em Santa Rita, esse crescimento teve relação direta com a expansão dos bairros mais antigos, a exemplo do Bairro Popular, e do surgimento de novos bairros, como o Bairro dos Municípios, conhecido popularmente como Tibiri II.

Quadro 4: População, taxa de urbanização e densidade demográfica em Santa Rita - PB

Parâmetro	Ano				
	1970	1980	1991	2000	2010
População Urbana (hab)	30.697	54.032	76.490	100.475	103.717
População Rural (hab)	22.660	14.195	17.923	15.369	16.593
População Total (hab)	53.357	68.227	94.413	115.844	120.310
Taxa de urbanização (%) $\left(\frac{\text{população urbana}}{\text{população total}}\right) \times 100$	57,53%	79,19%	81,02%	86,73%	86,21%
Densidade Demográfica (hab/km ²)	73,49	93,98	130,05	159,56	165,72

Fonte: IBGE (2010) adaptado pelo autor

Os dados evidenciaram que ao longo do tempo Santa Rita continuou a se urbanizar, porém houve uma redução nas taxas de variação do crescimento populacional, registrando um aumento populacional urbano de apenas 3,23% entre os anos de 2000 e 2010, valor que entre as décadas de 1970 e 1980 chegou a mais de 76%, o que reafirma o crescimento exponencial da população nesse período. A taxa de urbanização teve uma pequena redução entre os anos de 2000 e 2010, apesar do aumento da população urbana que passou de 100.475 habitantes para 103.717 habitantes, houve também um aumento da população rural nesse mesmo período, passando de 15.369 habitantes para 16.593 habitantes. Entretanto, como já era de se esperar, a população do município continuou predominantemente urbana (Quadro 5).

Quadro 5: Variação da população total, urbana e taxa de urbanização em Santa Rita - PB

Variáveis	1970-1980	1980-1991	1991-2000	2000-2010
Variação da população total	27,87%	38,38%	22,70%	3,86%
Variação da população urbana	76,02%	41,56%	31,36%	3,23%
Variação da taxa de urbanização	37,65%	2,30%	7,06%	-0,61%

Fonte: IBGE (2010) adaptado pelo autor

De acordo com Carvalho (2019), durante o período intercensitário de 1980-1991, todas as regiões do Brasil apresentaram uma redução no seu ritmo de crescimento populacional em relação às décadas anteriores, resultado do forte declínio da fecundidade iniciado na década de 1960, envelhecimento da população brasileira e a diminuição da pressão demográfica nas

tradicionais áreas de emigração após a década de 1980. Esses fatores mudaram a dinâmica migratória brasileira nas décadas seguintes, tendo em vista que o excedente populacional rural já havia sido reduzido de maneira drástica pelos grandes volumes de movimentos migratórios das décadas anteriores, a partir de então passou a ser observada uma nítida redução da migração rural-urbana e inter-regional.

O aumento populacional visto nas cidades a partir da metade do século XX promoveram diversas mudanças na estrutura da sociedade brasileira, principalmente na ampliação das desigualdades sociais, degradação socioambiental e no comprometimento das condições de sobrevivência dos moradores das regiões metropolitanas (ALMEIDA; CORRÊA, 2012).

Até a metade da década de 1940, Santa Rita era constituída apenas da sua área central. Em 1949, a partir da aquisição de verba federal, foi construído um novo bairro, conhecido como Bairro Popular, localizado à esquerda das margens do Rio Tibiri, que recebeu esse nome por ser formado por casas populares, distribuídas em três ruas. Posteriormente, novos bairros surgiram ao redor dessas ruas, como o Bairro Tibiri I, que foi construído com verba estadual através da Companhia Estadual de Habitação Popular (CEHAP) da Paraíba, também os bairros do Açude e Santa Cruz, e por fim, o Bairro Nova Esperança, que também é conhecido como Bairro Mutirão, pois foi construído em forma de mutirão a partir de doação de terreno por parte da igreja católica, doação de materiais pela prefeitura e construído pelos próprios moradores. Esses bairros acabaram se anexando ao Bairro Popular.

Após esse período, Santa Rita voltou a expandir no começo da década de 1980, dessa vez na margem esquerda do Rio Tibiri, através de doação de terrenos por parte da CEHAP foi criado o Bairro dos Municípios. Nesse período, a margem esquerda do Rio Tibiri já era bastante urbanizada, tal ocupação foi resultado da grande expansão do Bairro Popular e do centro da cidade que já existia. Nessa época outros bairros como Várzea Nova e Boa Vista, localizados às margens da BR-101, também já eram áreas bastante ocupadas por edificações (FIGUEIREDO, 1982).

Os indícios de expansão de Santa Rita eram projetados para a região da margem direita do Rio Tibiri, por ser uma área com grande parte em solo exposto ou áreas agricultáveis, caracterizado por um amplo tabuleiro muito propício a expansão urbana. De acordo com Figueiredo (1982), “um grande conjunto habitacional deve ser implantado nessa área, dadas as condições locais favoráveis”. E de fato, esta região passou a ser loteada pelo setor imobiliário e ocupada posteriormente com os bairros Tibiri II, Marcos Moura e Heitel Santiago.

Essa área continuou a se expandir após a década de 2000, resultado da busca da população por moradias próximas à capital paraibana por preços menores comparado a outras áreas do município de Santa Rita. Os bairros da margem esquerda do Rio Tibiri passaram a ser buscados por moradores de outras áreas do município e de outras cidades. Com isso, surgiram diversos loteamentos que foram se anexando aos bairros já existentes, como o Jardim Europa, Plano de Vida, Sol Nascente, Nova Trindade e Jardim Carolina.

4.1.2 Economia e industrialização

Em 1892, Santa Rita recebeu um grande empreendimento, a instalação da fábrica de tecidos Tibiry, sendo a 1ª fábrica de tecidos da Paraíba. Essa fábrica atuou por vários anos, decretando falência em 1970, reabrindo em 1976, e por fim, decretou falência definitiva em 1982. Esse empreendimento aqueceu a economia local, atraindo moradores das cidades vizinhas e de outros estados em busca de um dos 260 empregos diretos que a fábrica ofertou em sua fundação. Esses trabalhadores formaram a Vila Operária, atualmente conhecida como Vila Tibiri ou Tibiri Fábrica (IBGE, 2021).

A fábrica foi instalada nas margens de uma das bifurcações do Rio Tibiri, atualmente a área da fábrica é conhecida como “Parque do Povo”. Por anos, a fábrica contribuiu para o aumento populacional da área urbana de Santa Rita e para a degradação do rio conhecido popularmente como “Rio Quente”, que recebia os efluentes da fábrica de tecido sem os devidos tratamentos, sendo totalmente aterrado ao longo dos anos. Nesse sentido, o impacto desse empreendimento foi muito além do econômico, contribuindo para o aumento do adensamento urbano, sendo alvo da população em busca de empregos, passando a residir nas proximidades da fábrica (ALVES, 2018).

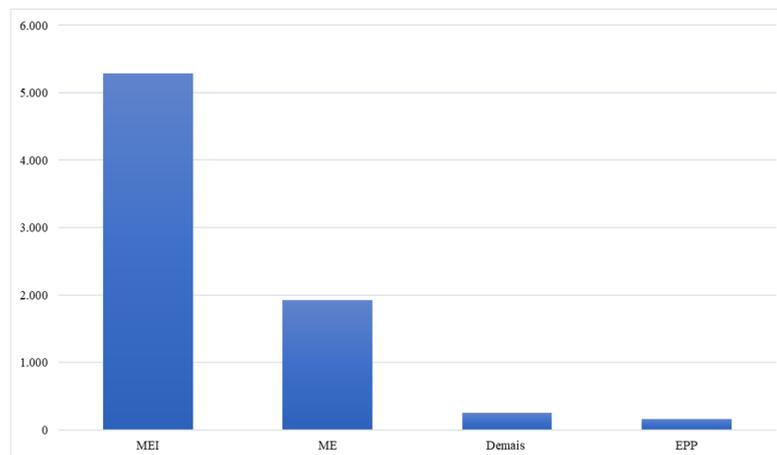
Morais (2011) destaca que foi nesse período que a degradação do Rio Preto se iniciou, somado ao aumento da ocupação habitacional a partir da busca pelas populações socialmente vulneráveis pelas margens do rio para a construção de moradias, o que aumentou a carga de esgoto lançada diretamente no rio.

Até meados do século XX não havia em Santa Rita um grande desenvolvimento industrial, devido à presença da principal atividade econômica da época - as usinas de cana-de-açúcar. Porém, a realidade atual de Santa Rita mostra um aumento significativo da área industrial na zona urbana e a concentração de usinas na zona rural.

Em virtude desse crescimento do distrito industrial no município, assim como pelo comércio local, serviços, agropecuária e construção civil, Santa Rita detém um PIB de aproximadamente 2,6 bilhões, sendo o 4º maior da Paraíba e um PIB per capita de R\$ 18,8 mil, ocupando a 9ª posição no estado (IBGE, 2021).

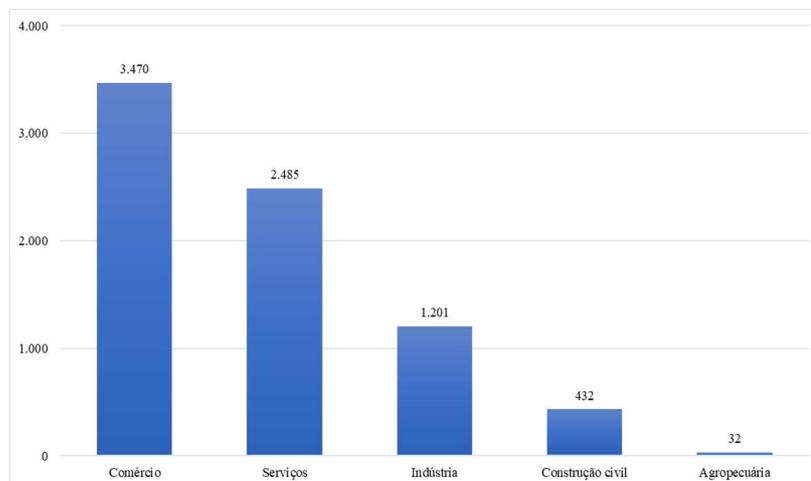
Em 2022, 7.620 empresas atuavam em Santa Rita, distribuídas nas mais diversas atividades econômicas e portes (DATASEBRAE, 2022), com destaque para os ramos metalúrgico, calçadista, de materiais de plásticos, cerâmico, de pré-moldado, da construção civil, de estofados, postos de combustíveis e confecções, que atuam aquecendo a economia local, gerando emprego e atraindo moradores para a região (Figura 7; Figura 8).

Figura 7: Número de empresas por porte em Santa Rita - PB em 2022



Fonte: DataSebrae e Receita Federal do Brasil (RFB) (2022)

Figura 8: Número de empresas por atividade econômica em Santa Rita – PB em 2022



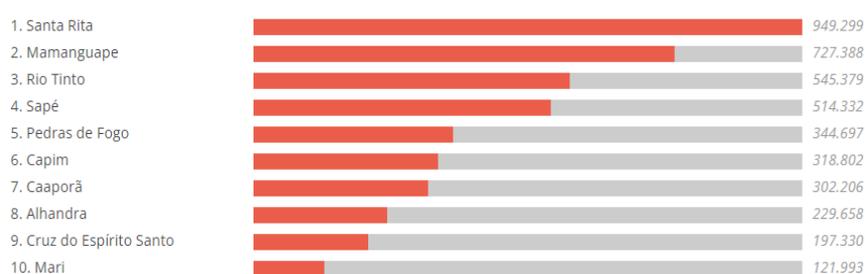
Fonte: DataSebrae e Receita Federal do Brasil (RFB) (2022)

Os dados revelam que 45,5% das empresas em Santa Rita estão no setor do comércio, 32,6% no setor de serviço, 15,8% na indústria, 5,7% na construção civil e 0,4% no setor da agropecuária. Dessas empresas, 69,4% são Microempreendedores Individuais (MEI), 25,2% Microempresas (ME), 3,3% são empresas de médio e grande porte ou aquelas que não declararam o porte no momento da abertura e 2,1% são Empresas de Pequeno Porte (EPP).

Santa Rita se mostra com uma economia diversificada, tornando-se também uma opção de moradia pela oferta de oportunidade de emprego e renda. Apesar das atividades econômicas existentes na área urbana serem predominantes na economia do município, o agronegócio aparece como uma potência na zona rural de Santa Rita.

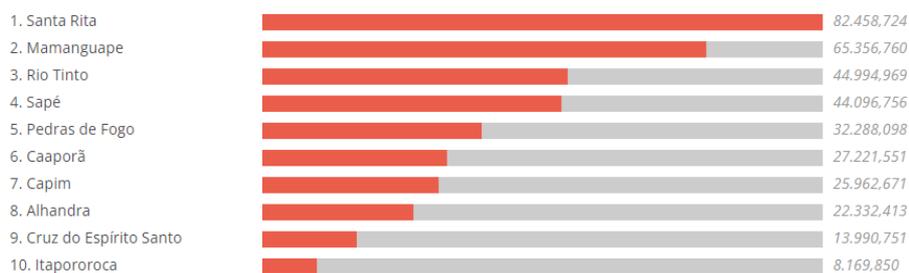
No ano de 2017, Santa Rita teve uma produção de cana-de-açúcar de 19.633 hectares de área colhida das lavouras temporárias, totalizando 949.299 toneladas, sendo a maior e mais lucrativa produção do estado da Paraíba (Figura 9; Figura 10) (IBGE, 2017).

Figura 9: Ranking de quantidade em toneladas produzida de cana-de-açúcar na Paraíba



Fonte: IBGE (2017)

Figura 10: Ranking de valor em (x1000) RS da produção de cana-de-açúcar na Paraíba



Fonte: IBGE (2017)

A partir de 1973, com o elevado preço do petróleo em todo o mundo, uma das maneiras de reduzir os impactos na economia brasileira, foi o lançamento do Programa Nacional do Alcool (PROÁLCOOL), que tinha por principal objetivo inserir o etanol na matriz energética do Brasil. Com esse programa surgiu diversas mudanças, modernizações e expansões no

sistema canavieiro. Esse crescimento foi visto até o início dos anos 1990, quando o fim dos incentivos do governo foi sentido pela indústria da cana-de-açúcar (FIGUEIREDO, 2010).

Santa Rita é um espaço agrário desde o tempo da Coroa Portuguesa, quando foi organizado os engenhos em território paraibano, iniciando por onde hoje está localizado o município. As primeiras usinas da Paraíba foram a Usina Santa Rita (Usina São João e Santa Rita), que depois se somou à Usina Santana, se mantendo como as únicas até meados da década de 1970 (LIMA; MOREIRA, 2002; MATIAS 2010).

Com o Proálcool, o município de Santa Rita sofreu alterações significativas, começando pela construção de três destilarias anexas às antigas usinas e três destilarias autônomas. Houve também a expansão da área cultivada com cana-de-açúcar, substituição da área de lavouras alimentares, retração das áreas de mata, reforço da base técnica da produção, eliminação de postos de ocupação, avanço do assalariamento e ampliação do parque industrial ligado ao fabrico do açúcar e do álcool (MATIAS, 2010).

Do ponto de vista econômico, o Proálcool alcançou seus objetivos dinamizando a atividade canavieira e com o aumento do parque industrial no setor houve um aumento significativo na produção municipal de açúcar (MATIAS, 2010), por outro lado, diversos aspectos ambientais e sociais foram impactados. Essa expansão trouxe perda de vegetação nativa, impacto nos recursos hídricos pelo uso de agrotóxicos e contribuiu para a urbanização. De acordo com Moreira (1995) “o Proálcool expulsou maciçamente os moradores do campo, transformando-os em assalariados boias-frias, entretanto, parte significativa dos trabalhadores expulsos continuou vinculada à agricultura, na condição de assalariado”.

4.1.3 Uso e ocupação do solo

Os mapas de uso e cobertura do solo refletem o tipo de ocupação da sub-bacia do Rio Tibiri permitiram realizar uma análise das consequências que o uso desta sub-bacia tem sob os recursos hídricos, levando em consideração que tais ocupações influenciam diretamente no escoamento superficial para estes recursos, podendo alterar a sua quantidade e qualidade.

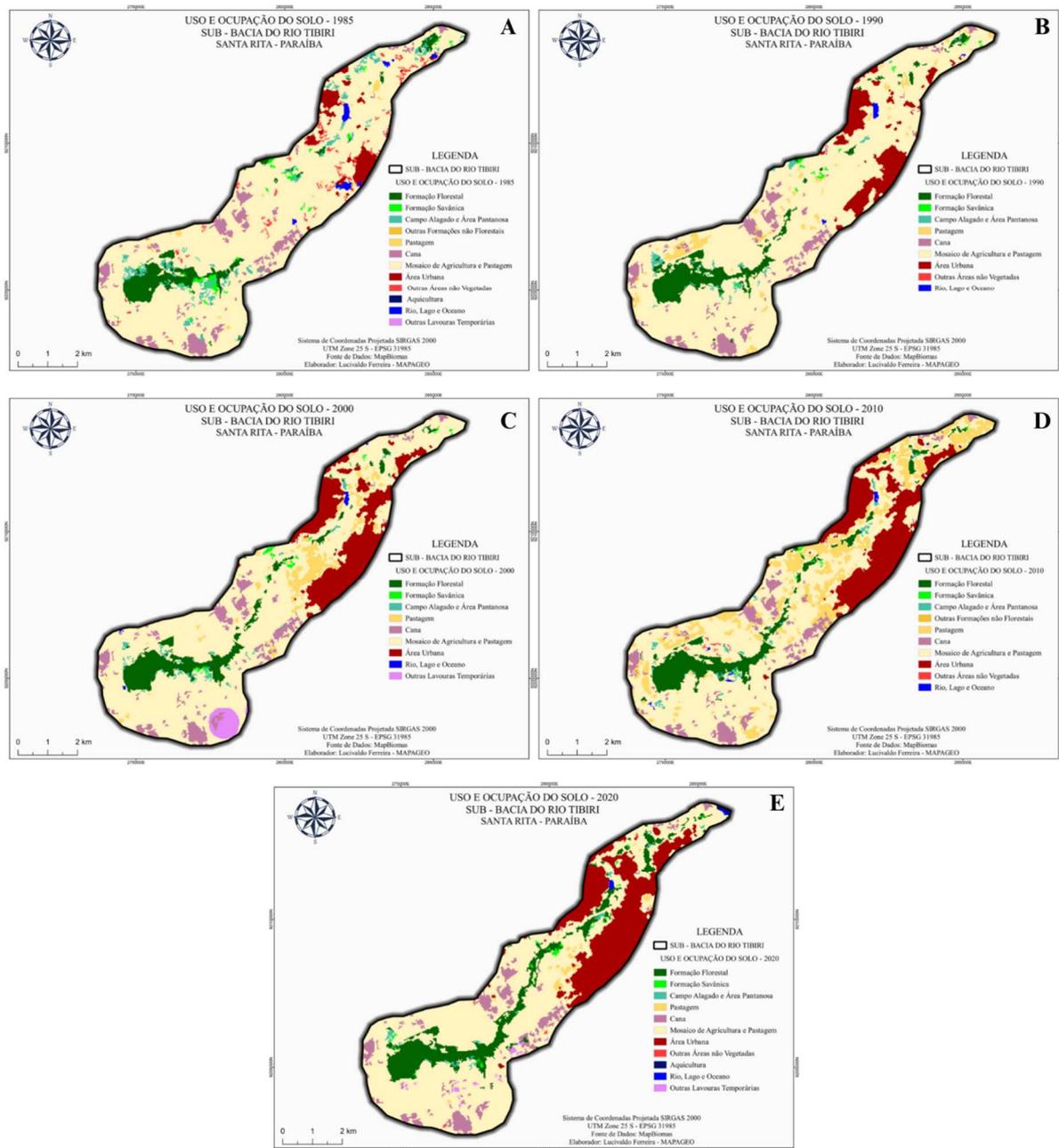
As áreas classificadas como “Formação natural não florestal” são áreas próximas as nascentes e em pontos ao longo do curso do Rio Tibiri, sendo zonas úmidas com influência fluvial. As áreas úmidas podem ser confundidas em função de respostas espectrais semelhantes, ora da vegetação, ora de curso d’água, por exemplo (FITZ, 2019).

Os corpos hídricos representaram uma pequena parcela da área estudada, salienta-se que certas feições, como os corpos de água de menor expressão cercados por mata ciliar, não são

percebidos em mapeamentos de uso e ocupação do solo, pois são acobertados pela vegetação mais densa (FITZ, 2019). Nesse sentido, a classe de “Corpo d’água” é representada no mapa de uso e ocupação do solo pelo Açude Tibiri, corpo hídrico com volume de 271.582,42 m³ e de profundidade média de 4,81m, sendo o maior reservatório de água da área de estudo (COSTA; DANTAS, 2011).

Os mapas de uso e ocupação do solo para cada década serão apresentados a seguir:

Figura 11: Uso e ocupação do solo da sub-bacia do Rio Tibiri, Santa Rita – PB. A) Em 1985; B) Em 1990; C) Em 2000; D) Em 2010; E) Em 2020.



Fonte: MapBiomias (2022)

O mapa de uso e ocupação do solo de 1980 revelou que grande parte da área de estudo é coberta por área da classe “Agropecuária”, sobretudo da subclasse “Mosaicos de agricultura e pastagem” (76% - 32,13 km²). A classe de “Área não vegetada” nesse período era de 2,26 km² (5,3%), representadas por área urbanizada e outras áreas não vegetadas (Figura 11 A; Quadro 6).

Quadro 6: Área das subclasses de uso e ocupação da terra na área de estudo em 1985

Classe	Subclasse	Área (km ²)	Percentual
Floresta	Formação florestal	2,53	6,0%
	Formação savânica	0,43	1,0%
Formação natural não florestal	Campo alagado e área pantanosa	1,47	3,5%
	Outras formações não florestais	0,17	0,4%
Agropecuária	Pastagem	0,24	0,6%
	Cana	2,64	6,2%
	Outras lavouras temporárias	0,04	0,1%
	Mosaico de agricultura e pastagem	32,13	76,0%
Área não vegetada	Área urbanizada	1,48	3,5%
	Outras áreas não vegetadas	0,78	1,8%
Corpo d'água	Rios, lagos e oceanos	0,32	0,8%
	Aquicultura	0,01	0,0%

Fonte: MapBiomias (2022), adaptado pelo autor

Na década de 1990 também foi observada que a maior parte da área de estudo era ocupada pela classe “Agropecuária” (82,9% - 34,84 km²), também se destacando a subclasse “Mosaico de agricultura e pastagem” (Figura 11 B; Quadro 7).

Aponta-se que a classe de “Área não vegetada”, apresentou um aumento na margem direita do Rio Tibiri, esse foi o período de expansão dos novos loteamentos e bairros como Tibiri II e Marcos Moura, como já mencionado. Nesta década a subclasse de “Área urbanizada” na sub-bacia do Rio Tibiri chegou a 3,25 km² (7,7%) da área de estudo, passando a ser a segunda subclasse mais representativa na localidade, ficando atrás apenas do “Mosaico de agricultura e pastagem” (30,86 km² - 73,4%) (Figura 11 B; Quadro 7).

Em 1990 a classe “Floresta” também apresentou um aumento, enquanto as classes “Formação natural não florestal” e “Corpos de água” reduziram a sua expansão em comparação ao ano de 1985 (Quadro 7).

Quadro 7: Área das subclasses de uso e ocupação da terra na área de estudo em 1990

Classe	Subclasse	Área (km ²)	Percentual
Floresta	Formação florestal	3,20	7,6%
	Formação savânica	0,15	0,4%
Formação natural não florestal	Campo alagado e área pantanosa	0,47	1,1%
Agropecuária	Pastagem	1,34	3,2%
	Cana	2,64	6,3%
	Mosaico de agricultura e pastagem	30,86	73,4%
Área não vegetada	Área urbanizada	3,25	7,7%
	Outras áreas não vegetadas	0,01	0,0%
Corpo d'água	Rios, lagos e oceanos	0,11	0,3%

Fonte: MapBiomias (2022), adaptado pelo autor

Na década de 2000 foi possível observar a continuação da expansão urbana na margem direita do Rio Tibiri, tornando-se evidente o crescimento urbano na região, anteriormente não ocupada, entretanto, como já esperado pelas características agropecuárias da área de estudo, a classe “Agropecuária” continuou a se destacar ocupando 76,7% (32,21 km²) da área de estudo (Figura 11 C).

A subclasse de “Área urbanizada” nesta década chegou a 5,87 km², ocupando 14% da área de estudo (Quadro 8), ficando bem acima de outras subclasses como “Formação florestal” (3,18 km² - 7,6%) e “Cana” (2,61 km² - 6,2%), que na década anterior apresentaram extensões semelhantes entre si. Com isso, podemos destacar que o crescimento da área urbanizada na área de estudo passou a ser mais evidenciado nos mapas de uso e ocupação do solo a partir do ano de 2000.

Quadro 8: Área das subclasses de uso e ocupação da terra na área de estudo em 2000

Classe	Subclasse	Área (km ²)	Percentual
Floresta	Formação florestal	3,18	7,6%
	Formação savânica	0,22	0,5%
Formação natural não florestal	Campo alagado e área pantanosa	0,45	1,1%
Agropecuária	Pastagem	1,93	4,6%
	Cana	2,61	6,2%
	Outras lavouras temporárias	0,79	1,9%
	Mosaico de agricultura e pastagem	26,88	64,0%
Área não vegetada	Área urbanizada	5,87	14,0%
Corpo d'água	Rios, lagos e oceanos	0,08	0,2%

Fonte: MapBiomias (2022), adaptado pelo autor

No ano de 2010, a classe de “Agropecuária” continuou a dominar a classificação de uso e ocupação do solo na área de estudo, ocupando 74,4% (32,26 km²) da sub-bacia do Rio Tibiri. A classe de “Área não vegetada” manteve o padrão de distribuição da década anterior, com um aumento da sua extensão para 6,55 km² (15,6%) da área de estudo (Figura 11 D; Quadro 9).

Também foi possível verificar um aumento na extensão da classe “Floresta”, atingindo 3,68 km² (8,8%), sendo observado o seu prolongamento ao longo do curso do Rio Tibiri (Quadro 9). O crescimento desta classe torna-se um ponto extremamente positivo na proteção dos corpos hídricos, uma vez que a mata ciliar desempenha papel fundamental na manutenção desses ambientes.

Quadro 9: Área das subclasses de uso e ocupação da terra na área de estudo em 2010

Classe	Subclasse	Área (km ²)	Percentual
Floresta	Formação florestal	3,60	8,6%
	Formação savânica	0,08	0,2%
Formação natural não florestal	Campo alagado e área pantanosa	0,40	1,0%
	Outras formações não florestais	0,01	0,0%
Agropecuária	Pastagem	6,35	15,1%
	Cana	2,66	6,3%
	Mosaico de agricultura e pastagem	22,25	53,0%
Área não vegetada	Área urbanizada	6,48	15,4%
	Outras áreas não vegetadas	0,07	0,2%
Corpo d'água	Rios, lagos e oceanos	0,10	0,2%

Fonte: MapBiomias (2022), adaptado pelo autor

O mapa de uso e ocupação do solo de 2020 apresentou um contínuo crescimento urbano nas áreas já habitadas, havendo um adensamento maior destas localidades, ao passo que também se notou um crescimento da classe “Floresta” (Figura 11 E).

Por outro lado, apesar de ainda ocupar a maior área da sub-bacia do Rio Tibiri, a classe “Agropecuária” apresentou redução da sua extensão ao longo dos anos, ocupando 28,26 km² (67,4%) da área de estudo em 2020 (Quadro 10).

Quadro 10: Área das subclasses de uso e ocupação da terra na área de estudo em 2020

Classe	Subclasse	Área (km ²)	Percentual
Floresta	Formação florestal	4,76	11,4%
	Formação savânica	0,19	0,5%
Formação natural não florestal	Campo alagado e área pantanosa	0,28	0,7%
Agropecuária	Pastagem	0,34	0,8%
	Cana	2,60	6,2%
	Outras lavouras temporárias	0,22	0,5%
	Mosaico de agricultura e pastagem	25,10	59,9%
Área não vegetada	Área urbanizada	8,28	19,8%
	Outras áreas não vegetadas	0,04	0,1%
Corpo d'água	Rios, lagos e oceanos	0,08	0,2%
	Aquicultura	0,03	0,1%

Fonte: MapBiomias (2022), adaptado pelo autor

A quantificação das áreas, expressas em km², ocupadas por cada classe obtida a partir do mapeamento temático de cada ano e a diferença entre o período estudado (1985-2020), em percentuais, estão apresentados a seguir (Quadro 11):

Quadro 11: Área das subclasses de uso e ocupação da terra e variação temporal na área de estudo ao longo dos anos

Classe de uso	Área (km ²)					Variação 2020/1985 (km ²)	Variação 2020/1985 (%)
	1985	1990	2000	2010	2020		
Floresta	2,97	3,35	3,40	3,68	4,95	1,98	67%
Formação natural não florestal	1,64	0,47	0,45	0,41	0,28	-1,36	-82%
Agropecuária	35,06	34,84	32,21	31,26	28,26	-6,80	-19%
Área não vegetada	2,26	3,26	5,87	6,55	8,32	6,06	268%
Corpo d'água	0,33	0,11	0,08	0,10	0,11	-0,22	-67%

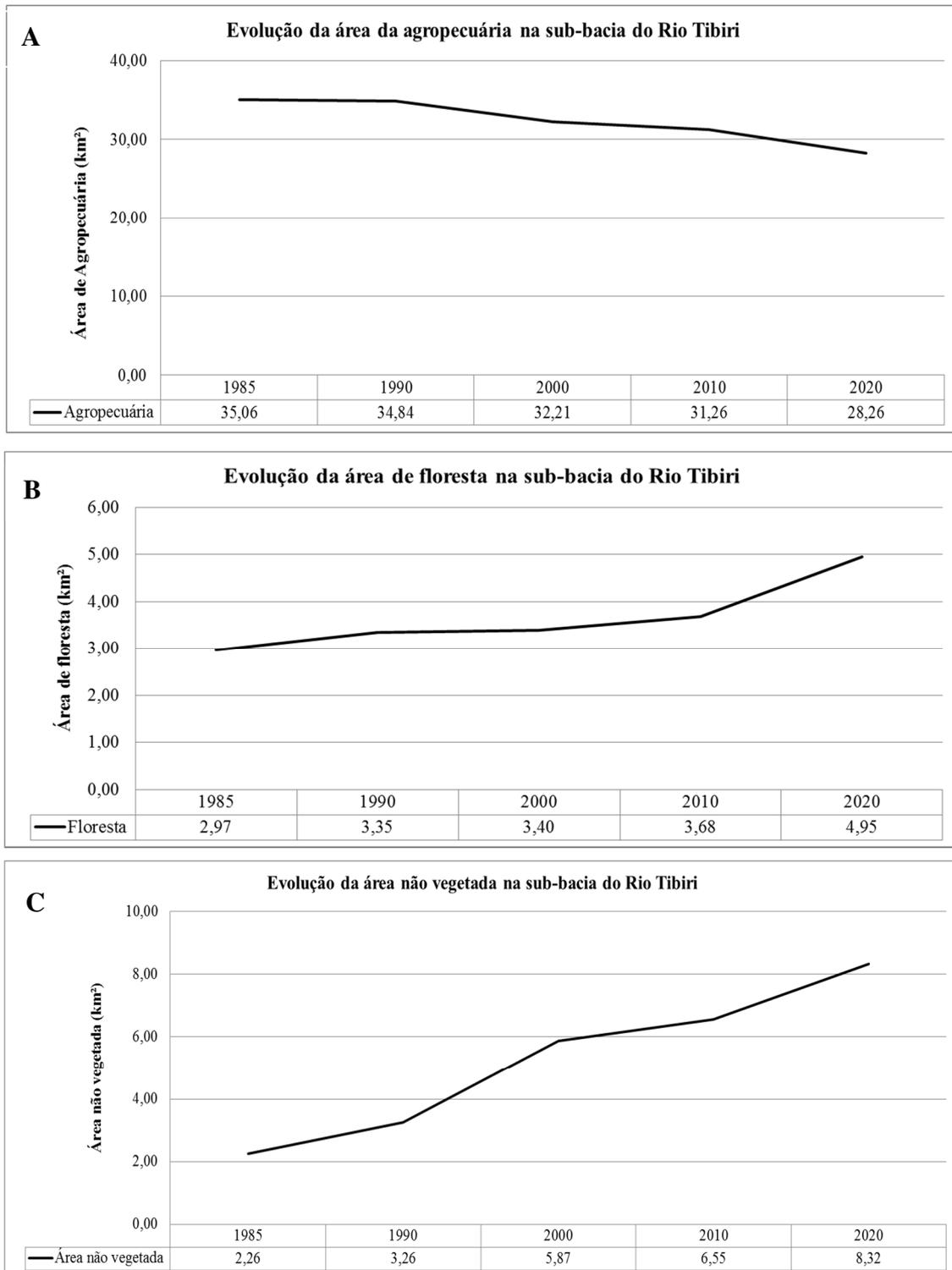
Fonte: MapBiomias (2022), adaptado pelo autor

Esses dados evidenciaram que ao longo dos anos deste estudo, apesar da sua dominância, a classe “Agropecuária” teve uma redução em sua área de 6,80 km², queda de 19% na sua extensão, ao passo que a classe “Área não vegetada”, apresentou um aumento da sua área de 6,06 km². Associando esse resultado ao crescimento da classe “Floresta” em 67% (1,98 km²) ao longo dos anos, pode-se afirmar que o crescimento urbano na sub-bacia do Rio Tibiri avançou em áreas agricultáveis e pastoris, não causando grandes interferências nas formações florestais da região (Quadro 11; Figura 12 A; Figura 12 B; Figura 12 C).

Santa Rita se destaca no Estado da Paraíba pelo seu potencial agropecuário, desse modo, a classe “Agropecuária” foi dominante em todo o período estudado, chegando a ocupar 83% da área estudada em 1985, se estendendo por 35,06 km². Entretanto, essa classe sofreu uma redução de 19% ao longo dos anos, passando a ocupar 28,26 km² (67,4% da área) no ano de 2020 (Quadro 11). Analisando os mapas de uso e ocupação percebe-se que as áreas ocupadas pela subclasse “Mosaico de agricultura e pastagem” foram substituídas pela subclasse “Área urbanizada”.

Como já apresentado, o produto agropecuário que mais se destaca em Santa Rita é a cana-de-açúcar. Nos mapas de uso e ocupação do solo, a subclasse “Cana” apresentou extensão constante ao longo dos anos, variando entre 2,60km² em 2020 e 2,66km² em 2010, abarcando em média 6,2% da sub-bacia do Rio Tibiri (Quadro 9; Quadro 10).

Figura 12: **A)** Evolução da área da agropecuária na sub-bacia do Rio Tibiri; **B)** Evolução da área de floresta na sub-bacia do Rio Tibiri; **C)** Evolução da área não vegetada na sub-bacia do Rio Tibiri



Fonte: MapBiomass (2022), adaptado pelo autor

As classes “Formação natural não florestal” e “Corpo de água” foram as menos expressivas em todo o estudo, ocupando em 2020 apenas 0,28 km² e 0,11 km², respectivamente (Quadro 11). Apesar de essas classes terem apresentado quedas percentuais significativas, 82% para a classe “Formação natural não florestal” e 67% para a classe “Corpo d’água”, não foram consideradas relevantes para o estudo da urbanização na sub-bacia do Rio Tibiri pela pequena extensão que elas ocupam. Vale destacar que estas classes são compostas por amostras que apresentam feições de difícil captação e separação em classes, sendo facilmente confundidas com outras.

A classe de “Área não vegetada” apresentou um crescimento significativo de 268% entre o ano de 1985 e 2020, passando de 2,26 km² para 8,32 km² (Figura 12 C; Quadro 11). Este crescimento exponencial foi resultado da expansão dos bairros já existentes, associados ao lançamento de programas de habitação dos governos estaduais e federais.

No fim da década de 2000 foi aprovada a Lei nº 11.977 de 07 de julho de 2009 que dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), com a finalidade de criar mecanismos de incentivo à produção e aquisição de novas unidades habitacionais ou requalificação de imóveis urbanos para famílias de baixa renda (BRASIL, 2009).

Assim como em muitos municípios brasileiros, Santa Rita vem se beneficiando dos programas habitacionais para sanar o déficit de habitação existente. A partir do subsídio desses programas, o setor imobiliário em Santa Rita ficou aquecido, sobretudo na zona sul do município, surgindo novos loteamentos e promovendo a expansão dos bairros já existentes, como o Bairro dos Municípios, que surgiu como um conjunto habitacional e atualmente encontra-se bastante expandido e desenvolvido, apresentando comércio aquecido e grande exploração do setor imobiliário, impulsionando a vinda de moradores do interior paraibano que buscam localizações mais próximas da região metropolitana de João Pessoa com preços menores (ANDRADE, 2017; SANTOS, 2019). O reflexo deste crescimento é sentido em Santa Rita até os dias atuais, havendo um crescimento de 38% na área urbanizada do município nos últimos 20 anos (2000-2020).

4.2 Impactos ambientais na sub-bacia do rio Tibiri

A sub-bacia do Rio Tibiri apresentou três pontos com condições ambientais classificadas como boas, um ponto considerado regular e um ponto apresentou condição ruim (Quadro 12).

Quadro 12: Checklist detalhado e classificação dos pontos analisados

CRITÉRIOS		PONTOS OBSERVADOS				
		P1	P2	P3	P4	P5
Margens e feições do rio	Presença da mata ciliar	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Regular (3 pontos)	Regular (3 pontos)	Ruim (0 ponto)
	Tipo de ocupação da margem do rio	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Regular (3 pontos)	Ruim (0 ponto)	Ruim (0 ponto)
	Assoreamento do rio	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Regular (3 pontos)
Coluna da água	Odor na água	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)
	Óleos, graxas e espumas na água	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)
	Cor ou turbidez da água	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Regular (3 pontos)	Regular (3 pontos)	Ruim (0 ponto)
	Floração de algas	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)
	Plantas aquáticas flutuantes	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Regular (3 pontos)	Regular (3 pontos)	Ruim (0 ponto)
Alterações antrópicas	Lançamento de efluentes	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Ruim (0 ponto)	Ruim (0 ponto)
	Lançamento de resíduos	Boa (5 pontos)	Regular (3 pontos)	Ruim (0 ponto)	Ruim (0 ponto)	Ruim (0 ponto)
	Criação de animais	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Boa (5 pontos)	Ruim (0 ponto)	Ruim (0 ponto)
	Presença de visitantes	Boa (5 pontos)	Regular (3 pontos)	Ruim (0 ponto)	Ruim (0 ponto)	Ruim (0 ponto)
Total de Pontos		60	56	42	29	18
Classificação Ambiental		Boa	Boa	Boa	Regular	Ruim

Elaborado pelo autor

Os pontos com a condição considerada boa localizam-se no alto curso da bacia, já o ponto classificado como regular foi o Açude Tibiri, e o ponto mais impactado situa-se nas imediações da área central da cidade de Santa Rita, todos os pontos em situação regular ou ruim estão inseridos no baixo curso do Rio Tibiri, sendo áreas com grande antropização.

O médio curso do Rio Tibiri, apesar de não ser possível realizar visitas na localidade, também é caracterizado por apresentar grande ação antrópica, resultado das alterações na vegetação nativa e no uso do solo, sendo uma área com grande quantidade de granjeiros e pequenos criadores (PMSR, 2018b). Esse uso intensivo do solo pelas pequenas propriedades rurais é favorecido pela região plana, com pequenas várzeas por onde o curso do Rio Tibiri percorre, o que garante condições mais favoráveis para as atividades agropecuárias em relação ao alto curso que possui um relevo mais acidentado.

Pelos resultados obtidos ficou evidente o aumento dos impactos ambientais ao passo que o curso do Rio Tibiri se aproxima do perímetro urbano do município de Santa Rita (Quadro 13).

Quadro 13: Resumo dos impactos ambientais encontrados no Rio Tibiri, Santa Rita - PB

P1 – Nascente do Rio Tibiri	Construção de rodovias nas proximidades Exploração mineral nas proximidades Aterramento da nascente principal
P2 – Barramento próximo a nascente	Barramento artificial para irrigação Presença de resíduos sólidos Presença de vias de acesso
P3 – Barragem de abastecimento de água	Desmatamento da mata ciliar Presença de resíduos sólidos Lançamento indireto de efluentes doméstico Presença de plantas aquáticas flutuantes Presença de vias de acesso Uso como área de lazer
P4 – Açude Tibiri	Desmatamento da mata ciliar Ocupação urbana ao redor Lançamento direto de efluentes doméstico Presença de resíduos sólidos Presença de plantas aquáticas flutuantes Criação de animais nas proximidades Grande fluxo de visitantes Bombeamento de água Lavagem de carros no local
P5 – Área central de Santa Rita	Ausência da mata ciliar Presença de espécies exóticas Ocupação urbana ao redor Lançamento direto de efluentes doméstico Presença de resíduos sólidos Presença de plantas aquáticas flutuantes Assoreamento Criação de animais nas proximidades

Elaborado pelo autor

4.2.1 Ponto 1: Nascente do Rio Tibiri

A área da nascente do Rio Tibiri, apesar de originalmente encontrar-se aterrada, ao ressurgir de forma natural no curso do rio apresenta as características ambientais mais preservadas de toda a sub-bacia, sendo a área com menor intervenção antrópica. A nascente está inserida em uma porção de mata fechada com vegetação densa e solo arenoso, apresentando pontos de encharcamento e umidade com grande quantidade de serrapilheira (Figura 13).

Figura 13: Ressurgimento da nascente do Rio Tibiri, Santa Rita – PB



Foto: Autor (2022)

As características naturais da vegetação na nascente do Rio Tibiri favorecem a manutenção da qualidade ambiental no local, pois a remoção da mata ciliar causa prejuízos incontestáveis para a natureza, sendo a sua manutenção fundamental para a preservação dos recursos hídricos e do solo do entorno, além de melhorar a capacidade de infiltração e favorecer a transpiração, contribuindo para a manutenção do ciclo da água (VAZ; ORLANDO, 2012).

Dos parâmetros observados na análise ambiental dos pontos deste estudo, nenhum dos fatores negativos foi verificado na nascente do Rio Tibiri durante as visitas técnicas, o que proporcionou a essa área a melhor pontuação entre os pontos observados na sub-bacia em estudo, podendo ser considerada como um ambiente preservado. Fatores como a distância com o perímetro urbano e a preservação da mata ciliar são determinantes na preservação dessa nascente, diferente do que é comumente visto em nascentes de bacias inseridas em ambientes totalmente urbanizados.

Garcia et al., (2018) analisaram treze nascentes da bacia do Ribeirão das Pedras em Campinas, São Paulo, utilizando um índice de análise ambiental simplificado semelhante ao desenvolvido neste estudo, verificaram que oito estão consideravelmente impactadas. Fatores como a ausência da mata ciliar, pontos de captação de água, pontos com erosão, vias de acesso, urbanização e presença de resíduos sólidos foram determinantes para degradação destas nascentes. Sendo os impactos mais significativos decorrentes da aproximação e

intervenção antrópica nas nascentes e a ausência da mata ciliar, o que também acarretou alterações nos parâmetros físico-químicos da água, tais como o teor de nitrogênio e fósforo.

Santos et al., (2021) utilizando uma análise macroscópica de aspectos ambientais em uma bacia localizada no município de Soledade no Rio Grande do Sul, analisaram dez nascentes e observaram que todas as nascentes são de fácil acesso e, conseqüentemente, a maioria estão degradadas pelas ações antrópicas por meio de criação de animais e proximidade com as residências e estabelecimentos comerciais. Os autores classificaram as nascentes pelo grau de preservação, não havendo nascente nas condições “ótima” ou “boa”, duas foram consideradas no grau “razoável”, cinco foram enquadradas como “ruim” e três obtiveram pontuação de grau de preservação “péssimo”.

O Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012) define as nascentes como afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso de água. Essas áreas são consideradas como Áreas de Preservação Permanente (APP) e independente da sua grandeza e localidade deve ter a proteção com raio mínimo de cinquenta metros, a fim de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

As nascentes desempenham um importante papel na dinâmica hidrológica, sendo responsáveis pela passagem da água subterrânea para a superfície, tornando-se um ponto crucial na preservação ambiental de uma região, tendo em vista que a água está intrinsecamente relacionada com a sobrevivência e com a manutenção dos ecossistemas naturais (GARCIA et al., 2018).

Após o seu ressurgimento, o Rio Tibiri segue o seu fluxo natural com regime de escoamento perene, havendo o processo de formação do manancial logo em seguida, mantendo-se as feições naturais da vegetação e do solo (Figura 14).

Figura 14: Formação do Rio Tibiri após a nascente



Foto: Autor (2022)

4.2.2 Ponto 2: Barragem próxima à nascente

Distando aproximadamente 500 metros após a ressurgência da nascente do Rio Tibiri foi construído um barramento com sacos de areia distribuídos em trincheira visando a captação de água para fins de irrigação (Figura 15). Apesar de não haver captação de água durante as visitas técnicas realizadas, essa alteração no curso do rio pode influenciar no fluxo laminar do rio, tornando-o mais lântico, contribuindo ainda para o aumento do processo de evaporação da água pelo aumento da exposição do espelho de água à luz solar (PMSR, 2018b). Entretanto, por se tratar de um pequeno barramento esse efeito não é significativo, uma vez que o barramento se encontra em uma área sombreada pelas árvores da mata ciliar.

A partir de uma visão macroscópica da água e do ambiente ao redor, esse ponto foi considerado de boa qualidade ambiental. Apresentando vegetação nativa ao redor, transparência na água, margens estáveis e poucas intervenções humanas no local, apesar das trilhas de acesso a área.

Figura 15: Barramento artificial após a nascente do Rio Tibiri



Foto: Autor (2022)

Durante as visitas técnicas foi possível observar na lâmina de água desse barramento grande quantidade de plantas aquáticas perenes do gênero *Nymphaea*, planta conhecida popularmente como ninfeia. Essas espécies de plantas aquáticas são enraizadas com folhas flutuantes, sendo consideradas como indicadoras de boa qualidade de água, possuindo a habilidade de assimilar nutrientes presentes no sedimento. Além disso, essas plantas formam substrato com os seus caules para adesão do biofilme, auxiliando no processo de autodepuração do rio, contribuindo para a melhoria da qualidade de água (Figura 16).

Figura 16: Plantas aquáticas do gênero *Nymphaea* encontradas no barramento



Foto: Autor (2022)

Esse tipo de organismo desempenha um papel fundamental nos ambientes aquáticos pois os nutrientes que anteriormente ficariam restritos ao sedimento passa para a coluna de água, retornando ao ecossistema aquático, seja pela excreção ou pela sua liberação após a decomposição da planta aquática (POMPÊO, 2017). De acordo com Moreira e Bove (2017), o crescimento de espécies desse gênero é comum em habitats aquáticos lântico de água doce ou salobra, ricos em matéria orgânica, estando associado pela disponibilidade de nutrientes no sedimento, com isso, havendo desequilíbrio na demanda de nutrientes ocorrerá a diminuição no desenvolvimento da planta pelo estresse sofrido no sistema radicular desses indivíduos.

As macrófitas aquáticas participam da cadeia alimentar como produtores primários fornecendo alimentos aos consumidores primários, proporcionam estrutura física que serve como abrigo e habitats para vários grupos de organismos aumentando a heterogeneidade ambiental favorecendo a biodiversidade, participam da manutenção dos ciclos biogeoquímicos, influenciam diretamente na hidrologia e dinâmica sedimentar dos ecossistemas aquáticos de água doce através de seus efeitos no fluxo da água, podem ser usadas como bioindicadores e possuem potencial despoluidor, além do aproveitamento econômico da biomassa desses vegetais (BONETTE; PUIJALON, 2011; SILVA; MARQUES; LOLIS, 2012).

Por estas razões, as plantas aquáticas não devem ser exterminadas como pragas pelo simples propósito de tornar a aparência da massa de água “mais limpa”. Ao tratar do monitoramento e manejo dessas plantas é essencial estudos que contemplem aspectos teóricos e aplicados das características desses organismos, seu potencial crescimento e origem dos nutrientes do ambiente aquático (POMPÊO, 2017).

Ao passo em que é amplamente reconhecida a importância ecológica das macrófitas aquáticas, em algumas situações, elas podem representar um risco para a utilização dos recursos hídricos, tais como: a contribuição nos processos de eutrofização; os problemas criados para uso como lazer, navegação, captação de água para consumo, pesca e prática esportiva dos ambientes aquáticos, resultantes do crescimento descontrolado em algumas espécies; e a criação de um ambiente favorável para a proliferação de organismos patogênicos e vetores resultando em problemas de saúde pública (SILVA; MARQUES; LOLIS, 2012).

Esse barramento é facilmente acessado pela borda direita da vegetação, a partir de aberturas em meio à mata ciliar, entretanto, são observadas poucas alterações antrópicas na área. Durante o percurso das trilhas foi identificada a presença de uma pequena quantidade de

resíduos sólidos, reforçando a ideia de tráfego de pessoas pelo local, bem como a utilização das trilhas por motociclistas (Figura 17).

Figura 17: Presença de resíduos sólidos na trilha de acesso à barragem



Foto: Autor (2022)

4.2.3 Ponto 3: Barragem de abastecimento de água

A barragem de regularização de nível para abastecimento de água de grande parte da zona urbana de Santa Rita é localizada às margens da BR-230, entre os bairros Popular, Marcos Moura e Tibiri II.

O desmatamento e a exploração mineral são intervenções que influenciam no abastecimento de água e são observados na porção anterior ao barramento de abastecimento (MORAIS, 2011; PMSR, 2018b). Esses fatores podem colocar em risco a segurança hídrica em Santa Rita, tendo em vista que essa barragem é a principal fonte de abastecimento dos moradores da zona urbana do município e que vem sofrendo com pressões oriundas do processo de crescimento urbano, tais como a presença de resíduos sólidos (Figura 18 A; Figura 18 B).

Figura 18: A) Presença de plásticos na barragem de abastecimento. B) Presença de pneu na barragem de abastecimento



Foto: Autor (2022)

Vale destacar que a drenagem pluvial dos bairros e loteamentos da zona sul de Santa Rita desembocam no Rio Tibiri, sendo mais um agravante na situação ambiental deste rio que contribui para a queda de potabilidade da água, tendo em vista que as águas residuárias cinzas são liberadas nas ruas dos bairros desta sub-bacia e são incorporadas ao sistema de drenagem que chega ao rio, essas águas são ricas em fósforo, elemento indutor da eutrofização (Figura 19).

Figura 19: Rede de drenagem pluvial em área próxima à barragem de abastecimento



Foto: Autor (2022)

A produção excessiva de resíduos, tanto sólidos quanto líquidos, e a sua destinação inadequada gera impactos ambientais, sociais e de saúde, como a poluição do solo, da água e

do ar, assoreamento dos rios e córregos, proliferação de doenças, entupimento de bueiros gerando alagamentos e enchentes, além do odor desagradável (PEREIRA et al., 2020).

A crescente geração de resíduos sólidos urbanos tem sido identificada como um problema em todo o mundo, tornando-se assunto de grande preocupação para a gestão pública especialmente em relação à destinação destes resíduos. A destinação inadequada de resíduos sólidos na sub-bacia do Rio Tibiri é fruto da falta de conscientização social e ambiental dos moradores e empresários da localidade, tendo em vista que o município de Santa Rita dispõe de coleta de resíduos que cobre a área urbana em sua totalidade (SNIS, 2020).

A presença de resíduos sólidos na barragem de captação de água é resultado da utilização desenfreada do local como área de lazer, sendo amplamente frequentada pelos moradores dos bairros próximos. Esse fato reforça a necessidade de restringir o acesso ao local, tornando-a proibida para utilização como área de lazer. A poluição do solo e hídrica que esses resíduos proporcionam na área pode influenciar na qualidade da água que é captada, bem como no assoreamento do rio e no seu fluxo. Levando em consideração que após esse barramento forma-se o Açude Tibiri, lugar estruturado para receber visitantes e banhistas, a proibição do uso da barragem de captação como área de lazer não deixará os moradores locais sem opção de lazer no Rio Tibiri.

Nas imediações da barragem de abastecimento são observados alguns pontos de destinação inadequada de resíduos sólidos, inclusive oriundos de abatedouros de aves (Figura 28). Esse tipo de resíduo apresenta grande potencial poluidor por conter altas concentrações de matéria orgânica que podem atrair insetos e outros vetores de doenças, resultando na proliferação de doenças em humanos e animais. Além disso, esses resíduos possuem rápida putrefação gerando odor desagradável e poluição das águas superficiais e subterrâneas (SILVA; SOUSA; VALONES, 2018).

Figura 20: Resíduos de abatedouro de aves próximo a barragem de abastecimento



Foto: Autor (2022)

Sunada et al., (2014) enfatizam que o tratamento desses resíduos é feito utilizando-se técnicas que visem reduzir o potencial poluente deles e garantir a qualidade sanitária do material. Nesse sentido, evidencia-se que a prática dessa disposição inadequada próxima a barragem de captação de água para abastecimento se configura como crime ambiental, uma vez que esses resíduos possuem elevado potencial poluidor e estão sendo lançados fora dos padrões estabelecidos por lei, podendo gerar desequilíbrio no ecossistema e poluição dos corpos hídricos com consequências graves para a qualidade de água de consumo.

Os resíduos sólidos oriundos dos abatedouros são comumente destinados aos aterros, enterramento, incineração, compostagem, biodigestão e reciclagem. Entretanto, a disposição em aterros não é suficiente para eliminar microrganismos resistentes ao calor, além de gerar chorume que pode contaminar os aquíferos, assim como a prática do enterramento. A incineração além de liberar poluentes atmosféricos possui elevado custo, não sendo compatível com os aspectos ambientais e econômicos (FEISTEL, 2011).

Dias e Aguiar (2016) destacam que as alternativas mais viáveis para reduzir os impactos ambientais da geração de resíduos em abatedouros são as práticas de reciclagem e compostagem, proporcionando aproveitamento integral ou próximo do integral do resíduo gerado e conversão da matéria orgânica em adubo e ração, e os materiais inorgânicos são direcionados para empresas especializadas em reciclagem.

A presença de plantas aquáticas em barragens de abastecimento pode indicar a qualidade da água captada para o uso da população. Em condições ótimas as macrófitas

aquáticas flutuantes podem crescer intensamente e em pouco tempo ocupar grande parte do espelho de água. As espécies enraizadas ou emergentes podem trazer outros transtornos como o assoreamento do rio e dificuldade na navegação. Visando minimizar os possíveis impactos que esses organismos podem trazer é adequada a criação de um protocolo de acompanhamento do crescimento destas plantas, sobretudo em reservatórios de múltiplos usos (POMPÊO, 2017).

Nessa barragem também foram observadas outras plantas aquáticas no leito do rio, algumas são enraizadas como é o caso da *Hydrocleys nymphoides* (papoula aquática) e outras são flutuantes como as da família Salviniaceae (Figura 21 A; Figura 21 B; Figura 21 C; Figura 21 D).

Figura 21: A) Planta aquática enraizada *Hydrocleys nymphoides* B) Plantas aquáticas flutuantes na parede do barramento; C) Plantas flutuantes da família Salviniaceae no espelho de água da barragem; D) Plantas flutuantes no espelho de água da barragem



Foto: Autor (2022)

A *H. nymphoides* é uma planta aquática enraizada nativa da América do Sul, encontrada principalmente no Brasil e na Venezuela. Essa planta apresenta bom crescimento em águas rasas e ambientes ricos em nutrientes com penetração de luz

suficiente. Esta planta aquática apresenta fácil crescimento e reprodução, podendo representar uma ameaça ao ecossistema aquático quando seu crescimento se torna excessivo, interferindo no comportamento da fauna aquática e nas atividades recreativas, na pesca e navegação, além de poder cobrir a superfície da água impedindo a penetração da luz no corpo hídrico (NXUMALO et al., 2015).

Lacet (2014) identificou *H. nymphoides* de maneira frequente no Açude Tibiri na porção subjacente ao aglomerado urbano, área que é mais utilizada pela população para banho e onde se encontra o escoadouro de esgoto doméstico. Já as espécies da família das Salviniaceae foram encontradas de maneira muito frequente em todas as margens do açude, entretanto, a sua presença teve correlação positiva com a condutividade e com a transparência da água, parâmetros que estão relacionados às condições de águas mais limpas.

As espécies de *Salvinia* são macrófitas exclusivamente aquáticas flutuantes, comuns em água doce e com ampla distribuição geográfica, colonizando rapidamente extensas superfícies de água. Essas plantas possuem grande importância ecológica, apresentando potencial bioindicador de qualidade da água, com capacidade para absorver metais pesados da água agindo como um fitorremediador (MIRANDA, 2017).

A presença e o crescimento das plantas aquáticas estão sendo cada vez mais estudadas como um efeito do desequilíbrio causado pelos efeitos da poluição. A utilização de macrófitas aquáticas como bioindicadoras de qualidade de águas superficiais tem se mostrado como uma alternativa de baixo custo e eficiente. As espécies bioindicadoras apresentam uma adaptação ao ambiente com substâncias poluentes específicas, podendo inferir qualitativamente a partir da identificação da presença destes organismos às condições ambientais do ecossistema. Havendo uma tendência de maior ocorrência de plantas aquáticas flutuantes em ambientes com maior grau de poluição. (RODRIGUES et al., 2016; SANTOS et al., 2020).

A água destinada ao consumo humano deve obedecer às normas e padrões de potabilidade exigidos pela Portaria 36, de janeiro de 1990, do Ministério da Saúde, para se constituir em água potável (BRASIL, 1990). O monitoramento e melhoramento da qualidade da água na barragem de captação de água bruta é fundamental para o bom funcionamento do sistema de abastecimento de água de Santa Rita, pois além das características topográficas e quantidade de água do Rio Tibiri, é importante garantir a qualidade da água, tendo em vista a facilitação no processo de tornar a água potável.

Esses fatores irão contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população, reduzindo a incidência de doenças de veiculação hídrica.

Tendo em vista a importância dessa barragem para o abastecimento de água da cidade de Santa Rita e a grande influência que as plantas aquáticas exercem nos processos físico-químicos do ecossistema, o crescimento e o desenvolvimento desses organismos neste local devem ser vigiados continuamente, de modo que seja realizada a prática de manejo, caso necessário. Igualmente, se faz necessária a atenção quanto à disposição de resíduos no local, sendo primordial a limpeza periódica da barragem, destinação e tratamento correto do esgoto lançado nas proximidades e restringir o acesso à área.

4.2.4 Ponto 4: Açude Tibiri

O Açude Tibiri, também conhecido como Balneário das Águas Minerais, é uma área que foi amplamente utilizada pela população de Santa Rita como fonte de captação de água para abastecimento doméstico, irrigação e pesca. De acordo com a CAENE (1966), a população urbana de Santa Rita utilizava-se de meios primitivos de abastecimento, captando a água desse açude, transportando-a para as residências em latas e tonéis, conduzidos por animais.

Atualmente as atividades mais relevantes no local são as recreativas, de lazer e turismo, tendo em vista as reformas e adequações que foram feitas no local. Entretanto, ainda é vista a pesca de lazer e de subsistência no local, apesar de ser em menor escala comparada às décadas anteriores.

Por estar totalmente inserido na porção urbana do município e pelas atuais atividades desenvolvidas no Açude Tibiri, podem ser observadas graves interferências antrópicas, tais como: o lançamento direto de esgoto doméstico, presença de resíduos sólidos, bombeamento de água e presença de currais e pocilgas nas proximidades.

O Açude Tibiri atua como corpo hídrico receptor de esgoto lançado sem tratamento prévio, recebendo águas residuais de atividades domésticas, comerciais e industriais (PMSR, 2018b), sendo observadas diversas tubulações com lançamento direto de esgoto nesse ambiente (Figura 22 A; Figura 22 B).

Além disso, existe lançamento de esgoto a céu aberto nas ruas que dão acesso ao açude, o que resulta no escoamento indireto desse efluente juntamente com as águas da chuva para

dentro do açude (Figura 23). Esse fato representa um agravamento da poluição hídrica, gerando um desequilíbrio no ecossistema pela quantidade de carga orgânica desses efluentes, o que pode resultar na proliferação de microrganismos patogênicos, alteração da coloração da água, além do odor desagradável na região, o que também influencia na balneabilidade desse ambiente, reduzindo assim o número de visitantes e banhistas no local.

Figura 22: A) Lançamento direto de esgoto no Açude Tibiri. B) Lançamento de esgoto na área externa do Açude Tibiri



Foto: Autor (2022)

Figura 23: Escoamento de esgoto doméstico a céu aberto em rua de acesso ao Açude Tibiri



Foto: Autor (2022)

Devido ao fluxo descontrolado de poluentes orgânicos, especialmente nitrogênio e fósforo, os corpos de água receptores podem experimentar floração de algas, morte de peixes

e deterioração da biodiversidade, o que eventualmente pode afetar negativamente a vida humana. O tratamento prévio do esgoto antes do lançamento no rio reduz essa carga de poluição e conseqüentemente, melhora a qualidade da água (LEE et al., 2017).

As águas do Açude Tibiri foram consideradas impróprias para o banho, com excesso substancial no limite de coliformes termotolerantes chegando a 18.096 UFC/100ml, enquanto o limite estabelecido na Resolução nº 274 do CONAMA é de 100 UFC/100ml. As causas prováveis desse resultado foram a baixa precipitação pluviométrica, o que aumenta o número de frequentadores no local e a presença de uma pocilga (DAUTRO, 2018). Apesar da posterior desativação da pocilga, foi verificada durante as visitas a presença de estábulos nas proximidades do açude (Figura 24 A; Figura 24 B).

Figura 24: A: Animais próximo ao Açude Tibiri; **B:** Estábulo próximo ao Açude Tibiri

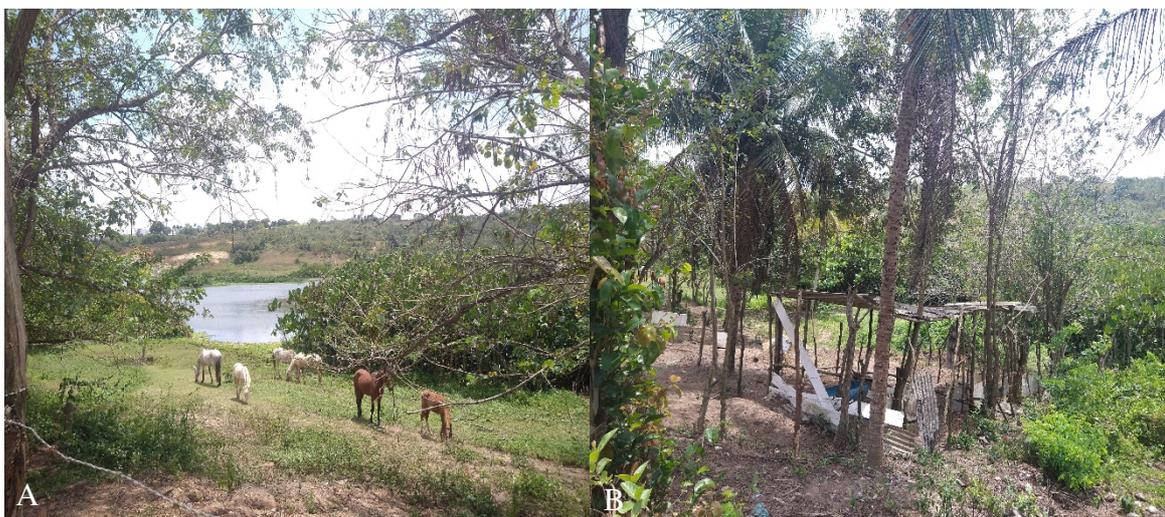


Foto: Autor (2022)

A presença ou criação de animais em estábulos, granjas e pocilgas perto de ambientes aquáticos são consideradas fontes poluidoras, uma vez que seus detritos podem conter microrganismos patogênicos que podem levar a poluição das águas quando em contato com os recursos hídricos, modificando assim a sua qualidade. Um dos parâmetros alterados é o aumento da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), o que resulta no aumento dos sólidos suspensos em águas que recebem esses dejetos. E em casos de consumo da água pelo ser humano sem o devido tratamento prévio, podem causar doenças diarreicas (MOTA, 1995; DEVIDE et al., 2014).

Outro agravante na qualidade ambiental do Açude Tibiri é a presença de resíduos sólidos em grande quantidade (Figura 25 A; Figura 25 B). Esses materiais contribuem

com a poluição do solo na área, favorecem a proliferação de doenças, aumentam o processo de assoreamento do açude ficando retidos nas margens ou depositados no canal fluvial. Todos esses impactos podem interferir na qualidade da água do Rio Tibiri, além de trazer consequências sociais e econômicas, levando à desvalorização do local.

O acúmulo de lixo traz um aspecto incompatível com as práticas de lazer e turismo, evidenciando a falta de uma conscientização ambiental por parte dos usuários que usufruem desse bem público e da gestão municipal (FERREIRA; LOPES; ARAÚJO, 2012).

Figura 25: A) Resíduos sólidos na área externa do Açude Tibiri. B) Resíduos sólidos nas margens do Açude Tibiri



Foto: Autor (2022)

Durante a visita do período de chuva foi possível observar a prática de bombeamento da água do açude (Figura 26). Essa captação de água superficial é comumente utilizada para fins de abastecimento, agropecuário e industrial. Entretanto, todo uso da água é regularizado pelo Estado e necessita de cadastro, outorga ou dispensa de outorga de direito de uso, tendo em vista que a água é um bem de domínio público, conforme os artigos 20º e 26º da Constituição Federal (BRASIL, 1988). Com isso, é necessária uma investigação mais apurada em relação à coleta de água no Açude Tibiri a fim de verificar a legalidade e finalidade dessas coletas.

Figura 26: Captação de água no Açude Tibiri, Santa Rita - PB



Foto: Autor (2022)

O Açude Tibiri ainda enfrenta outro problema, a lavagem de carros. A lavagem de automóveis em ambientes como o açude oferece perigo ao meio ambiente a partir da contaminação do corpo hídrico e do solo, e como consequência também oferece riscos à saúde pública, levando em consideração que durante a atividade da lavagem são carregadas substâncias tóxicas potencialmente prejudiciais à vida aquática. Entre esses elementos estão os derivados de petróleo, graxas, parafinas, asbestos, metais pesados, sólidos em suspensão, surfactantes e alta concentração de matéria orgânica (ROSA et al., 2012)

Em função da toxicidade de sua composição o descarte indevido do efluente desse tipo de atividade preocupa, logo, essa prática no açude deve ser interrompida. Para que isso ocorra é necessária a fiscalização e punição por parte dos órgãos competentes e a população local tem papel importante na redução dessa prática através de denúncias aos órgãos fiscalizadores, tendo em vista que a ação de lavagem de carros acontece de maneira indiscriminada enquanto a população utiliza o ambiente para prática de exercícios e lazer, como observado durante a visita no período de estiagem (Figura 27).

Figura 27: Lavagem de carro no Açude Tibiri, Santa Rita - PB



Foto: Autor (2022)

Outra condição importante observada no Açude Tibiri durante as visitas técnicas foi a grande quantidade de plantas aquáticas nas margens do açude e de maneira pontual em seu leito. Na visita do período chuvoso foi verificado grande quantidade de matéria orgânica resultante da degradação das macrófitas sendo retirado das águas e depositada nas margens do açude. Com isso, o material pode retornar para o leito do açude, contribuindo para o assoreamento do rio, além da poluição visual no local de uso dos frequentadores (Figura 28 A; Figura 28 B).

Figura 28: A) Matéria orgânica em decomposição na margem do Açude Tibiri. B) Material retirado do Açude Tibiri depositado na área de uso recreativo



Foto: Autor (2022)

Uma das plantas aquáticas encontradas com mais abundância no Açude Tibiri, foi a *Pistia stratiotes*, conhecida popularmente como alface de água. Essa espécie foi encontrada na margem mais utilizada pela população para lazer, sendo também a área de lançamento de esgoto. Além disso, foi a única planta aquática observada com frequência no leito do açude (Figura 29 A; Figura 29 B), diferente do encontrado por Lacet (2014), onde essa espécie foi classificada como pouco frequente nesse reservatório.

Figura 29: A) *Pistia stratiotes* na margem do Açude Tibiri. B) *Pistia stratiotes* no leito do Açude Tibiri



Foto: Autor (2022)

Essa planta é uma macrófita flutuante livre que ocorre em quase todo Brasil, que se prolifera rapidamente em ambientes poluídos e ricos em nutrientes, sendo considerada uma das macrófitas aquáticas que apresenta maior histórico de transtornos devido a eventos de crescimento excessivo em reservatórios e em centros urbanos com corpos hídricos eutrofizados. A *P. stratiotes* é considerada uma planta indicadora de poluentes e diversos estudos têm demonstrado o potencial fitorremediador de metais pesados dessa espécie (RODRIGUES et al., 2016; POMPÊO, 2017). Logo, a abundância dessa macrófita no Açude Tibiri, pode estar associada a elevada carga orgânica oriunda do esgoto lançado nesse ambiente.

Contudo, vale salientar que nem todas as macrófitas são bioindicadoras ou fitorremediadoras, pois algumas não possuem mecanismos suficientes para lhe conferirem essas características ou ainda não existem pesquisas para identificar tal propriedade.

Com características invasoras, a *P. stratiotes* geralmente cobre a superfície dos corpos hídricos, dificultando o fluxo e água, diminuindo a concentração de oxigênio e a penetração de luz no ambiente aquático, o que resulta em sérios danos à fauna e flora aquática (CORNELLI et al., 2017). Desse modo, o seu manejo se faz necessário quando o crescimento excessivo se torna prejudicial ao meio aquático.

Nesses casos, a coleta e descarte da *P. stratiotes* deve ser feita para aproveitar as características da biomassa de modo eficiente. A biomassa dessa espécie pode ter diversas aplicações, como fitorremediação durante o crescimento na água ou pode ser utilizada para fins medicinais, produção de biocombustível e como biomassa alimentar. Nesse aspecto, observa-se que além da importância ambiental, as macrófitas possuem grande importância social, contribuindo com o fornecimento de alimentos e biomassa (KHAN et al., 2014; CORNELLI et al., 2017).

Outras macrófitas aquáticas foram encontradas na porção mais utilizada do Açude Tibiri, incluindo em menor quantidade a *Eichhornia crassipes*, sendo também uma planta aquática indicadora de águas poluídas (Figura 30). O crescimento desses organismos provoca o questionamento quanto à qualidade da água do local, além do efeito estético negativo. Entretanto, tal questionamento envolve estudos mais amplos e temporais que visem investigar as causas do crescimento destas macrófitas e de maneira concomitante é essencial estudos de qualidade da água no açude.

Figura 30: Plantas aquáticas na margem do Açude Tibiri



Foto: Autor (2022)

Na outra margem do Açude Tibiri, área menos utilizada pela população e sem lançamento direto de esgoto, a presença de macrófitas é menor, porém ainda pode ser visto algumas macrófitas flutuantes, emergentes e outras submersas (Figura 31 A; Figura 31 B).

Figura 31: A) e B): Plantas aquáticas flutuantes, emergentes e submersas no Açude Tibiri



Foto: Autor (2022)

O uso do Açude Tibiri para a recreação, lazer e turismo foram intensificados nas últimas décadas a partir das revitalizações e reformas que este ambiente passou, recebendo estruturas para a prática de exercício e opções de lazer como pedalinhos, além da instalação de estabelecimentos comerciais, tornando-se um ambiente favorável para o lazer e a prática de exercícios (Figura 32 A; Figura 32 B).

Figura 32: A) Pedalinhos como opção de lazer no Açude Tibiri; **B)** Estabelecimentos comerciais no Açude Tibiri



Foto: Autor (2022)

Nesse sentido, Ferreira, Lopes e Araújo (2012) reforçam que as atividades turísticas e recreativas em ambientes aquáticos necessitam de uma atenção especial quanto ao bom uso da água, devendo ser desenvolvida uma gestão consciente, tendo em vista que na maioria dos casos as mesmas águas aproveitadas para lazer servem para o abastecimento da população local, seja no consumo diário ou não. Com isso, o compromisso para a preservação desses recursos cabe não somente aos gestores públicos e a comunidade local, mas também aos visitantes.

4.2.5 Ponto 5: Área no Centro de Santa Rita (Rio Preto)

Após o açude, o Rio Tibiri passa a se chamar Rio Preto, recebe esse nome devido ao grau de poluição em que se encontra, resultado do lançamento direto de esgoto. Esse trecho fica totalmente inserido na zona urbana de Santa Rita, cruzando alguns bairros, incluindo o centro da cidade. Por sua localização, o Rio Preto é a área com as maiores influências antrópicas, apresentando grande grau de desmatamento, residências em suas margens, pontos de assoreamento, presença de plantas aquáticas e espécies invasoras, além do despejo de resíduos e esgoto.

As matas ciliares representam todos os tipos de formações vegetais das margens dos rios, córregos, lagos, represas e nascentes, sendo considerada uma APP pelo Código Florestal Brasileiro, contribuindo para a retenção de sedimentos, formando corredores ecológicos aumentando a biodiversidade local, evitando o assoreamento do rio e auxiliando na manutenção do ciclo hidrológico (BRASIL, 2012; SERVILHERI, et al., 2021).

A relação dessas matas com os rios que as margeiam é de extrema importância, desse modo, a ausência dessa vegetação em grande parte do Rio Preto contribuem principalmente para o processo de erosão das margens, compactação do solo, turbidez da água, redução da profundidade, carreamento dos sedimentos para o leito do rio e como consequência, o assoreamento do rio, fato observado durante as visitas do período de estiagem (Figura 33), sendo a ausência da mata ciliar somado ao lançamento direto de esgoto, as principais causas da degradação e do desequilíbrio ambiental da sub-bacia do Rio Tibiri.

Figura 33: Ponto de assoreamento no Rio Preto, Santa Rita – PB no período de estiagem



Foto: Autor (2022)

Em grande parte dos países em desenvolvimento a relação entre os rios e a cidade é contraditória. No Brasil, por exemplo, as margens dos rios são consideradas como APP, porém, são majoritariamente ocupadas pela população de baixa renda como alternativa de espaço para moradia, tendo em vista o grande déficit habitacional no país e o elevado custo do solo urbano em áreas com maiores infraestruturas (ALMEIDA; CORRÊA, 2012).

Essa realidade é observada no Rio Preto, onde a mata ciliar foi substituída por ocupações irregulares (Figura 34 A; Figura 34 B), produções agropecuárias e espécies exóticas. Esses usos insustentáveis do solo têm gerado grandes problemas ambientais na área.

A ocupação de áreas não apropriadas, como as margens de rios, traz consequências ambientais e socioeconômicas negativas, tais como: destruição da biodiversidade local, enchentes, inundações, erosão, assoreamento dos leitos e perdas de bens materiais (REIS; FERNANDES; FERNANDES, 2020).

Figura 34: A) e B) Moradias nas margens do Rio Tibiri, Santa Rita - PB



Foto: Autor (2022)

A substituição da vegetação nativa por plantas exóticas em áreas de mata ciliar promove alterações nos processos ecológicos, alterando a biodiversidade e mudando a estrutura básica do ecossistema e suas características naturais, devido ao alto grau de competitividade e reprodução dessas espécies. O impacto desse fenômeno é considerado a segunda maior causa de ameaça à perda de biodiversidade mundial, ficando atrás da destruição de habitats (SIMBERLOFF et al., 2013). A vegetação nativa é importante para o equilíbrio da biodiversidade e compreender as alterações da composição florestal em áreas urbanas, de modo a identificar e verificar a ocorrência de espécies exóticas invasoras, é de grande importância para a conservação e a proteção do habitat natural (BERALDI; VAZQUEZ, et al., 2020).

As margens do Rio Preto são tomadas por espécies exóticas, sobretudo a *Ricinus communis* L., conhecida popularmente como mamona (Figura 35).

Figura 35: Margem do Rio Tibiri composta por *Ricinus communis L*



Foto: Autor (2022)

Além das espécies exóticas, na margem do Rio Tibiri são encontradas culturas de cana-de-açúcar (Figura 36). De modo geral, nessas culturas são utilizados agrotóxicos para o controle de pragas e doenças. O uso intensivo de agrotóxicos resulta em contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas. A qualidade das águas superficiais ou subterrâneas dos corpos hídricos próximos a culturas de cana-de-açúcar fica comprometida devido ao escoamento superficial e/ou lixiviação dos agrotóxicos (BORTOLOZO et al., 2016).

Figura 36: Plantação de cana-de-açúcar nas margens do Rio Tibiri, Santa Rita - PB



Foto: Autor (2022)

Nas proximidades da margem do Rio Tibiri pode ser encontrada a presença de estábulos (Figura 37), como já mencionado, essas criações são fontes poluidoras tendo em vista os detritos que geram, podendo acarretar poluição do rio.

Figura 37: A) e B) Estábulo próximo a margem do Rio Tibiri, Santa Rita - PB



Foto: Autor (2022)

Na época de chuva o Rio Preto aumenta de volume, podendo acarretar eventos de enchentes. O município de Santa Rita registrou quatro grandes ocorrências de enchentes nos anos 2000, 2004, 2009 e 2011 (COSTA 2014). Esses eventos estão associados a instabilidade das margens do rio, a impermeabilização do solo e a grande quantidade de resíduos sólidos que são encontrados no rio e nas suas imediações (Figura 38A; Figura 38 B).

Figura 38: A) Resíduos sólidos na margem do Rio Preto. **B)** Resíduos sólidos próximo à margem do Rio Preto



Foto: Autor (2022)

Somado a esses fatores, Moraes (2011) acrescenta que esses eventos, apesar de ser natural, tem como principal responsável a extração industrial de areia da calha do Rio Paraíba na altura da desembocadura do Rio Preto, desmanchando a calha do Rio Paraíba, logo as águas retornam pelo Rio Preto, invadindo parte da cidade. Além dos problemas socioeconômicos, fenômenos de enchente e inundações podem trazer sérios problemas de saúde para a população a partir de doenças de veiculação hídrica.

O Rio Preto recebe esgoto doméstico das moradias e ocupações irregulares das suas margens. Além disso, esse rio também é usado como corpo receptor do efluente gerado na rede coletora de esgoto (MORAIS 2011, EIRAS; CRISPIM, 2017; PMSR, 2018a).

Como resultado da baixa cobertura de rede coletora de esgoto e do lançamento indevido de esgoto pela população, os rios de Santa Rita em breve estarão saturados com o despejo irregular de esgoto, o que pode gerar sérios danos ambientais, sobretudo nos recursos hídricos de grande importância para o município, como o Rio Tibiri e o Rio Paraíba (PMSR, 2018a).

Eiras (2018) avaliando a qualidade da água desse ponto encontrou baixos valores para Oxigênio Dissolvido (OD) e valores elevados de amônia, fósforo total e ortofosfatos associando esses resultados ao alto índice de ocupação da área e ao recebimento de esgoto doméstico não tratado, incluindo as águas de lavagem (águas cinzas) que escorrem pelas ruas do município de Santa Rita. Esse ponto foi classificado como um ambiente hipereutrófico, ou seja, um ambiente com um enriquecimento máximo de nutrientes e número excessivo de algas e plantas aquáticas.

A planta aquática observada com maior frequência durante as visitas técnicas foi a *E. crassipes*, conhecida popularmente como jacinto-de-água ou aguapé. Essa planta foi observada nas margens do rio e no leito, obstruindo quase que completamente o curso do Rio Tibiri juntamente com resíduos sólidos e outras plantas aquáticas durante o período de estiagem (Figura 39). Essa macrófita é uma planta flutuante, nativa da bacia amazônica brasileira e da região equatorial, possui crescimento rápido, sendo considerada uma erva daninha invasiva que pode gerar grandes riscos ecológicos, econômicos e sociais. A presença excessiva dessa espécie em corpos de água ameaça a biodiversidade, causa eutrofização e resulta em esgotamento de oxigênio resultando em morte de peixes e outras espécies, abriga agentes causadores de doenças, bloqueia cursos de água, prejudica a produção agrícola e da aquicultura, além de dificultar as atividades recreativas (PATEL, 2012; SANING et al., 2019).

Figura 39: A) *Eichhornia crassipes* nas margens do Rio Preto no período de estiagem. B) *Eichhornia crassipes* no leito do Rio Preto no período de estiagem



Foto: Autor (2022)

Já no período chuvoso essa macrófita foi observada apenas na margem do Rio Preto, o leito do rio encontrava-se desobstruído, pois de acordo com os órgãos ambientais da PMSR, uma dragagem da área havia sido feita recentemente, fato que ocorre com frequência na área, tendo em vista a rápida proliferação de macrófitas na região (Figura 40).

Figura 40: *Eichhornia crassipes* nas margens do Rio Preto no período chuvoso



Foto: Autor (2022)

O crescimento dessa macrófita no Rio Tibiri reduz o fluxo do rio, encurtando o seu leito tornando mais lântico, além de impedir a entrada de oxigênio na água contribuindo para a sua

poluição. A presença da *E. crassipes* indica grande quantidade de matéria orgânica nesse ambiente, resultado do lançamento de esgoto sem tratamento no corpo hídrico. Esta macrófita tem a capacidade de assimilar certas substâncias, incorporando-as à sua biomassa. Vale salientar que se essas plantas não forem recolhidas essas substâncias voltam para o meio aquático com a decomposição da macrófita (SANING et al., 2019).

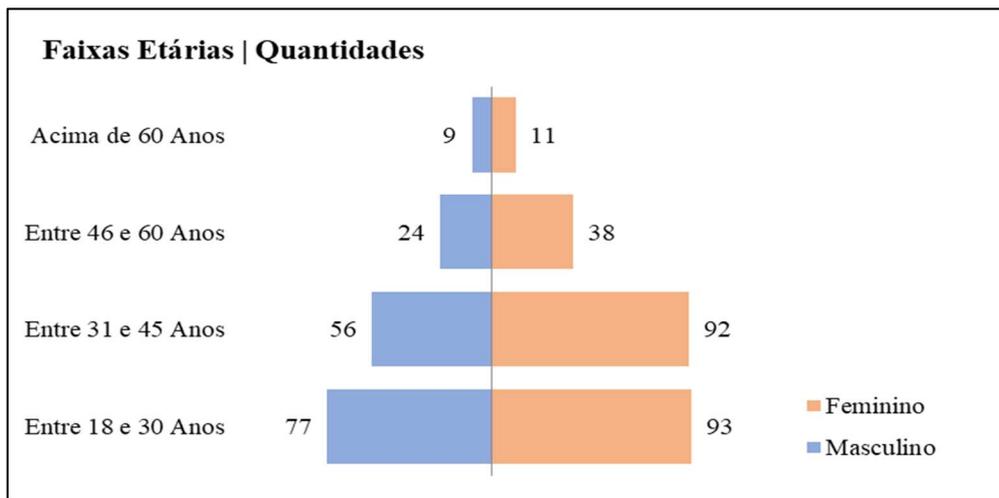
Com isso, uma alternativa para resolver o problema do excesso da *E. crassipes* é a utilização da sua biomassa para produção de biocombustível. Além disso, a biomassa também pode ser usada no tratamento de águas residuais, remediação de metais pesados e corantes, biogás, geração de eletricidade, usos industriais, alimentação humana e antioxidantes, medicamentos, rações e na agricultura como fertilizantes (PATEL, 2012).

Sabe-se que as descargas de efluentes não tratados contêm grande quantidade de metais pesados tóxicos, sendo essa uma das principais razões da necessidade do tratamento do esgoto doméstico e industrial antes da sua descarga nos rios. Considerando seus efeitos sobre a saúde dos seres humanos e outros organismos aquáticos, o tratamento adequado dos metais pesados das águas residuais é de extrema importância.

Nesse sentido, estudos têm demonstrado a capacidade e eficiência da *E. crassipes* na biossorção de vários contaminantes presentes nas águas residuais domésticas e industriais e na redução de parâmetros físico-químicos da água como a DBO, sólidos dissolvidos totais, sólidos totais, turbidez e outros nutrientes, como o nitrogênio, um dos principais contribuintes para o processo de eutrofização (PRIYA; SELVAN, 2017; TING, et al., 2018). Nesse sentido, o manejo adequado dessa espécie pode auxiliar na manutenção da qualidade da água do Rio Tibiri, pois além de bioindicadora de poluição ela possui capacidade de fitorremediação.

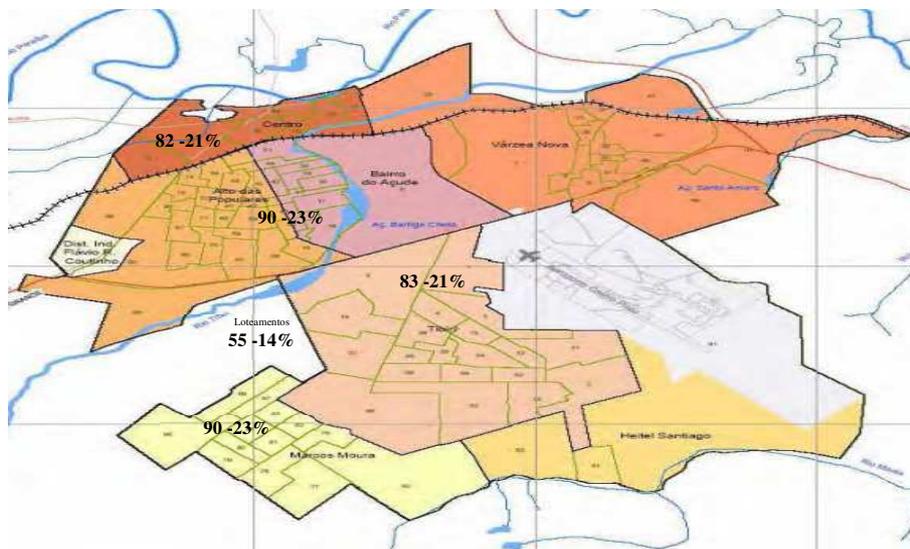
4.3 Percepção ambiental dos moradores da sub-bacia do Rio Tibiri

Foram realizadas 400 entrevistas entre maio e novembro de 2022, sendo o público participante distribuídos em 166 homens (41,5%) e 234 mulheres (58,5%), esse resultado reflete a maior receptividade da pesquisa por parte do público feminino. Em relação à faixa etária a maioria dos moradores está entre 18 e 45 anos (79,5% - 318 entrevistados), seguindo uma redução na quantidade de entrevistados ao passo que a faixa etária aumentou (Figura 41).

Figura 41: Faixa etária e sexo dos entrevistados da pesquisa

Elaborado pelo autor

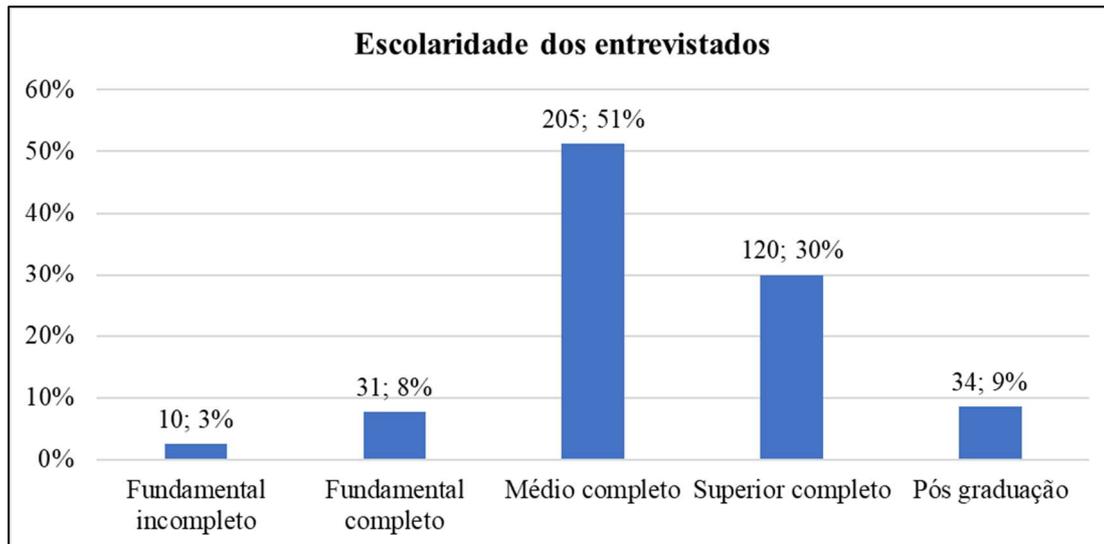
As entrevistas foram distribuídas da maneira mais homogênea possível, levando em consideração a quantidade e disponibilidade dos moradores dos bairros e loteamentos que são abastecidos pelo Rio Tibiri, a saber: Alto das Populares/Açude (90 entrevistados), Centro (82 entrevistados), Loteamentos Plano de Vida, Jardim Europa e Sol Nascente – todos na zona sul de Santa Rita (55 entrevistados), Marcos Moura (90 entrevistados) e Tibiri (83 entrevistados) (Figura 42). A média de moradores em cada residência dos entrevistados foi de três moradores, número semelhante em todos os bairros pesquisados.

Figura 42: Distribuição do bairro de moradia dos entrevistados

Fonte: IBGE (2010) adaptado pelo autor

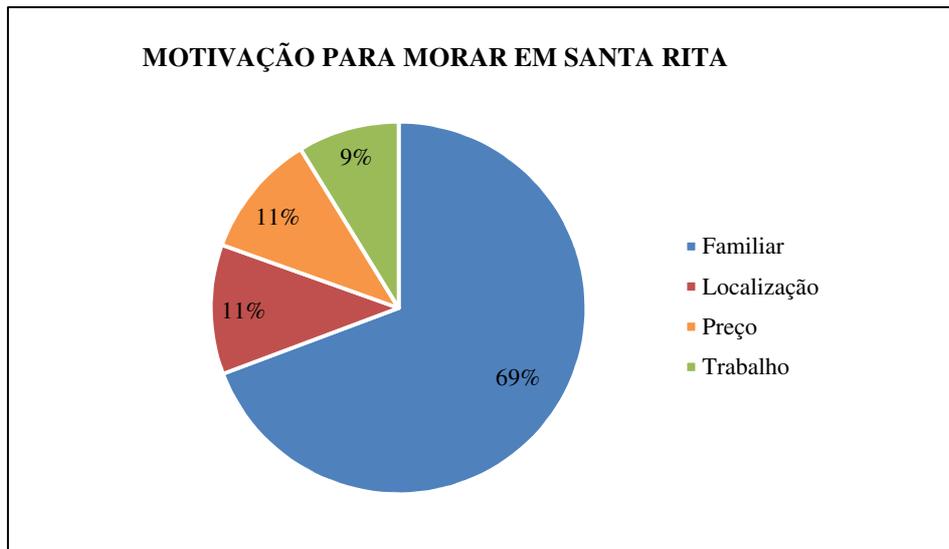
A maioria dos participantes possui o ensino médio completo (51,3% - 205 entrevistados) e a menor escolaridade dos participantes foi o ensino fundamental incompleto, essa escolaridade teve apenas 10 participantes na pesquisa (2,5%) (Figura 43).

Figura 43: Escolaridade dos entrevistados da pesquisa



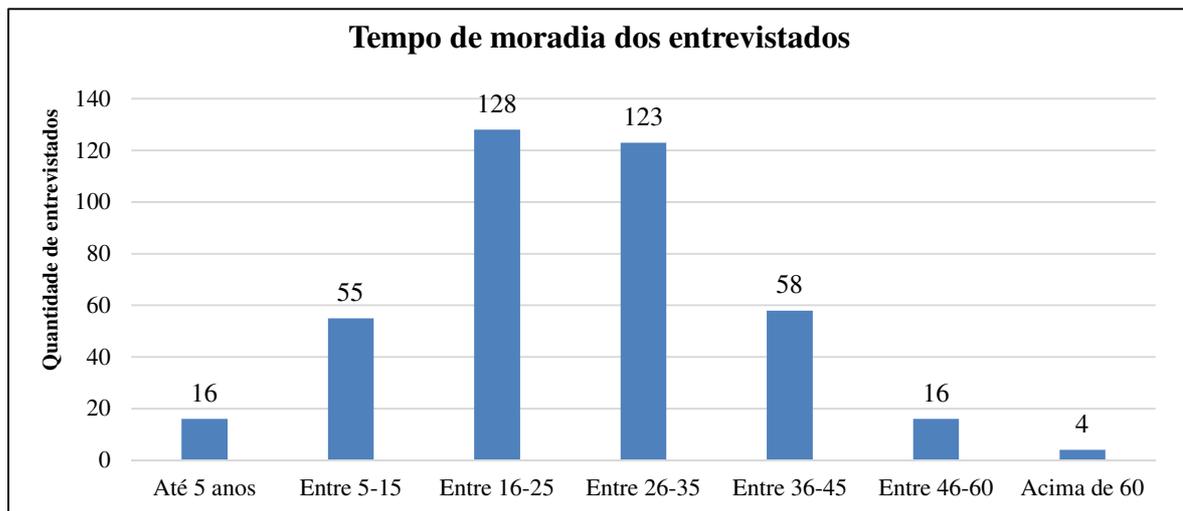
Elaborado pelo autor

Se tratando do tipo de moradia, a maioria dos entrevistados possui casa própria (60,7% - 243 entrevistados), 25,8% (103 entrevistados) possuem casa financiada e 13,5% (54 entrevistados) possuem casa alugada. Em relação à motivação para morar em Santa Rita, a principal razão foi familiar (277 entrevistados), seguido por localização (45 entrevistados), preço do imóvel (43 entrevistados) e trabalho (35 entrevistados) (Figura 44).

Figura 44: Motivação dos entrevistados para morar em Santa Rita - PB

Elaborado pelo autor

Ao avaliar o tempo de moradia dos entrevistados verificou-se que 82,2% dos moradores vivem em Santa Rita há mais de 16 anos, com isso, essa população possui conhecimento suficiente para se atingir o objetivo de analisar a percepção ambiental dos moradores da sub-bacia do Rio Tibiri (Figura 45).

Figura 45: Tempo de moradia dos entrevistados da pesquisa

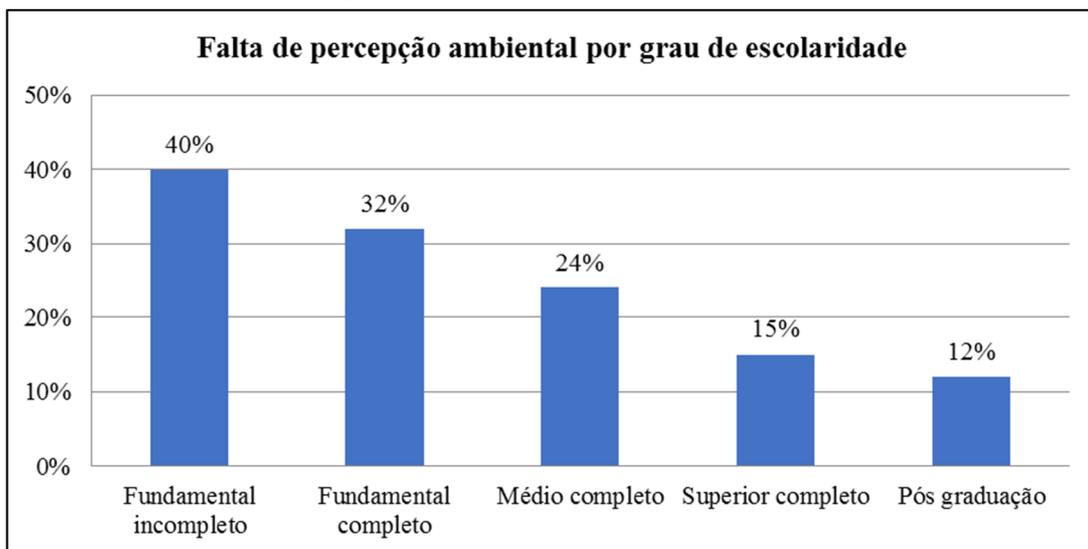
Elaborado pelo autor

Quando questionados sobre os possíveis problemas que a urbanização pode gerar para o meio ambiente, 78,5% (314 entrevistados) responderam que existem problemas e 21,5% (86 entrevistados) responderam que não havia. A moradia dos moradores que não reconhecem o

problema da urbanização no meio ambiente se localiza, em sua maioria (51,1%), nos bairros Alto das Populares e Centro, os bairros mais antigos do município.

Muitos estudos encontraram uma associação entre os níveis de educação superior e a preocupação com o meio ambiente, demonstrando que indivíduos que apresentam maior grau de instrução apresentam maior probabilidade de adotar medidas ambientalmente corretas (FARIAS; PONTES; CUNHA, 2021). Neste estudo foi observado que quanto maior a escolaridade, maior a percepção dos moradores para os problemas oriundos da urbanização. Nos moradores com fundamental incompleto a falta de percepção chegou a 40%, enquanto nos moradores com pós-graduação esse número foi de 12% (Figura 46). Contudo, a quantidade de moradores com formação superior que não percebem impactos ambientais resultantes da urbanização foi de 25% (22 entrevistados), o que pode ser considerado alto para o que se esperava de pessoas com maior grau de instrução.

Figura 46: Falta de percepção ambiental quanto aos problemas causados pela urbanização por escolaridade dos entrevistados



Elaborado pelo autor

Nesse contexto, Meyer (2015) aponta que apesar de a educação poder desempenhar o papel de elevar a relevância das questões ambientais, não está claro que este é um efeito causal, pois podem existir variáveis como a responsabilidade pessoal, ética de trabalho e consciência social, que podem ser omitidas e estão correlacionadas com o nível educacional e a extensão do comportamento pró-ambiental. Estas variáveis podem afetar a extensão da realização educacional e podem determinar a extensão do comportamento pró-ambiental de

uma pessoa, sendo improvável o controle destas características pessoais que determinam o desempenho educacional e o comportamento pró-ambiental.

As respostas dos entrevistados em relação aos problemas que a urbanização pode trazer foram classificadas de acordo com o tipo de visão do entrevistado, sendo elas: visão sistêmica, visão naturalista, visão sanitária, visão urbanista e visão antrópica (Quadro 14).

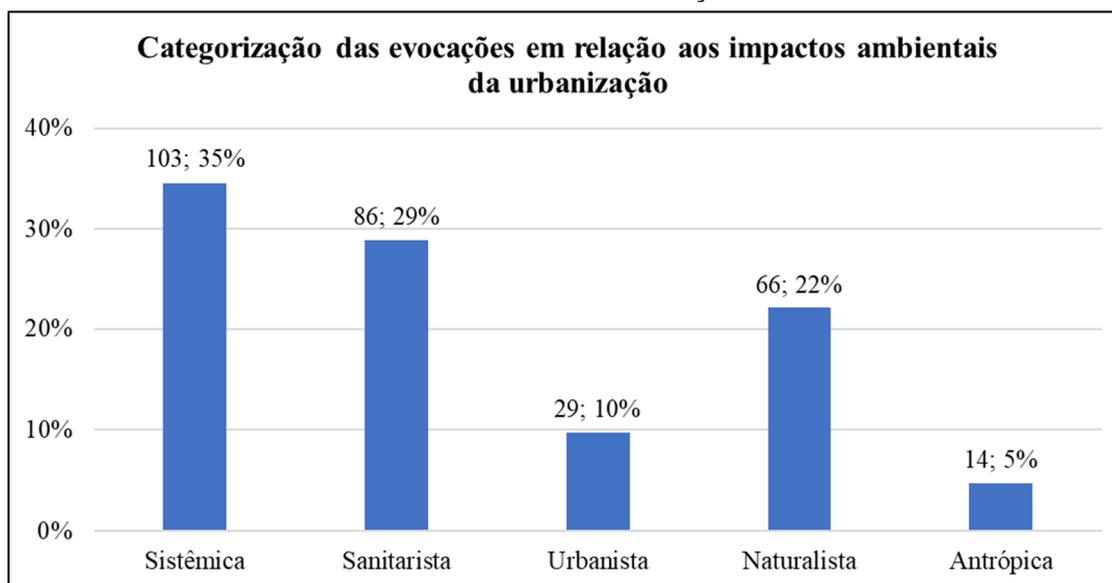
Quadro 14: Categorização e exemplos das evocações dos entrevistados em relação aos impactos ambientais que a urbanização pode trazer

Categorias	Caracterização	Exemplos de evocação
Visão Sistêmica	Apresenta preocupação com o meio ambiente e o ecossistema de maneira integrada.	<i>Consumo de recursos naturais; poluição; aquecimento global; enchentes e inundações; queimadas clandestinas; gera ilhas de calor e aumenta a temperatura.</i>
Visão Sanitarista	Apresenta atenção à garantia da saúde, saneamento básico e medidas de higiene.	<i>Escoamento ineficiente da água da chuva; não tem abastecimento de água de qualidade; falta de saneamento básico; geração maior de lixo; esgotos despejados a céu aberto; doenças; proliferação de insetos e roedores.</i>
Visão Naturalista	Apresenta abordagem reducionista do conceito de natureza, fazendo referência apenas às plantas e animais.	<i>Derruba as árvores; destruição da fauna e flora; menos árvores e mais prédios; desmatamento.</i>
Visão Urbanista	Apresenta enfoque nos problemas de planejamento e organização do espaço urbano.	<i>Constroem em áreas de riscos; falta de planejamento; transporte público ineficiente.</i>
Visão Antrópica	Apresenta aspecto voltado às necessidades básicas humanas e o comportamento da sociedade.	<i>Situação precária da população; falta de educação das pessoas; afeta a nossa qualidade de vida; falta de conscientização.</i>

Elaborado pelo autor

Após a definição das categorias foram calculadas as frequências e porcentagens das respostas. A visão sistêmica teve maior evocação (35% - 103 evocações), fato já esperado, tendo em vista o direcionamento da pergunta para o apontamento dos problemas ambientais decorrentes do processo de urbanização. As visões sanitárias e naturalistas também apresentam grande número de evocações, seguidas das visões urbanistas e antrópicas, que foram as categorias com menor número de evocações (Figura 47).

Figura 47: Categorização, quantidade e percentual das evocações em relação aos impactos ambientais da urbanização



Elaborado pelo autor

Além disso, foram registrados 7 (sete) entrevistados que afirmaram saber que existem problemas ambientais no processo de urbanização, mas não souberam elencar algum problema específico. Destaca-se que as visões “urbanista” e “antrópica” não representam impactos ambientais diretos, porém as suas consequências podem levar a sérios impactos nos recursos naturais.

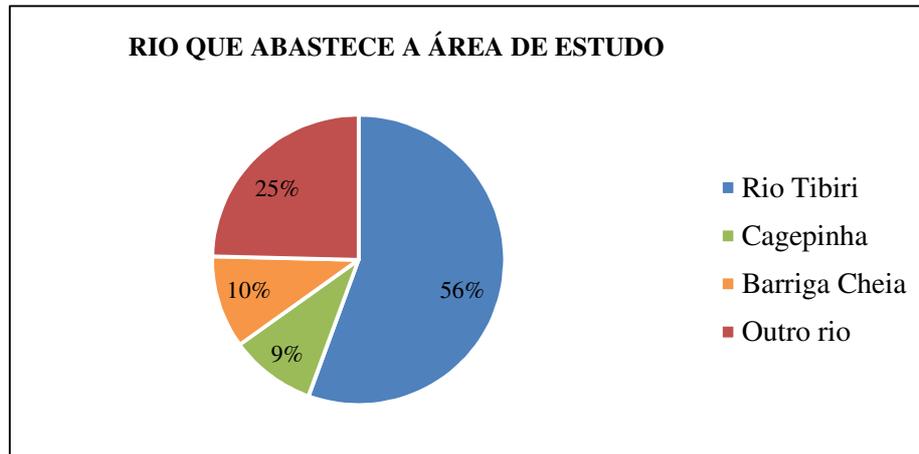
Vale salientar que os entrevistados não foram limitados ou impedidos quanto a apontamentos das respostas que tratam da percepção ambiental desta pesquisa, sendo livre a evocação de mais de um problema observado.

Ao tratar sobre o sistema de abastecimento de água no município, verificou-se que a grande maioria dos moradores é abastecida pela rede local (92,0% - 368 entrevistados), enquanto 29 entrevistados (7,3%) são abastecidos por meio de poço artesiano e 3 entrevistados (0,7%) não souberam responder qual a fonte de abastecimento de água da sua residência.

Dos moradores que utilizam a rede de abastecimento, 31,5% (126 entrevistados) afirmaram saber qual o rio que serve como fonte de abastecimento de água para a sua residência. Entretanto, destes entrevistados, 55,6% (70 entrevistados) responderam corretamente o nome do rio onde a água é captada, as demais respostas variaram entre as barragens da localidade e a evocação de outros rios (Figura 48). Mediante a falta de

conhecimento dos entrevistados, neste momento da pesquisa foi esclarecido que o Rio Tibiri é o responsável pelo abastecimento de água de grande parte da cidade.

Figura 48: Respostas dos moradores que afirmam saber qual o rio que abastece a sua residência



Elaborado pelo autor

A barragem conhecida popularmente como “Cagepinha” é a barragem de captação de água bruta para o abastecimento na sub-bacia do Rio Tibiri, logo, a resposta desses entrevistados mostra o conhecimento da população em relação a este serviço, por outro lado, demonstra a ausência do conhecimento em relação ao rio que tem papel fundamental na região. Já a barragem conhecida popularmente como “Barriga Cheia” foi utilizada pela população de Santa Rita como fonte de captação direta de água para uso doméstico, irrigação e uso recreativo, atualmente parte dos moradores ainda utilizam a área para banho e lazer, porém com menor frequência.

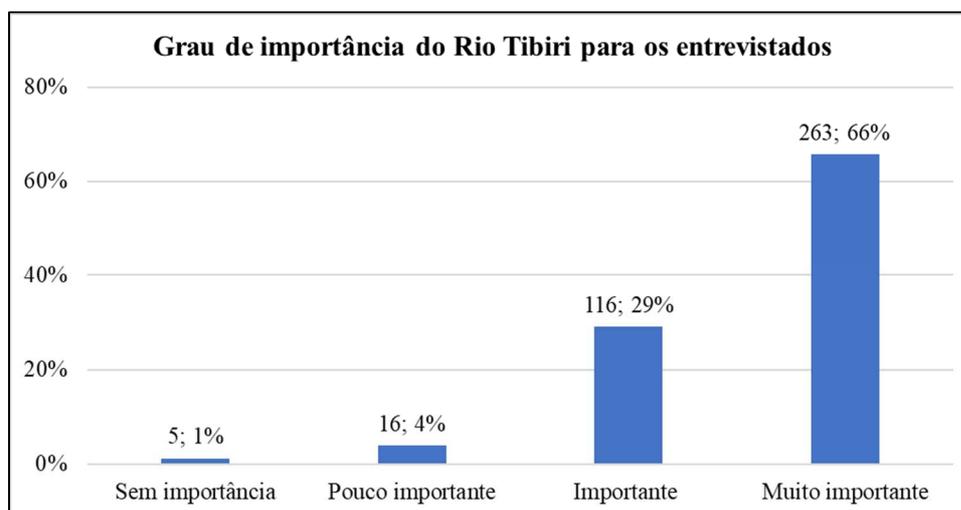
Em relação aos outros rios, foram citados: 1) Rio Mumbaba, principal afluente do Rio Gramame tendo o seu curso paralelo ao Rio Tibiri; 2) Rio Paraíba, que também tem seu curso em Santa Rita e possui grande importância ecológica e econômica; 3) Rio Marés, responsável pelo abastecimento de parte da região metropolitana de João Pessoa, incluindo o bairro de Várzea Nova, único de Santa Rita que não é abastecido pelo Rio Tibiri; 4) Rio Gramame, responsável pelo abastecimento da região metropolitana de João Pessoa juntamente com o Rio Mamuaba, e também banha o município de Santa Rita; 5) Rio Mamanguape, rio de grande importância na Paraíba, mas que não tem o seu curso no município de Santa Rita.

Nesta pesquisa ficou evidente o desconhecimento da população quanto ao rio que percorre grande parte de Santa Rita (82,5%), sendo este o responsável pelo abastecimento da

maior porção da área urbana no município. Essa falta de conhecimento pode gerar uma falta de afetividade da população em relação ao recurso hídrico.

Nesse aspecto, Tuan (1980) conceitua de topofilia a relação de afetividade que os indivíduos estabelecem mutuamente com o meio ambiente natural, sendo, portanto, o elo afetivo entre a pessoa e o lugar ou ambiente físico. Nesse sentido, quando questionados sobre o grau de importância que os entrevistados atribuem ao Rio Tibiri, verificou-se que a grande maioria o considera “importante” (263 entrevistados – 66%) ou “muito importante” (116 entrevistados – 29%) (Figura 49).

Figura 49: Grau de importância do Rio Tibiri para os entrevistados



Elaborado pelo autor

Analisando o grupo de entrevistados que não atribuíram importância ao Rio Tibiri, constatou-se que se trata de mulheres entre 18 e 60 anos, moradoras dos bairros Centro, Marcos Moura e Tibiri há pelo menos 10 anos, com o ensino médio completo, portanto, não havendo relação nenhuma com a escolaridade, localização ou tempo de moradia no município.

Ao tratar do conhecimento dos entrevistados sobre o sistema de esgoto sanitário foi verificado que 330 entrevistados (82,5%) utilizam fossas sépticas como sistema de esgotamento, 40 entrevistados (10,0%) afirmaram utilizar a rede de esgoto e 30 entrevistados (7,5%) declararam não saber qual é o sistema de esgotamento sanitário da sua residência.

Entretanto, apenas 23 dos entrevistados que afirmaram possuir rede de esgoto moram nos bairros Alto das Populares ou Centro, únicos bairros de Santa Rita que dispõe da rede de

esgotamento sanitário, demonstrando uma resposta equivocada de 17 entrevistados quanto a este serviço.

Quando questionados sobre a identificação do descarte incorreto de esgoto no Rio Tibiri, verificou-se que 203 entrevistados (51%) identificam esse fenômeno, enquanto 197 entrevistados (49%) afirmaram que não existe descarte de esgoto no rio.

As respostas foram categorizadas a partir do tipo de visão do entrevistado em relação aos problemas que o descarte incorreto de esgoto pode causar no rio, sendo divididas da seguinte maneira: sanitaria, naturalista, generalista, sistêmica e sem categoria (Quadro 15).

Além disso, houve evocações que não foram categorizadas por falta de similaridade entre as respostas e as categorias definidas.

Quadro 15: Categorização e exemplos das evocações dos entrevistados em relação aos problemas causados pelo descarte de esgoto nos rios de Santa Rita - PB

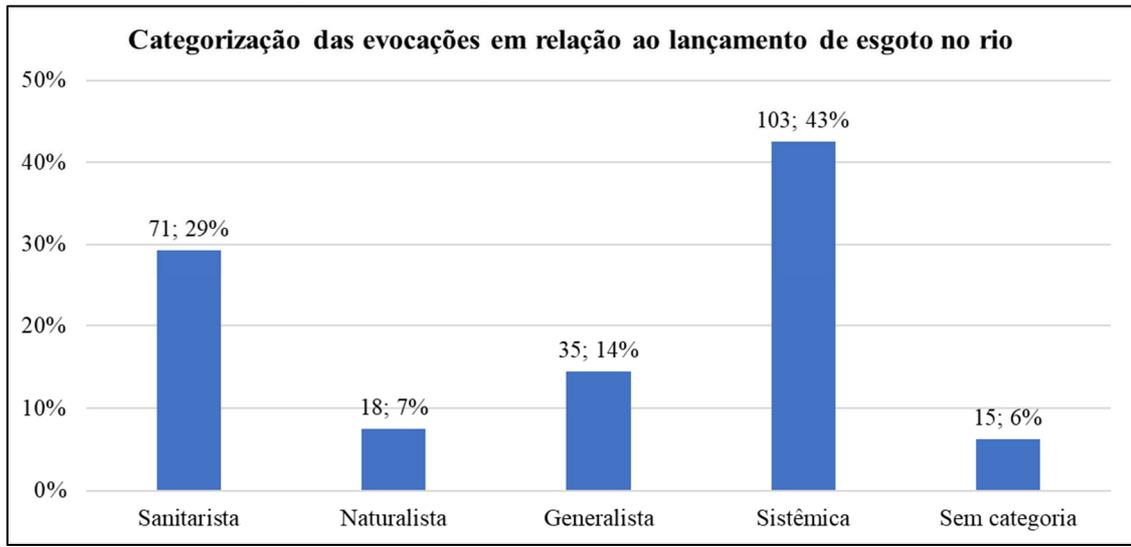
Categorias	Caracterização	Exemplos de evocação
Visão Sanitarista	Apresenta atenção à garantia da saúde e medidas de higiene.	<i>Problemas de saúde; doenças; proliferação de insetos; manchas no corpo e feridas; caso de presença de coliforme como já ocorreu; danos à saúde pública.</i>
Visão Naturalista	Apresenta preocupação com a biota do ambiente aquático.	<i>Peixes morrendo; faz mal para a fauna; animais mortos; degradação da fauna e flora.</i>
Visão Generalista	Apresenta observação referente às características físicas do rio.	<i>A cor muda; fedor; cheiro forte; água suja; gosto ruim na água; desconforto por causa do odor.</i>
Visão Sistêmica	Apresenta preocupação com o meio ambiente e o ecossistema de maneira integrada.	<i>Polui os corpos hídricos; deixa a água contaminada; altera a qualidade da água; impactos na biodiversidade; eutrofização; assoreamento dos rios.</i>
Sem categorização	Apresenta falta de similaridade das respostas com as categorias definidas.	<i>Presença de matadores perto do rio jogando esgoto nos rios; dejetos de animais para o rio quando dão banho neles; vão construir um cemitério próximo a um dos rios que abastece a cidade.</i>

Elaborado pelo autor

A categoria mais representativa foi da visão sistêmica com 103 evocações (43%), seguido das visões sanitaria, generalista e naturalista. As respostas enquadradas como “sem categoria” tiveram 15 evocações (6%) e levantaram informações importantes sobre o tema, destacando fontes de lançamento indevido de esgoto e outras fontes pontuais de poluição nos

rios, tais como: lavagem de animais, ligações clandestinas, dejetos hospitalares, criação de cemitérios, lançamento de agrotóxicos e resíduos das fábricas. Ainda houve 7 (sete) entrevistados que identificam o descarte de esgoto, mas não souberam responder quais os problemas que este fato pode gerar (Figura 50).

Figura 50: Categorização, quantidade e percentual das evocações nos problemas do lançamento de esgoto nos rios de Santa Rita – PB



Elaborado pelo autor

A falta de um sistema adequado de esgotamento sanitário em Santa Rita é apontada pelos entrevistados como um agravante na degradação do Rio Tibiri. Grande parte das regiões metropolitanas no Brasil apresentam problemas relacionados à proteção dos mananciais quanto aos impactos causados pelos serviços de saneamento básico ou pela ausência de tais serviços, sobretudo, do sistema de esgotamento sanitário (ALMEIDA; CORRÊA, 2012).

O lançamento de esgoto a céu aberto é observado em toda extensão da sub-bacia do Rio Tibiri, sendo um grave problema de saúde pública, principalmente por este problema estar associado com frequência a presença de resíduos sólidos (Figura 51 A; Figura 51 B; Figura 51C; Figura 51 D).

Figura 51: Lançamento de esgoto a céu aberto e resíduos sólidos nos bairros. **A)** Centro; **B)** Loteamento Sol Nascente; **C)** Marcos Moura; **D)** Tibiri



Foto: Autor (2022)

As águas residuais, além do mau cheiro e aspecto desagradável na paisagem, podem prejudicar a vida da população quando escoadas para os rios que fornecem água para a população, como é o caso da sub-bacia do Rio Tibiri que recebe as águas pluviais, além do lançamento direto de esgoto em alguns pontos. Diversas doenças de veiculação hídrica (diarreia, cólera, giardíase, amebíase, infecções, esquistossomose, malária, febre amarela e dengue) e doenças relacionadas à contaminação pela presença de coliformes fecais podem acometer a população local devido a presença de esgoto a céu aberto e a partir da ingestão de água contaminada. Além disso, a situação ainda pode se agravar pela proliferação de insetos e roedores que são vetores para uma infinidade de doenças.

Se tratando do destino do lixo dos moradores, foi constatado que todos os entrevistados afirmam destinar os seus resíduos para a coleta da prefeitura. Tendo em vista que a cobertura desse serviço no município cobre toda a zona urbana, esperava-se não existir problemas relativos à prática de destinação incorreta de resíduos sólidos na sub-bacia, entretanto, essa

prática foi observada nos pontos de análise de impactos ambientais ao longo do curso do Rio Tibiri, como já demonstrado no tópico anterior e fato também observado por 52,8% (211 moradores) dos entrevistados.

Destaca-se que existe a coleta de resíduos sólidos de maneira efetiva na área urbana de Santa Rita, porém os moradores ainda fazem a destinação inadequada de resíduos em vias públicas, demonstrando falta de conscientização da população quanto a destinação destes resíduos, desse modo, a educação ambiental é uma ferramenta fundamental para o melhor manejo desses resíduos para assim reduzir os seus danos ao meio ambiente (Figura 52 A; Figura 52 B; Figura 52 C; Figura 52 D). Esse manejo inadequado cria condições adequadas para disseminação de doenças a partir de múltiplos fatores e vetores como moscas, baratas, mosquitos, ratos e suínos que podem causar sérios danos à saúde coletiva, além do risco da presença de resíduos hospitalares ou dejetos humanos que podem conter materiais infectados.

Figura 52: Lançamento de resíduos sólidos em via pública nos bairros. **A)** Tibiri; **B)** Loteamento Sol Nascente; **C)** Alto das Populares; **D)** Centro



Foto: Autor (2022)

Se tratando da percepção ambiental dos moradores em relação a essa problemática, as respostas foram categorizadas a partir do tipo de visão do entrevistado em relação aos problemas que o descarte incorreto de lixo pode causar no rio, sendo divididas da seguinte maneira: sanitarista, naturalista, generalista, sistêmica e antrópica (Quadro 16).

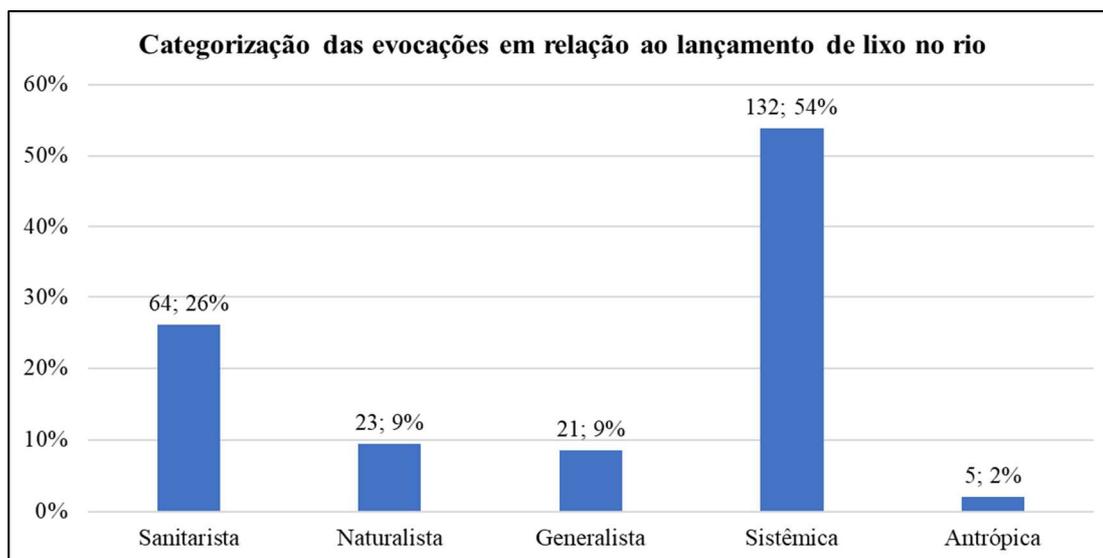
Quadro 16: Categorização e exemplos das evocações dos entrevistados em relação aos problemas causados pelo descarte de lixo nos rios de Santa Rita - PB

Categorias	Caracterização	Exemplos de evocação
Visão Sanitarista	Apresenta atenção à garantia da saúde e medidas de higiene.	<i>Problemas de saúde; doenças; proliferação de animais peçonhentos; atrai doenças; doenças através da contaminação da água.</i>
Visão Naturalista	Apresenta preocupação com a biota do ambiente aquático.	<i>Destruição da vegetação aquática; morte de peixes; diminuição da vida no rio e ao redor dele; danos à fauna local; morte de animais e plantas.</i>
Visão Sistêmica	Apresenta preocupação com o meio ambiente e o ecossistema de maneira integrada.	<i>Contaminação dos corpos hídricos; poluição do ecossistema aquático; impactos na biodiversidade; inundações e enchentes; aumento da poluição; bioacumulação.</i>
Visão Generalista	Apresenta observação referente às características físicas do rio.	<i>Odor; falta de transparência na água; sujeira; esteticamente preocupante.</i>
Visão Antrópica	Apresenta aspecto voltado às necessidades básicas humanas e o uso dos rios pelo homem.	<i>A água deixa de ser potável; problemas no abastecimento; a água fica impura para beber.</i>

Elaborado pelo autor

A categoria mais representativa foi da visão sistêmica com 132 evocações (54%), seguido das visões sanitarista, naturalista, generalista e antrópica. Ainda houve 9 (nove) entrevistados que afirmaram identificar o descarte incorreto de lixo na sub-bacia, mas não souberam apontar quais problemas esse fato pode resultar (Figura 53).

Figura 53: Categorização, quantidade e percentual das evocações nos problemas do lançamento de lixo nos rios de Santa Rita - PB



Elaborado pelo autor

Um dos fatores que contribuem para a degradação do Rio Tibiri, é a falta de importância que os moradores atribuem a este recurso. Nesse sentido, os rios urbanos são de longe o tipo de ambientes mais utilizados, ocupados, modificados, degradados, subjugados, e por fim, negados. Estes ambientes são usados como receptores de tudo que é descartado pela sociedade, e normalmente, são negados pela cidade se tornando em áreas desvalorizadas pela mesma sociedade que os degradam, os confinam em canais, ou os ocultam da paisagem, tornando-os subterrâneos e convertendo-os em elementos de drenagem urbana (ALMEIDA; CORRÊA, 2012).

Os entrevistados foram questionados quanto aos usos atuais do Rio Tibiri, considerando os usos diretos e indiretos, e apesar do esclarecimento prévio quanto à utilização deste rio como fonte de abastecimento de água para a maior parte da zona urbana de Santa Rita, 134 entrevistados (34%) responderam que não fazem nenhum tipo de uso do Rio Tibiri.

Das evocações quanto ao tipo de uso do Rio Tibiri, os entrevistados citaram com maior frequência o uso para o abastecimento, seguido dos usos recreativos para banho e passeio. Em menor escala, porém com importância econômica e social para a comunidade local, foram apontados os usos do rio para a irrigação e pesca (Quadro 17).

Quadro 17: Tipos de usos atuais do Rio Tibiri pelos entrevistados

Usos		Quantidade	Percentual
Usos Consuntivos	Abastecimento	187	61%
	Irrigação	6	2%
Usos Não Consuntivos	Banho	94	30%
	Passeio	16	5%
	Pesca	6	2%
Total		309	100%

Elaborado pelo autor

O uso para pesca de lazer e subsistência foi relatado por moradores do Bairro Popular que ainda utilizam o Açude Tibiri para esta finalidade (Figura 54 A; Figura 54 B).

Figura 54: **A)** Pesca com vara de molinete no Açude Tibiri; **B)** Pesca com rede de arrasto no Açude Tibiri



Apesar de não ter evocações relacionadas à prática de exercícios, o açude também tem sido procurado pelos moradores de Santa Rita para a prática de exercícios ao ar livre como vôlei, ciclismo, futevôlei e para o turismo, desse modo, a divulgação e orientação dos usuários quanto ao uso sustentável do local é essencial para manutenção, limpeza e conservação do ambiente (Figura 55 A; Figura 55 B).

Figura 55: A) Prática de futevôlei no Açude Tibiri; B) Prática de ciclismo no Açude Tibiri



Foto: Autor (2022)

Buscando avaliar as possíveis mudanças no tipo de uso do Rio Tibiri ao longo do tempo e relacioná-las ao crescimento urbano na área, os entrevistados foram questionados quanto a essa abordagem. Os resultados mostraram que 250 entrevistados (63%) acreditam que houve mudanças na forma de uso do rio, destes, 230 entrevistados (92%) relacionaram essas mudanças ao processo de urbanização.

As principais mudanças apontadas pelos entrevistados foram: uso do rio como área de lazer; fonte de alimentação e renda através da pesca; uso para lavagem de roupa, automóveis, animais e utensílios domésticos; fonte direta de captação e abastecimento de água; transporte; e dessedentação animal (Quadro 18).

Quadro 18: Tipos de mudanças de uso do Rio Tibiri e exemplos das evocações

Tipos de mudança de uso	Exemplos de evocação
Lazer	<p>“Antes eu ia para tomar banho, agora só uso para passeio”</p> <p>“Tomo mundo ia tomar banho no açude”</p> <p>“Usava para se reunir e tomar banho no rio”</p>
Pesca	<p>“Era um rio com muitos peixes, agora não dá para pescar”</p> <p>“Antigamente usava para ganhar dinheiro pescando”</p> <p>Usava para pescar e se alimentar”</p>
Lavagem	<p>“Usava na lavagem de roupa e panelas”</p> <p>“Lavavam roupa e animais no Açude”</p> <p>“Lavavam carros e roupa no rio”</p>

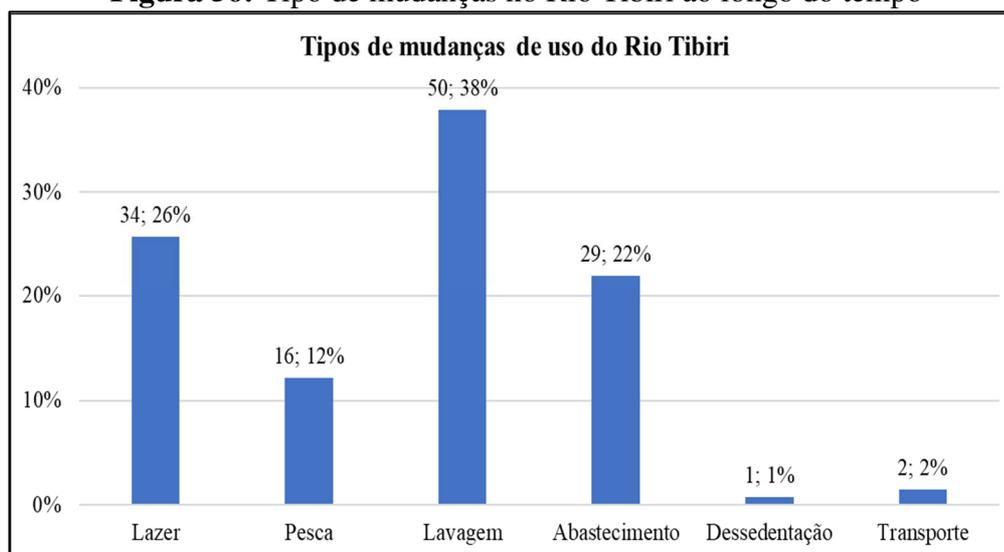
continua

Abastecimento	<i>“As pessoas iam até o rio para pegar água” “Não utiliza mais para beber água direto do rio” “Não tinha água encanada, a gente pegava água direto do rio”</i>
Dessedentação	<i>“Usava para dar água para os animais beber”</i>
Transporte	<i>“Não se usa mais como meio de transporte” “O rio deixou de ser um ambiente de tráfego”</i>

Elaborado pelo autor

A principal mudança no uso do Rio Tibiri apontada pelos moradores foi o fato de não mais utilizar as águas deste rio para lavagem de roupas, utensílios domésticos, automóveis e animais, seguido do uso para lazer, fonte de abastecimento, pesca, transporte e dessedentação animal. Salienta-se que o uso do rio como fonte de abastecimento de água ainda ocorre a partir do Rio Tibiri, entretanto, a forma como a captação de água é feita foi alterada e destacada pelos moradores (Figura 56).

Figura 56: Tipo de mudanças no Rio Tibiri ao longo do tempo



Elaborado pelo autor

Vale destacar que a prática de lavagem de carro ainda ocorre no Açude, como já observado, porém essa prática foi reduzida tendo em vista a canalização da água para as residências, tornando o seu uso mais acessível. As mudanças no uso do rio como área de lazer também foram destacadas e o fator determinante na queda do uso para este fim se relaciona ao grau de poluição que o rio foi acometido ao passar dos anos, reduzindo a sua balneabilidade, além disso, questões sociais como violência e falta de cuidado pelo ambiente foram apontadas como motivações para o desuso do rio.

Outro ponto de destaque foi o uso da água do Rio Tibiri como fonte de abastecimento, as evocações desta categoria fazem menção à captação direta de água para o abastecimento doméstico e da utilização da água diretamente do rio para beber, fato extinto também pela canalização da água para as residências e pelo grau de poluição em que o rio se encontra.

A pesca local também foi afetada pela poluição e pela redução do volume do rio causado pelo assoreamento e construções indevidas nas margens, que ocasionou a redução da fauna, reduzindo o seu potencial pesqueiro. Ainda foram apontadas com baixa evocação as práticas economicamente importantes da dessedentação animal e para o transporte fluvial.

Os entrevistados também apontaram fatores que contribuíram para estas mudanças no uso do Rio Tibiri, sendo categorizadas de ordem ambiental (57 evocações – 53%), sanitária (26 evocações – 24%) e social (25 evocações – 23%) (Quadro 19).

Quadro 19: Motivações para a mudança no uso do Rio Tibiri e exemplos das evocações

Motivação para a mudança de uso	Exemplos de evocação
Ambiental	<p><i>“O rio ficou poluído e a população parou de usar”</i></p> <p><i>“Usava mais porque não tinha poluição”</i></p> <p><i>“Os rios eram mais limpos e cheios”</i></p> <p><i>“O rio era muito bom para tomar banho”</i></p>
Sanitária	<p><i>“A água encanada fez com que o uso diminuísse”</i></p> <p><i>“Não pode beber direto do rio porque está contaminado com esgoto”</i></p> <p><i>“Deixou de ir pegar água direto no rio”</i></p> <p><i>“Paramos de usar porque virou um local de despejo de esgoto”</i></p>
Social	<p><i>“Aumentou a violência perto do rio”</i></p> <p><i>“As pessoas vão e jogam muito lixo e não é bom para usar”</i></p> <p><i>“Há muitos anos as pessoas usavam o rio para lazer, hoje procuram outro lugar para diversão”</i></p>

Elaborado pelo autor

Os fatores ambientais foram decisivos na redução do uso do Rio Tibiri pela população local, logo a poluição deste corpo hídrico a partir da descarga de esgoto doméstico e industrial, descarte de resíduos sólidos e insumos químicos da agricultura, pode ser apontada como a principal causa do desuso deste rio. Além das perdas ambientais, a poluição afeta a qualidade da água e prejudica o abastecimento de água e a balneabilidade, além dos aspectos físicos que deixam a área menos atrativa para o uso do lazer e turismo.

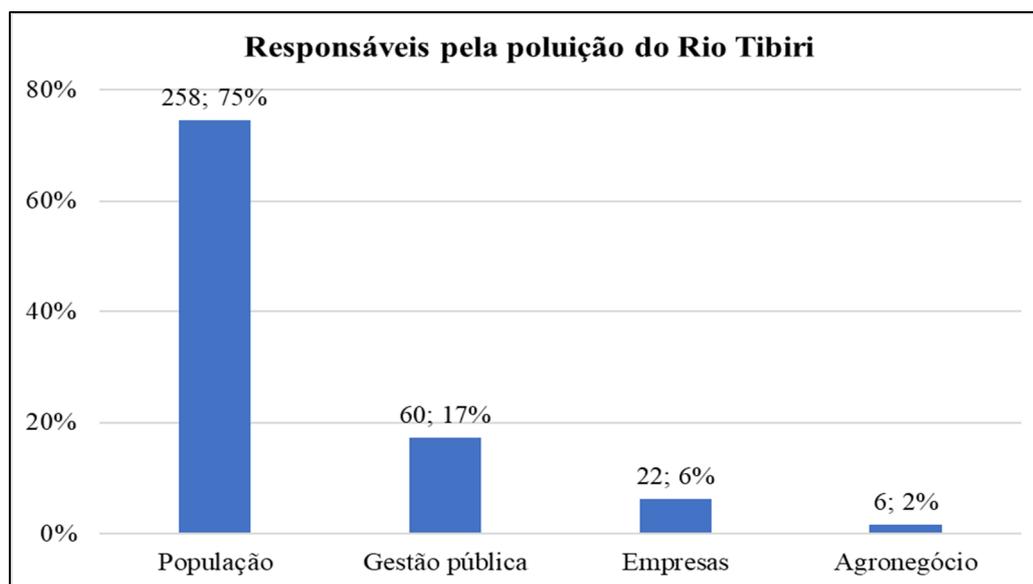
Com isso, pode-se afirmar que o crescimento da população e os padrões gerais de consumo humano afetam praticamente todas as atividades que dependem dos ecossistemas aquáticos. Além disso, as diversificadas atividades humanas e o acúmulo de usos múltiplos

produzem diferentes ameaças e problemas para a disponibilidade de água e causam altos riscos à sustentabilidade desses ecossistemas (ALMEIDA; CORRÊA, 2012).

Quando questionados sobre a poluição do Rio Tibiri, 75% dos entrevistados (300 participantes) consideraram o rio poluído. Se tratando dos responsáveis pela poluição desse ambiente, foram apontados os seguintes: população, gestão pública, empresas e o agronegócio. Ainda houve 12 entrevistados que afirmam que o rio se encontra poluído, porém não souberam responder quem são os responsáveis por este fenômeno.

Após a análise dos dados, verificou-se que os participantes responsabilizam, de maneira significativa, a população local pela poluição do Rio Tibiri, seguido da gestão pública, empresas e do agronegócio, isentando até certo ponto a falta de estrutura de saneamento básico e ações de fiscalização, controle e conservação dos recursos hídricos por parte do poder público (Figura 57).

Figura 57: Categorias dos responsáveis pela poluição do Rio Tibiri de acordo com os entrevistados



Elaborado pelo autor

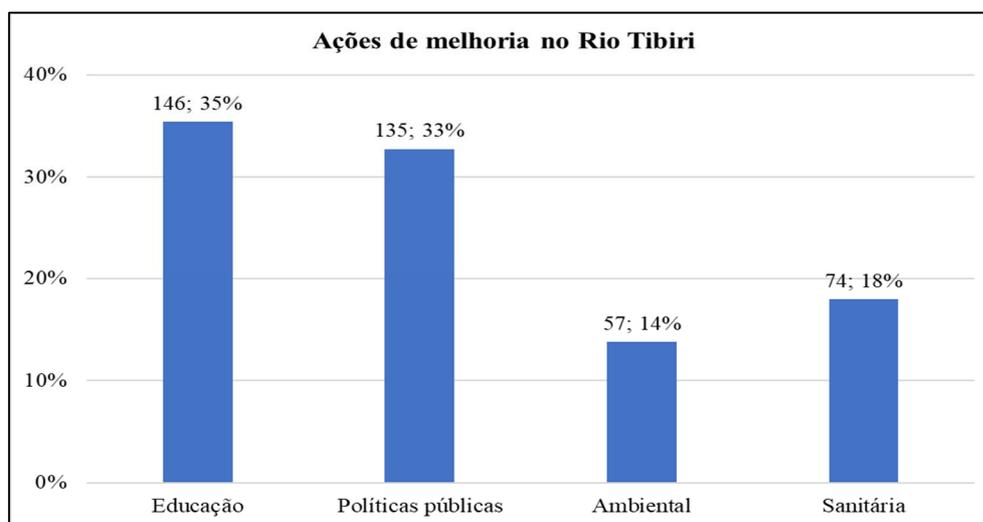
Os entrevistados que afirmam que o Rio Tibiri se encontra poluído foram questionados quanto às ações que podem ser realizadas para melhorar a qualidade da água desse recurso hídrico. As ações foram categorizadas em: educação, política pública, ambiental e sanitária (Quadro 20).

Quadro 20: Ações de melhorias para o Rio Tibiri e exemplos das evocações

Categoria	Exemplos de evocação
Educação	<i>Conscientização das pessoas; programas educacionais; educação ambiental; educar o povo; maior propagação da importância do rio.</i>
Política Pública	<i>Multar quem jogar lixo e fazer mutirão de limpeza; fiscalização; investimento em coleta e tratamento de esgoto; investimento em tecnologias para recuperação da qualidade da água do rio; isolamento da área de captação de água; retirar as residências nas proximidades do rio; políticas de preservação; criar leis para não poluir; ter mais pontos de eliminação do lixo na cidade.</i>
Ambiental	<i>Restaurar os rios; diminuir a poluição; preservar as nascentes; drenar as margens; limpar os rios; despoluir ou minimizar os impactos causados pela poluição.</i>
Sanitária	<i>Acabar com os esgotos clandestinos; tratar a água; direcionar o lixo; fazer saneamento básico; melhorar uma estação de tratamento de esgoto; programa de coleta seletiva.</i>

Elaborado pelo autor

As ações que mais foram evocadas se relacionam com as questões de educação dos indivíduos e com o desenvolvimento de políticas públicas. Demonstrando uma relação direta com as respostas que apontaram a população e a gestão pública como os principais responsáveis pela poluição do Rio Tibiri (Figura 58). Salienta-se que as ações de cunho sanitário e ambiental também são ações em que as práticas educacionais e governamentais se encaixam. Estas categorias foram separadas pelo teor das ações para demonstrar a visão dos entrevistados em relação à importância de práticas ambientais e sanitárias na melhoria da qualidade da água do Rio Tibiri.

Figura 58: Categorias das ações de melhorias no curso do Rio Tibiri

Elaborado pelo autor

Esse resultado reforça a importância da educação ambiental como uma ferramenta na gestão dos problemas ambientais, em busca de soluções para a proteção do meio ambiente. Através de seus princípios e seu caráter holístico e interdisciplinar, a educação ambiental é adequada para capacitar os cidadãos com as habilidades de investigação, análise, pensamento crítico, empatia, participação e cooperação, que são cruciais para lidar com questões ambientais e sociais urgentes. Além disso, é um importante instrumento de informação e sensibilização de educadores e crianças, uma vez que permite conhecer o ambiente e os seus problemas, destacando as causas que os originaram e as suas consequências (PETKOU; ANDREA; ANTHRAKOPOULOU, 2021).

No Brasil, a Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999, dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental, devendo ser desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades do ensino formal, além de propor diretrizes para a aplicação da educação ambiental não-formal (BRASIL, 1999). Mediante esta legislação, fica evidente a importância não apenas da educação formal, mas também da não formal na busca pela amplificação dos conhecimentos acerca da consciência e do saber ambiental, havendo a necessidade de romper a área da escola e abranger toda a comunidade local.

4.4 Propostas de intervenções e melhorias

O aumento da área urbana de Santa Rita influencia e interage com fatores demográficos, econômicos, políticos, ambientais, culturais e sociais, gerando desafios que se relacionam ao bom uso e gerenciamento dos recursos hídricos na cidade, especialmente em relação ao Rio Tibiri. Com isso, para a minimização dos impactos causados pelas ações antrópicas na sub-bacia faz-se necessário a proposta de soluções variadas para as diversas áreas, visando proteger e gerenciar de maneira sustentável o ecossistema natural a partir de uma boa interação com o processo de urbanização.

4.4.1 Saneamento Básico

- Abastecimento de água

O abastecimento de água da área da sub-bacia em estudo é feito a partir do bombeamento de água em três poços profundos e mais recentemente da captação de água no barramento de nível do Rio Tibiri, tal fato foi necessário pela queda de vazão que o sistema sofreu nas últimas décadas (SCIENTEC, 2009; PMSR, 2018a).

A queda de vazão do sistema se deu ao elevado número de balneários no alto curso do Rio Tibiri e a operação dos vertedores desses barramentos que em dia de grande frequência de banhistas possivelmente causam interferências na vazão, além do crescimento populacional e urbano que a área sofreu (SCIENTEC, 2009; SILVA 2016).

Com isso torna-se necessário uma ação efetiva por parte da atual concessionária de captação e distribuição de água em Santa Rita no que se refere à expansão e manutenção do sistema de abastecimento de água, além de uma fiscalização efetiva por parte dos órgãos ambientais e avaliação criteriosa na concessão de licenças para o funcionamento dos balneários, areeiros e das propriedades privadas com sistemas agropecuários que existem no alto curso do Rio Tibiri.

- Esgotamento sanitário

Com o baixo fornecimento do serviço de esgotamento sanitário, a maior parte da população de Santa Rita (96%) utiliza soluções alternativas como as fossas sépticas, que muitas vezes não estão enquadradas nas normas técnicas reguladoras, ou lançamento direto do esgoto nos rios ou a céu aberto. Além disso, a pequena parcela de Santa Rita coberta por rede de esgoto encontra-se com as estruturas em estado precário de conservação, o que acarreta riscos de contaminação do solo e das águas subterrâneas (ANE, 2023).

As soluções relacionadas aos problemas oriundos das questões sanitárias envolvem o compromisso assumido pela ANE no contrato assinado com a PMSR de em 13 anos ter 90% do esgoto da área coletado, tratado e com a disposição final adequada, para tal diversas melhorias devem ser realizadas no atual sistema de esgotamento sanitário do município.

Enquanto as ações na estrutura do sistema de esgotamento sanitário são desenvolvidas, torna-se fundamental identificar os pontos difusos e pontuais de poluição oriundos de esgoto

doméstico e industrial na área da sub-bacia do Rio Tibiri, especialmente aqueles localizados às margens do rio e propor soluções imediatas para estes problemas.

Para tal, assim como Eiras e Crispim (2018) propuseram, uma das alternativas para sanar os problemas causados pela falta de esgotamento sanitário é a utilização de técnicas de saneamento ecológico, que a partir da implementação de fossas ecológicas – tanques de evapotranspiração (TEVAP) e círculo de bananeiras nas residências próximas das margens do Rio Preto que possuem encanação de esgoto lançadas diretamente no rio, poderão reduzir a carga poluidora que chega até o corpo de água. Além de promover o engajamento da comunidade na construção e instalação dessas estruturas, gerando oportunidade de trabalhar a educação e conscientização ambiental dos moradores ribeirinhos.

O TEVAP é um sistema de tratamento simplificado baseado em solo e plantas para tratamento de águas negras, sendo uma alternativa sustentável para o tratamento convencional de esgoto. É formado por um tanque impermeável, preenchido com camadas de diferentes substratos, coberto com terra e plantado com plantas de crescimento rápido e alto consumo de água. A água negra entra no sistema através de uma câmara de recepção (anaeróbias) no fundo do tanque e permeia para cima através das camadas. Quando o nível da água no sistema sobe, as camadas superiores também ficam inundadas, até que o nível da água atinja a camada superior, de solo, de onde as forças capilares, vento e calor, bem como a absorção pelas plantas eliminarão a água por evapotranspiração, enquanto os nutrientes serão removidos por incorporação na biomassa das plantas (PAULO et al., 2019) (Figura 66).

Esse sistema deve receber apenas as águas negras, portanto, deve-se separar a água proveniente de pias, tanques e chuveiros (água cinza) para um outro sistema de tratamento, que pode ser o círculo de bananeiras, desde que passe previamente por uma caixa de gordura. O círculo de bananeira é construído através de um buraco no solo, que deve ser preenchido com pequenos galhos no fundo e com capim seco, folhas de bananeiras ou podas de árvores na parte de cima, visando criar um ambiente arejado e com espaço para receber as águas cinzas. A tubulação que chega no círculo de bananeiras deve estar escondida no monte de palha seca para que não entre em contato com a superfície e em volta do círculo devem ser plantadas as bananeiras (Figura 59) (FIGUEIREDO; SANTOS; TONETTI, 2018).

Figura 59: Esquema dos modelos de TEVAP e círculo de bananeiras



Fonte: Programa Transforma (Banco do Brasil, 2023)

Esse sistema se apresenta eficiente na remoção da carga orgânica e pelo seu baixo custo de instalação e manutenção também pode ser usado como tratamento de efluente da suinocultura e da equinocultura visando a mitigação dos impactos ambientais que essas produções podem causar na sub-bacia em estudo, sobretudo, na área do Açude Tibiri e no Rio Preto, que foram identificadas tais criações. Vilar et al., (2019) avaliando os parâmetros físico-químicos de amostras de efluentes, através de TEVAP para dejetos suínos, verificaram que houve uma redução de substâncias químicas (demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal, cloretos), sólidos dissolvidos totais, temperatura, alcalinidade, condutividade elétrica, dureza total e coliformes termotolerantes para os efluentes tratado e final. Desse modo, a instalação de TEVAP nas propriedades com produções suínas na área da sub-bacia do Rio Tibiri torna-se uma solução eficiente, de baixo custo e sustentável.

Mais recentemente, o projeto de extensão EcoSaneamento, realizado no Departamento de Sistemática e Ecologia da UFPB, desenvolveu um novo modelo de tratamento ecológico de esgoto, chamado TEWetland. Esse sistema permite um melhor e maior tratamento de efluentes, unindo as técnicas de tratamento de efluente de esgoto por TEVAP com wetland, permitindo a coleta e tratamento de esgoto doméstico de uma rua inteira ou de um bairro. Este sistema atua semelhante ao TEVAP, com tratamento biológico anaeróbico, aeróbico, filtração, absorção de nutrientes, produção de alimentos e evapotranspiração da água excedente, entretanto, ao contrário do TEVAP onde toda a água é evaporada, neste sistema é gerada água para reuso. Outro ponto positivo para este sistema está na possibilidade de tratar águas negras e cinzas juntas. Neste projeto já foram programadas a construção de quatro protótipos em

diferentes localidades do Estado da Paraíba, desse modo, a cidade de Santa Rita pode ser mais um ponto de estudo dessa nova tecnologia a partir do desenvolvimento de parcerias e apoio dos órgãos públicos competentes no município (UFPB, 2022).

- Drenagem urbana

A gestão da drenagem urbana é parte integrante e essencial no planejamento urbano, levando em consideração que o tipo de usos e ocupação da terra afetam não só os sistemas de abastecimento de água e esgoto, mas também as medidas de gerenciamento do escoamento das águas pluviais. Nesse sentido, uma proposta para se conseguir melhorar a infiltração da água no próprio lote é a utilização de jardins de chuva, a fim de evitar a sobrecarga no sistema de drenagem existente, a partir do conceito de biorretenção e compensação de áreas impermeáveis (Figura 60).

Figura 60: Jardim de chuva instalado em Copacabana, Rio de Janeiro



Fonte: Prefeitura do Rio de Janeiro (2021)

O jardim de chuva é uma depressão vegetada com o principal objetivo de infiltrar a água da chuva, através da combinação de camadas de solo e substrato para infiltração e promoção da atividade microbiana. Para a sua maior eficácia, é importante o cultivo de plantas nativas e adaptadas ao clima local, podendo receber grande volume de água no período chuvoso, bem como requerer pouca água no período de estiagem. Esses jardins contribuem com a redução de poluentes transportados pelas águas da chuva a partir da

fitorremediação, formam novos habitats naturais, aumentam a umidade do ar. Por ser de baixa manutenção e funcionar bem em calçadas e em áreas baixas, torna-se uma alternativa para retenção da água da chuva.

Esses ambientes formam um sistema que tem a capacidade de restaurar o equilíbrio da água nas áreas urbanas através da captura, retenção e infiltração da chuva, podendo ser instalados em diversas áreas do município de Santa Rita, como parques e praças dos bairros, nos cruzamentos, estacionamentos e conjuntos habitacionais.

Em um estudo realizado na cidade de Recife – Pernambuco, utilizando um jardim de chuva piloto com área de 4,00 m² foi possível verificar que o sistema apresentou resultados satisfatórios, inclusive para grandes volumes de precipitação o modelo foi eficiente na retenção e armazenagem temporária da chuva e posterior infiltração, desse modo, atingiu as perspectivas quanto ao amortecimento dos volumes do escoamento superficial de uma área de 74,80 m² (MELO, et al., 2014).

Outras propostas como o estímulo à criação de reservatórios de águas pluviais em novas edificações de uso residencial, comercial, industrial ou misto e a ampliação da quantidade de árvores em vias públicas, podem melhorar o microclima e a drenagem, além de aumentar o conforto térmico e estético na cidade.

- Resíduos Sólidos

Apesar da cobertura de coleta de resíduos sólidos domiciliares ser de 100% na área urbana de Santa Rita, observa-se grande quantidade destes materiais sendo lançados a céu aberto pelas ruas dos bairros do município, bem como nas margens do Rio Tibiri. Esse fato reforça a falta de conscientização e educação ambiental dos moradores de Santa Rita quanto ao descarte correto dos resíduos.

Nesse sentido, Farias; Pontes e Cunha (2021) apontam que a participação ativa dos cidadãos no processo de gerenciamento dos resíduos sólidos se caracteriza como um comportamento pró-ambiental, o qual diz respeito às ações individuais que contribuam para a sustentabilidade ambiental. Desse modo, as ações de melhorias relacionada com os resíduos sólidos devem ser direcionadas para a correta destinação desses materiais por parte dos populares, através da coleta realizada pela PMSR, por meio de uma empresa privada e pelo incentivo à prática da coleta seletiva.

Vale ressaltar que não existe em Santa Rita nenhum plano governamental que institua ou incentive a coleta seletiva no município, entretanto, existem empresas e cooperativas de reciclagem que realizam esse tipo de coleta. Com isso, propõe-se o incentivo e divulgação dessas empresas, além do desenvolvimento de ações do poder público que visem a valorização da prática da coleta seletiva e implantação de programas e projetos específicos em parceria com as associações e cooperativas de reciclagem, visando reduzir os impactos ambientais causados pela eliminação de resíduos nas ruas e corpos hídricos do município.

Em João Pessoa, capital paraibana, são desenvolvidas ações de coleta seletiva a partir de centros de triagem, onde a população pode levar seus resíduos separados para ser realizada a coleta seletiva. Tal ação pode ser adaptada para o município de Santa Rita, tendo em vista o grande número de resíduos gerados e a presença de cooperativas de reciclagem na cidade que podem ser parceiras desta iniciativa, proporcionando inclusão social e preservação do meio ambiente, além de contribuir para a limpeza e organização da cidade.

Outro agravante na situação da disposição dos resíduos sólidos no município é a ausência de lixeiras nas ruas de Santa Rita, essa situação associada à falta de educação ambiental dos moradores gera ainda mais sujeira nos logradouros do município. Nesse sentido, faz-se necessária a instalação de coletores de lixo ao longo das vias públicas, incluindo dispositivos da coleta seletiva.

4.4.2 Recuperação do Rio Tibiri

Em áreas urbanas a restauração fluvial torna-se mais complexa devido à escassez de espaços abertos para restaurar os processos naturais do leito do rio e das suas margens que foram gradativamente sendo substituídas por casas, edifícios, construções e canalizações em decorrência do crescimento urbano e alterações no uso do solo da bacia hidrográfica.

Com isso, as propostas para recuperação, manutenção e preservação da qualidade da água no Rio Tibiri serão baseadas em técnicas de biorremediação. A biorremediação é o uso de procedimentos para remoção e/ou degradação de poluentes com o objetivo de reduzir a poluição, utilizando principalmente plantas ou microrganismos. É considerada uma técnica de baixo custo, tornando-se viável e acessível a sua aplicação como alternativa para recuperar o ecossistema aquático (ARAÚJO et al., 2014).

Existem diversas técnicas que podem descontaminar um ambiente poluído, porém a biorremediação tem se destacado como uma técnica nova que tem sido utilizada em diversos países desenvolvidos, sendo ecologicamente mais adequada se comparada a outros processos

físicos e/ou químicos, apresentando como vantagem a possibilidade de aplicação no próprio ambiente degradado, utilização de materiais orgânicos no processo de descontaminação, com isso, não são utilizados produtos que possam contaminar o ambiente (ARAÚJO et al., 2014; SILVEIRA; TATTO; MANDAI, 2016).

De acordo com Boopathy (2000), além da caracterização do ambiente a ser tratado, alguns questionamentos devem ser respondidos antes de implementar qualquer sistema de biorremediação:

- 1) Se o contaminante é biodegradável;
- 2) Se a biodegradação já ocorre naturalmente;
- 3) Se as condições ambientais são adequadas para a biodegradação; e
- 4) Se o poluente não for degradado, qual será o comportamento do material residual.

A proposta de aplicação de biorremediação para o Rio Tibiri é a potencialização do biofilme. O biofilme é um agregado de microrganismos, principalmente microalgas, bactérias, fungos e pequenos animais aderidos a um substrato. Esse agregado de organismos é responsável por grande parte da produção primária, possuindo capacidade de reter nutrientes e contaminantes presentes na água, sendo considerado um ótimo indicador do funcionamento de rios, lagos e reservatórios (SOUZA, 2019).

A proposta visa aumentar a área de biofilme no Rio Tibiri a partir da instalação de substratos artificiais submersos na entrada da barragem de abastecimento e na saída do Açude Tibiri (Figura 61). Os organismos que formam o biofilme, poderão aderir e aumentar a biomassa desse aglomerado, aumentando a autodepuração do corpo hídrico, com isso, melhorando a qualidade da água que abastece a maior parte da zona urbana e as águas que chegam no centro da cidade.

Figura 61: Substratos artificiais para colonização de biofilme no Rio Fervença, Portugal



Fonte: Crispim et al. (2019)

Para se verificar a eficiência desse sistema deve-se realizar análise dos dados físicos e químicos da água antes e após a instalação, em pontos a montante e a jusante das estruturas por um período suficiente para colonização do substrato artificial.

Crispim et al., (2019) usando cortinas de plástico para aumentar a área de substrato para o biofilme no Rio do Cabelo em João Pessoa na Paraíba (Brasil) e Rio Fervença em Bragança (Portugal) verificaram que após a instalação das estruturas houve uma redução nos compostos nitrogenados e fosfatados, além do aumento do oxigênio nos dois rios estudados. Outros aspectos ecológicos foram observados no Rio do Cabelo, como o aumento de espécies de peixes e restauração do mangue. Com isso, ficou evidenciado o potencial biorremediador do biofilme.

A potencialização do biofilme é uma técnica sustentável e de baixo custo, entretanto, não deve ser utilizado por longos períodos para evitar a dispersão do plástico da estrutura, com isso propõe a sua utilização por no máximo 6 meses, desse modo, é aconselhável o uso de substratos biodegradáveis como o bambu filamentosos, para evitar a poluição do corpo hídrico (CAO et al., 2012; CRISPIM et al., 2019).

Alguns estudos têm mostrado a eficiência dessa técnica de biorremediação e do uso de macrófitas como outra técnica de biorremediação para ambientes aquáticos como os rios urbanos e açudes, além do tratamento da água de lagoas facultativas de ETE.

Pérez (2015) encontrou a maior frequência de bioindicadores de água de melhor qualidade após o uso do biofilme no Açude Manoel Marcionilo localizado no município de Taperoá, Paraíba. Essa autora também verificou o potencial despoluidor do biofilme em uma amostra de água da lagoa facultativa de uma ETE, onde houve a diminuição geral na carga de nutrientes (nitrito, ortofosfatos e amônia) e um aumento significativo na concentração de oxigênio e transparência da água, além das diferentes espécies de algas perifíticas e do zooplâncton que indicaram a melhoria da água após o uso do biofilme. Com isso, foi possível avaliar que o biofilme é uma técnica eficiente na melhoria da qualidade de água de ecossistemas aquáticos com grande carga poluidora.

Souza (2015) usou o biofilme e macrófitas (*E. crassipes*) como opção de tratamento de água para lagoas de estabilização de ETE e verificou que houve redução dos níveis de ortofosfatos, diminuição significativa das cianobactérias e da densidade de rotíferos e aumento de cladóceros, mudanças que evidenciaram a melhora na qualidade do meio aquático. O biofilme foi mais eficiente nos seguintes parâmetros: oxigênio, transparência, pH,

qualidade do fitoplâncton e as macrófitas nos seguintes parâmetros: diminuição de sais naturais e dos ortofosfatos.

Estes resultados reforçam a ideia do uso simultâneo das duas técnicas de biorremediação, desde que avaliadas a quantidade de área de substrato artificial e a biomassa das macrófitas.

4.4.3 Educação Ambiental

Um fato inegável é que as práticas educativas relacionadas ao meio ambiente ganharam destaque nas últimas décadas, sendo extremamente importante fomentar essas práticas no ambiente escolar e fora dele.

Sabe-se que a educação ambiental visa refletir a relação sociedade-natureza, considerando o entorno da comunidade local, a fim de proporcionar ao indivíduo uma atitude ética e afetiva em relação ao meio ambiente. Porém, o sentimento afetivo e de pertencimento surge mediante o conhecimento do mundo que cerca cada pessoa, nesse sentido, é essencial tornar os recursos naturais existentes em Santa Rita conhecidos pelos seus moradores.

Notou-se nas entrevistas um desconhecimento de parte dos entrevistados em relação aos recursos naturais de Santa Rita, isto também influenciou na falta de percepção ambiental frente aos problemas ambientais existentes no município, desse modo, propõe-se uma maior divulgação dos ambientes naturais, especialmente o Rio Tibiri que possui grande importância ambiental, econômica e social no município.

A educação ambiental formal pode ser estimulada a partir de visitas guiadas com os professores e profissionais da área ambiental da prefeitura em ambientes-chaves como a barragem de abastecimento de água, a nascente do Rio Tibiri e o Açude Tibiri, com o objetivo de fomentar práticas educativas conscientes em relação ao bom uso dos recursos hídricos e valorização destes recursos. A partir do conhecimento e despertamento da comunidade local para a importância socioambiental destas áreas é que a consciência ambiental da população aumentará e como consequência a conservação e preservação também.

Associado a isto, podem ser estimuladas práticas do turismo sustentável no ambiente do Açude Tibiri, através de placas educativas sobre o local e práticas sustentáveis e de segurança, instalação de lixeiras de coleta seletiva e agentes ambientais repassando informações sobre o cuidado com o açude durante os finais de semana e/ou dias de maiores fluxos de frequentadores. Destaca-se que estas ações devem ser direcionadas para todo o ecossistema

local não tratando apenas dos recursos hídricos, mas sim da fauna e flora local, além dos aspectos paisagísticos e geográficos da área.

Além disso, é essencial a fiscalização e regulamentação dos pontos comerciais existentes no Açude Tibiri em relação à destinação de resíduos sólidos e lançamento de esgoto, com o objetivo de estimular a harmonia entre a economia, a sociedade e o meio ambiente. Como o ambiente do Açude Tibiri já é amplamente utilizado para a prática de lazer e recreação, deve-se aproveitar esse potencial turístico e torná-lo sustentável, pois como afirma Ferreira; Lopes e Araújo (2012), com raras exceções, o turismo praticado no meio natural tem se apropriado e provocado a modificação de ecossistemas naturais, além disso, o aproveitamento das águas para lazer e turismo se relacionam com a capacidade de suporte que o lugar tem para receber os turistas, com isso, acompanhar e analisar o impacto da prática de turismo e lazer no açude deve ser objeto de estudo dos órgãos públicos responsáveis pelo meio ambiente no município de Santa Rita.

Atualmente a PMSR, por meio da Secretaria de Meio Ambiente, mantém um viveiro de mudas florestais, sendo este um espaço preparado para o cultivo de plantas ornamentais e árvores, que serão destinadas à arborização e harmonização paisagística de praças, áreas verdes e canteiros de ruas. Além disso, o viveiro conta com uma horta medicinal e uma sala de educação ambiental, logo, esse espaço é aberto para visitação de alunos do ensino fundamental, de escolas públicas e privadas do município, sendo um ambiente propício para o fomento de práticas educativas relacionadas ao meio ambiente e o impacto positivo que a arboriza o pode atrair em ambientes urbanos (PMSR, 2022).

Por fim, com o objetivo de divulgar e orientar a popula o quanto aos recursos naturais do município de Santa Rita e as práticas sustentáveis em rela o   destina o correta dos resíduos sólidos e esgoto, sugere-se a inser o de postagens nas redes sociais oficiais da PMSR. Associada a esta divulga o sugere-se a cria o de uma cartilha educativa para divulga o em escolas e em reparti es públicas. Esta cartilha trará informa es acerca da diferença de lixo e resíduo sólido; locais de disposi o de resíduos especiais como lâmpadas, remédios, eletr nicos, pneus e óleos; e divulga o das cooperativas de coleta seletiva no município.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao passo que a população de Santa Rita cresceu, surgiu a necessidade do desenvolvimento de uma infraestrutura que comporte tal crescimento, suprindo a demanda por serviços básicos de água e energia, transporte, saneamento básico, moradia, educação e saúde. Entretanto, percebe-se que essas demandas não foram sanadas de acordo com a real necessidade da população, sobretudo no que diz respeito aos serviços de esgotamento sanitário e moradias adequadas. O estudo que demonstrou as alterações que a sub-bacia do Rio Tibiri sofreu ao longo do tempo a partir do mapeamento de uso e ocupação do solo foi fundamental na busca pela compreensão das características que são encontradas atualmente na ocupação da área, sendo evidenciado o crescimento urbano em direção às margens do Rio Tibiri. Vale destacar que todas as alterações no uso do solo em Santa Rita refletem no ciclo hidrológico, influenciando na recarga e manutenção dos aquíferos, escoamento superficial, e na qualidade e quantidade de água nos corpos hídricos da região.

De modo geral, o Rio Tibiri encontra-se em processo de degradação em decorrência de diversas fontes, desde a drenagem direta de esgoto sanitário, resultado da falta de saneamento básico em Santa Rita, até a poluição difusa que ocorre pelas atividades agropecuárias e pelo carreamento dos mais variados resíduos até o rio pelas águas da chuva, resultado da falta de conscientização da população quanto ao descarte correto dos resíduos sólidos.

Se tratando do alto curso do Rio Tibiri, as principais agressões ao ecossistema aquático são a exploração mineral, nudez do solo, lixiviação de agrotóxicos, bombeamento de água para irrigação e pecuária e a construção desordenada de barramentos para lazer, causando redução na vazão que chega à barragem de abastecimento, podendo influenciar na qualidade da água que é captada para abastecimento da população local.

Entre os impactos encontrados no baixo curso do Rio Tibiri destacam-se a retirada da mata ciliar e o lançamento de esgoto doméstico como os fatores decisivos na degradação ambiental, gerando assoreamento e poluição hídrica, podendo proporcionar eventos de eutrofização no corpo hídrico e enchentes nas margens, trazendo sérios danos à sub-bacia do Rio Tibiri, sobretudo, a população residente nas proximidades. Com isso, pode-se afirmar que os impactos observados no baixo curso são os mais intensos na sub-bacia e estão totalmente relacionados com o avanço urbano na localidade.

Entretanto, estes impactos não se limitam apenas à sub-bacia em questão, mas se relacionam com todo município de Santa Rita, pois as consequências desses impactos resultam em problemas sanitários, de saúde e sociais.

É pertinente afirmar que a metodologia de avaliação dos impactos ambientais aplicada atende a análise de aspectos importantes sobre a qualidade ambiental de recursos hídricos a partir de uma visão macroscópica, podendo ser um instrumento de contribuição para os gestores públicos no enfrentamento das consequências da degradação do Rio Tibiri e na promoção de ações de preservação deste rio. Contudo, a elas devem ser somadas metodologias mais direcionadas para a análise da qualidade da água e de outros tipos de agentes degradadores, como metais pesados, fármacos e resíduos agrotóxicos, com uma análise pontual caso a caso.

Por esta razão, é urgente o desenvolvimento de políticas públicas municipais que viabilizem e auxiliem a preservação das nascentes do Rio Tibiri e a conservação e manejo adequado das suas águas, aliadas à educação ambiental formal e informal na promoção de ações que tragam aos moradores de Santa Rita um sentimento de valorização do rio.

A compreensão da percepção ambiental dos moradores de Santa Rita quanto aos impactos que essa sub-bacia vem sofrendo demonstrou que os indivíduos que utilizam o rio estão relativamente cientes das mudanças que ocorreram neste ambiente e demonstram conhecimento em relação aos impactos e manejo adequado deste recurso hídrico. Essa informação beneficia a orientação e gestão de propostas de intervenções e melhorias na área, facilitando a priorização e a tomada de decisões, aumentando a eficácia dos processos de engajamento da sociedade na busca pela recuperação dos ambientes degradados, considerando a importância da relação indivíduo-meio ambiente para o desenvolvimento de um planejamento participativo.

Por fim, enfatiza-se que devido à situação atual do Rio Tibiri é urgente a necessidade de se estabelecer medidas mitigadoras a fim de evitar o aumento da degradação deste rio. Tais medidas exigem esforço conjunto do poder público e da sociedade, no tocante à construção de infraestruturas adequadas de saneamento básico, aliadas à conscientização da população quanto à necessidade do bom uso dos recursos hídricos da cidade e engajamento nos projetos de recuperação e conservação do ambiente.

São inúmeros os benefícios ambientais e sociais que podem surgir a partir da implementação de projetos de recuperação e minimização de impactos no Rio Tibiri, tais como: o controle de enchentes, recarga da água subterrânea, melhorias na qualidade e quantidade de água disponível no ambiente e ofertada para a população, redução da erosão e do assoreamento, além dos aspectos ligados à recreação, turismo, estética e paisagem local.

REFERÊNCIAS

- AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Enquadramento dos corpos d'águas da bacia hidrográfica do rio Paraíba**. João Pessoa, 2016.
- ANE – Águas do Nordeste. **Água**. Santa Rita, 2023. Disponível em: <https://ane.com.br/agua/>. Acesso em: 11 jan. 2023.
- ALMEIDA, L. Q.; CORRÊA, A. C. B. Dimensões da negação dos rios urbanos nas metrópoles brasileiras: o caso da ocupação da rede de drenagem da planície do Recife, Brasil. **Geo UERJ**, v. 1, n. 23, p. 114-135, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/geouerj.2012.3700>. Acesso em: 19 out. 2022.
- ALVES, A. O. **Manancial e bebedouro, latrina e esgoto: uma análise jurídica da degradação ambiental no Rio Tibiri/Preto no município de Santa Rita/PB**. 2018. 57 p. Monografia (Bacharelado em Direito) – Departamento de Ciências Jurídicas, Universidade Federal da Paraíba, 2018.
- ANDRADE, J. S. **Uma análise sobre a produção do espaço urbano e a expansão imobiliária no bairro do Tibiri no município de Santa Rita – PB**. 2017. 43 p. Monografia (Licenciatura em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Estadual da Paraíba, 2017.
- ARAÚJO, A. M.; GONÇALVES, C.; NASCIMENTO, E. M.; MOREIRA JUNIOR, J.; SILVA, J. C.; OLIVEIRA, M. A.; BRISA, P.; PIRES, P. H.; MACHADO, E. C. Protocolo para biorremediação de águas contaminadas por petróleo e derivados. **E-xacta**, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 55-63, 2014. Disponível em: <https://revistas.unibh.br/dcet/article/view/973/669>. Acesso em: 19 jan. 2023.
- ASNAKE, K.; WORKU, H.; ARGAW, M. Integrating river restoration goals with urban planning practices: the case of Kebena river, Addis Ababa. **Heliyon**, v. 7, n. 7, p. e07446, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07446>. Acesso em: 08 set. 2021.
- BALAMAN, S. Y. Modeling and Optimization Approaches in Design and Management of Biomass-Based Production Chains. **Decision-Making for Biomass-Based Production Chains**. The Basic Concepts and Methodologies 2019. p. 185-236. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814278-3.00007-8>. Acesso em: 24 ago. 2021.
- BALHA, A.; VISHWAKARMA, B. D.; PANDEY, S.; SINGH, C. K. Predicting impact of urbanization on water resources in megacity Delhi. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 20, p. 100361, nov/2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100361>. Acesso em: 30 jul. 2021.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016, 229 p.
- BARROS, J. R. A percepção ambiental dos Quilombolas Kalunga do Engenho e do Vão de Almas acerca do clima e do uso da água. **Ateliê Geográfico**, v. 6, n. 4, p. 216–236, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/ag.v6i4.21980>. Acesso em: 28 ago. 2021.
- BASSUL, J. R. **O Estatuto da Cidade Comentado**. São Paulo: Aliança das Cidades, 2010. 120 p.

BERALDI, A. L. P. G.; VAZQUEZ, G. H. Diagnóstico das matas ciliares urbanas de Votuporanga/SP: levantamento da vegetação exótica invasora. **Geoambiente on-line**, n. 37, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.vi37.57255>. Acesso em: 26 nov. 2022.

BERNHARDT, E. S.; PALMER, M. A. Restoring streams in an urbanizing world. **Freshwater Biology**, v. 52, n. 4, p. 738–751, abr/2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2006.01718.x>. Acesso em: 20 jul. 2021.

BERRÊDO, E. D. **Limites e possibilidades da legislação urbanística e ambiental na bacia hidrográfica Guaranhuns, em Vila Velha/ES**. 2018. 192p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Espírito Santo, 2018.

BETTENCOURT, L.; WEST, G. A unified theory of urban living. **Nature**, v. 467, n. 7318, p. 912–913, out/2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/467912a>. Acesso em: 11 jan. 2022.

BILGILI, B. C.; GÖKYER, E. Urban Green Space System Planning. **Landscape planning**, jun/2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5772/45877>. Acesso em: 01 fev. 2022.

BOOPATHY, R. Factors limiting bioremediation technologies. **Bioresource Technology**, v. 74, n. 1, p. 63-67, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00144-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00144-3). Acesso em: 19 jan. 2022.

BONETTE, G. PUIJALON, S. Response of aquatic plants to abiotic factors: a review. **Aquatic Sciences**, v. 73, p. 1-14, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00027-010-0162-7>. Acesso em: 04 nov. 2022.

BORJA, P. C. Política pública de saneamento básico: uma análise da recente experiência brasileira. **Saúde e Sociedade**. São Paulo, v.23, n.2, p. 432-447, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-12902014000200007>. Acesso em: 17 ago. 2021.

BORTOLOZO, F. R.; TERCENIO, R.; AGUIAR, F. A.; HANSEL, E. F.; FILHO, R.; PARRON, L. V.; FROEHNER, S. Peatland as a natural sink for pesticides from no-till systems in subtropical climate. **Agricultural Water Management**, v. 163, p. 19-27, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.08.028>. Acesso em: 26 nov. 2022.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. **Dispõe sobre as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos**. Brasília: Diário Oficial da União, 2012.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016. **Dispõe sobre normas aplicáveis cujos procedimentos metodológicos envolvam a utilização de dados diretamente obtido com os participantes**. Brasília: Diário Oficial da União, 2016.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 27 abr. 1999. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.

Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 25 mai. 2012. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 jul. 2020. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 36, de 19 de janeiro de 1990**. Normas e padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Brasília DF, 1990.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 375, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento**. Brasília: Diário Oficial da União, 2005.

BUSSO, M.; CHAUVIN, J. P.; HERRERA, N. Rural-urban migration at high urbanization levels. **Regional Science and Urban Economics**, fev/2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2021.103658>. Acesso em: 27 jul. 2021.

CAENE. Companhia de Águas e Esgoto do Nordeste. **Projeto de abastecimento de água da cidade de Santa Rita estado da Paraíba**, setembro de 1966, João Pessoa - PB.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W.; MORENO, P.; GOULART, M. D. C.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliense**, Sorocaba, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002. Disponível em: <https://jbb.ibict.br/bitstream/1/708/1/Callisto%20et%20al..pdf>. Acesso em: 12 set. 2022.

CAO, W.; ZHANG, H.; WANG, Y.; PAN, J. Bioremediation of polluted surface water by using biofilms on filamentous bamboo. **Ecological Engineering**, v. 42, p. 146-149. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.02.018>. Acesso em: 23 jan. 2023.

CARVALHO, R. C. As migrações e a urbanização no Brasil a partir da década de 1950: um breve histórico e uma reflexão à luz das teorias de migração. **Revista Espinhaço**, v. 8, n. 1, p. 24-33, 2019. Disponível em: <https://www.revistaespinhaco.com/index.php/revista/article/view/130/135>. Acesso em: 25 set. 2022.

CAMPOS, J. C.; NUCCI, J. C. Protocolo de Avaliação Rápida: uma proposta para rios urbanos. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 14, n. 2, p. 267-286, jul. a dez./2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/geografar.v14i2.59176> Acesso em: 12 set. 2022.

CHEN, M.; LIU, W.; TAO, X. Evolution and assessment on China's urbanization 1960-2010: Under-urbanization or over-urbanization? **Habitat International**, v. 38, n. 1, p. 25-33, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.habitatint.2012.09.007>. Acesso em: 31 jul 2021.

CHEN, X.; PETERSON, M. N.; HULL, V.; LU, C.; LEE, G. D.; HONG, D.; LIU, J. Effects of attitudinal and sociodemographic factors on pro-environmental behaviour in urban China. **Environmental Conservation**, v. 38, n. 1, p. 45-52, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S037689291000086X>. Acesso em: 27 ago. 2021.

COLLIER, C. A.; NETO, M. S. A.; ARETAKIS, G. M. A.; SANTOS, R. E.; OLIVEIRA, T.

H.; MOURÃO, J. S.; SEVERI, W.; EL-DEIR, A. C. A. Integrated approach to the understanding of the degradation of an urban river: local perceptions, environmental parameters and geoprocessing. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 11, n. 69, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13002-015-0054-y>. Acesso em: 25 jan. 2022.

CORNELLI, E.; ADESSI, A.; OLGUIN, E. J.; RAGAGLINI, G.; GARCIA-LOPEZ, D. A.; PHILIPPIS, R. Biotransformation of water lettuce (*Pistia stratiotes*) to biohydrogen by *Rhodospseudomonas palustris*. **Journal of Applied Microbiology**, v. 123, n. 6, dez/2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jam.13599>. Acesso em: 19 nov. 2022.

COSTA, D. F.; DANTAS, E. W. Diversity of phytoplankton community in different urban aquatic ecosystems in metropolitan João Pessoa, state of Paraíba, Brazil. **Acta Limnologia Brasiliensia**, v. 23, n. 4, dez/2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X2012005000018>. Acesso em: 02 jan. 2023

COSTA, L. C. M. **Inundações na margem direita do Rio Paraíba do Norte no Centro da cidade de Santa Rita – PB**. 2014. 43 p. Monografia (Bacharelado em Geografia). Universidade Federal da Paraíba. UFPB, João Pessoa, 2014.

COSTA, M. C. A. S. **Análise das condições de Salubridade Ambiental Intra-urbana em Santa Rita – PB**. 2010. 140 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal da Paraíba. UFPB, João Pessoa, 2010.

COSTA, R. G. S.; COLESANTI, M. M. A contribuição da percepção ambiental nos estudos das áreas verdes. **RA'EGA**, v. 22, n. 22, p. 238–251, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v22i0.21774>. Acesso em: 28 ago. 2021.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Diagnóstico do município de Santa Rita – PB**. Recife: CPRM, 2005. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/16322/1/Rel_Santa_Rita.pdf. Acesso em: 01 set. 2021.

CRISPIM, M. C.; ANTÃO-GERALDES, A. M.; OLIVEIRA, F. M. F.; MARINHO, R. S.; MORAIS, M. M. **Potencialidades da implementação de biorremediação na reabilitação de rios: dados iniciais e considerações**. Saindo da Zona de Conforto: A Interdisciplinaridade das Zonas Costeiras - Tomo VIII da Rede BRASPOR, 2019. Disponível em: <https://www.redebraspor.org/livros/2019/Braspor%202019%20-%20Artigo%2019.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2023.

CRUZ, C. L. Z.; CRUZ, C. B. M. Avaliação da exatidão temática da cobertura e uso da terra representada através do MapBiomas no Rio de Janeiro. **GEOgraphia**, v. 23, n. 50, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2021.v23i50.a47001>. Acesso em: 13 dez. 2022.

CRUZ, L. C.; CARVAJAL, D. M. V.; CARVAJAL, L. A. V. Gestión del recurso hídrico, desde un diseño curricular alternativo. **Revista Facea**, v. 7, n. 1, p. 96–104, 2017. Disponível em: <http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/facea/article/view/659/748>. Acesso em: 9 ago. 2021.

DAI, Z.; ZHANG, J. Z.; SHE, R.; HU, N.; XIA, S.; MA, G.; HAN, R.; MING, R. Numerical investigation on Re-oxygenation efficiency of stepped overflow weir in urban stream. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, p. 120583, jun/2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120583>. Acesso em: 28 jul. 2021.

DATASEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas empresas. **Indicadores: banco de dados**. Disponível em: <https://datasebrae.com.br>. Acesso em: 24 mai. 2022.

DAUTRO, G. M.; SILVA, N. M. A.; OLIVEIRA, A. L. L.; OLIVEIRA, E. C. S.; LUNA, K. P. O. Representações sociais do meio ambiente: Um estudo no balneário do açude em Santa Rita-PB, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 40501–40519, 2021. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/28539>. Acesso em: 29 jun. 2021.

DEL RÍO-GAMERO, B.; RAMOS-MARTIN, A.; MELIÁN-MARTEL, N.; PÉREZ-BÁEZ, S. Water-Energy Nexus: A pathway of reaching the zero net carbon in Wastewater Treatment Plants. **Sustainability**, v.12, n. 22, p. 9377, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12229377>. Acesso em: 11 ago. 2021.

DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C. M.; RIBEIRO, R. L. D.; ABOUD, A. C. S.; PEREIRA, M. G.; RUMJANEK, N. G. História ambiental do Vale do Paraíba Paulista, Brasil. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 20, n. 1, p. 12-29, 2014. Disponível em: <http://periodicos.unitau.br/ojs/index.php/biociencias/article/view/1867/1352>. Acesso em: 19 nov. 2022.

DIAS, O. A.; AGUIAR, F. S. Identificação e avaliação dos impactos ambientais e suas medidas mitigadoras de um abatedouro de bovinos. **Revista Intercâmbio**, Montes Claros, v. 7, n., p.36-53, 2016. Disponível em: <https://silo.tips/download/identificacao-e-avaliacao-dos-impactos-ambientais-e-suas-medidas-mitigadoras-de-um>. Acesso em: 09 nov. 2022.

DICTORO, V. P.; HANAI, F. Y. Análise da relação homem-água: A percepção ambiental dos moradores locais de Cachoeira De Emas - SP, bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu. **RA'EGA**, v. 36, p. 92–120, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/40989/27993>. Acesso em: 31 ago. 2021.

EIRAS, R. C. F. **Qualidade da água, impactos e contribuições para a gestão ambiental do Rio Preto, Município de Santa Rita, Paraíba**. 2018. 134 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal da Paraíba. UFPB, João Pessoa, 2018.

EIRAS, R. C. F.; CRISPIM, M. C. Melhoria da conscientização ambiental como contribuição para a gestão ambiental em Santa Rita, Paraíba. **Revista Eletrônica Educação Ambiental em Ação**, n. 62, 2017. Disponível em: <http://www.revistaeea.org/artigo.php?idartigo=3027>. Acesso em: 17 mai. 2021.

EMER, A. A.; CORONA, H. M. P. Percepção ambiental: uma ferramenta para discutir o ambiente urbano. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 6, n. 7, p. 105–121, 2013. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/3c2d/556641ec8093583bcef7ddb64cac3f58b3e1.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2021.

FARIAS, E. S.; PONTES, R. P.; CUNHA, D. A. Condicionantes gerais do descarte de lixo nas metrópoles brasileiras. **Revista Iberoamericana de Economia Ecológica**, v. 34, n. 1, p. 43-64, 2021. Disponível em: <https://redibec.org/ojs/index.php/revibec/article/view/vol34-1-3>. Acesso em: 17 jan. 2023.

FEISTEL, J. C. **Tratamento e Destinação de Resíduos e Efluentes de Matadouros e Abatedouros**. 2011.

FERREIRA, R. C.; LOPES, W. G. R.; ARAÚJO, J. L. L. A água como suporte para atividades de lazer e turismo: possibilidades e limitação da Barragem Piracuruca no Estado do Piauí (Brasil.) **RA'EGA**, v. 25, 2012. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/28007/18640>. Acesso em: 06 já. 2023.

FIGUEIREDO, A. L. **Ampliação do sistema de abastecimento d'água do setor oeste, da região metropolitana da cidade de João Pessoa**, março de 1982, Recife - PE.

FIGUEIREDO, I. C. S.; SANTOS, B. S. C.; TONETTI, A. L. **Tratamento de esgoto na zona rural: fossa verde e círculo de bananeiras**. Biblioteca da UNICAM. Campinas, São Paulo, 2018.

FIGUEIREDO, T. Q. A produção sucroalcooleira e a sustentabilidade: um diagnóstico do início do século XXI na Paraíba. **Revista Olhares Plurais**, v. 1, n. 2, p. 17, 2010. Disponível em: <https://revista.seune.edu.br/index.php/op/article/view/17>. Acesso em: 25 mai. 2022.

FITZ, P. R.; VIEIRA, J. C.; SOARES, M. C. O uso de polígonos de amostragem em classificações supervisionadas de imagens de satélite. **Entre-Lugar**, v. 10, n. 19, p. 310-341, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.30612/el.v10i19.9595>. Acesso em: 03 nov. 2022.

FORMAN, R. T. T. **Urban ecology: Science of cities**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2014. ISBN: 978-05-2118-824-1

GARCIA, J. M.; MANTOVANI, P.; GOMES, R. C.; LONGO, R. M.; DEMANBORO, A. C.; BETTINE, S. C. Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia – MG, v. 30, n. 1, p. 228-254, 2018. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/38336/pdf>. Acesso em: 25 jan. 2021.

GARCIA, M. S. D.; FERREIRA, M. P. Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana. **Dignidade Re-Vista**, v. 2, n. 3, p. 1–12, jul/2017. Disponível em: <http://periodicos.puc-rio.br/index.php/dignidaderevista/article/view/393>. Acesso em: 17 ago. 2021.

GIACOMONI, M. H.; ASCE, M.; KANTA, L.; ZECHMAN, E. M. Complex Adaptive Systems Approach to Simulate the Sustainability of Water Resources and Urbanization. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 139, n. 5, p. 554–564, set/2013. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000302](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000302). Acesso em: 30 jul. 2021.

GLESNE, C. **Becoming qualitative researchers: An introduction**. 5th Edition. London: Pearson, 2015.

GRIMM, N. B.; FAETH, S. H.; GOLUBIEWSKI, N. E.; REDMAN, C. L.; WU, J.; BAI, X.; BRIGGS, J. M. Global change and the ecology of cities. **Science**, v. 319, n. 5864, p. 756–760, feb/2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1150195>. Acesso em: 10 jul. 2021.

GUIMARÃES, L. F.; TEIXEIRA, F. C.; PEREIRA, J. N.; BECKER, B. R.; OLIVEIRA, A. K. B.; LIMA, A. F.; VERÓL, A. P.; MIGUEZ, M. G. The challenges of urban river restoration and the proposition of a framework towards river restoration goals. **Journal of Cleaner Production**, v. 316, set/2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128330>. Acesso em: 03 ago. 2021.

HABERSACK, H.; HEIN, T.; STANICA, A.; LISKA, I.; MAIR, R.; JAGER, E.; HAUER, C.; BRADLEY, C. Challenges of river basin management: Current status of, and prospects for, the River Danube from a river engineering perspective. **Science of the Total Environment**, v. 543, p. 828–845, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.123>. Acesso em: 11 ago. 2021.

HAMICHE, A. M.; STAMBOULI, A. B.; FLAZI, S. A review of the water-energy nexus. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 65, p. 319–331, nov/2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.020>. Acesso em: 11 ago. 2021.

HE, C. LIU, Z.; GOU, S.; ZHANG, Q.; ZHANG, J. XU, L. Detecting global urban expansion over the last three decades using a fully convolutional network. **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 3, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaf936>. Acesso em: 15 jul. 2021.

HOEKSTRA, A. Y.; MEKONNEN, M. M. The water footprint of humanity. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 109, n. 9, p. 3232–3237, fev/2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1109936109>. Acesso em: 27 ago. 2021.

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P.; KENNEDY, C. Environment: Waste production must peak this century. **Nature**, v. 502, n. 7473, p. 615–617, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/502615a>. Acesso em: 30 jul. 2021.

HU, R. Pollution control and remediation of rural water resource based on urbanization perspective. **Environmental Technology and Innovation**, v. 20, p. 101136, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101136>. Acesso em: 20 jul. 2021.

HU, X.; QIAN, Y.; PICKETT, C.; ZHOU, W. Urban mapping needs up-to-date approaches to provide diverse perspectives of current urbanization: A novel attempt to map urban areas with nighttime light data. **Landscape and Urban Planning**, v. 195, p. 103709, mar/2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103709>. Acesso em: 25 ago. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico, 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/santa-rita/pesquisa/23/27652?detalhes=true>. Acesso em: 01 set. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário, 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html. Acesso em: 24 mai. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/santa-rita/panorama>. Acesso em: 01 set. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Divisão de Geração de Imagens (DGI). Os satélites LANDSAT 5 e 7**. Disponível em: http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/CamerasLANDSAT57_PT.php. Acesso em: 10 mai. 2022.

JAIN, R. URBAN, L.; BALBACH, H.; WEBB, D. Generalized Approach for Environmental Assessment. **Handbook of Environmental Engineering Assessment**, 2012. p. 211–224.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-388444-2.00007-5>. Acesso em: 24 ago. 2021.

JIANG, L.; O'NEILL, B. C. Global urbanization projections for the Shared Socioeconomic Pathways. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 193–199, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.03.008>. Acesso em: 16 jul. 2021.

KHAN, M. A.; MARWAT, K. B.; GUL, B.; WAHID, F.; KHAN, H; HASHIM, S. *Pistia stratiotes* L.(Araceae): phytochemistry, use in medicines, phytoremediation, biogas and management options. **Pak J Bot**, v. 46, p. 851–860 2014. Disponível em: https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:45090247. Acesso em: 23 nov. 2022.

KUSS, A. V.; CARLAN, F. A.; BEHLING, G.M.; GIL, R. L. **Possibilidades metodológicas para a pesquisa em educação ambiental**. Pelotas: Editora Cruz, 2015. 160 p.

LACET, J. B. **Macrófitas aquáticas do Balneário das Águas Minerais – Santa Rita, PB**. 2014. 53 p. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade Estadual da Paraíba. UEPB, João Pessoa, 2014.

LEE, I.; HWANGB, H.; LEEC, J.; YUB, N.; YUNB, J.; KIMA, H.. Modeling approach evaluation of environmental impacts on river water quality: A case study with Galing River, Kuantan, Pahang, Malaysia. **Ecological Modelling**, v. 353, p. 167-173, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.01.021>. Acesso em: 01 nov. 2022.

LEFF, E. **Saber Ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. 9. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

LEITE, C. Conceitos e tendências do desenvolvimento urbano. In: CAVALCANTE, Felipe(Org.). **Comunidades planejadas**. Maceió: Viva Editora, 2014. p. 10-23.

LI, F.; LI, Z.; CHEN, H.; CHEN, Z.; LI, M. An agent-based learning-embedded model (ABM-learning) for urban land use planning: A case study of residential land growth simulation in Shenzhen, China. **Land Use Policy**, v. 95, p. 104620, jun/2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104620>. Acesso em: 03 ago. 2021.

LI, Q.; YANG, Y.; CATENA, M. R.; AHMAD, S.; JIA, H.; GUAN, Y. Multifactor-based spatio-temporal analysis of effects of urbanization and policy interventions on ecosystem service capacity: A case study of Pingshan River Catchment in Shenzhen city, China. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 6, p. 127263, set/2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127263>. Acesso em: 14 jan. 2022.

LIANG Z.; SIEGERT, M.; FANG, W., SUN, Y., JIANG, F.; LU, H.; CHEN, G. H; WANG, S. Blackening and odorization of urban rivers: a bio-geochemical process. **FEMS Microbiol Ecol**, v. 94, n. 3, p.180, mar/18. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/femsec/fix180>. Acesso em: 06 jan. 2022.

LIMA, E. R. V.; MOREIRA, E. R. F. Expansão canavieira e transformações no espaço agrário do Município de Santa Rita: O caso do núcleo de urbanização rural de Lerolândia. **Cadernos do Logepa - Série Monografias**, v.1, n 1, Jul-Dez, 2002.

LIU, X.; KONG, H.; ZHANG, S. Can urbanization, renewable energy, and economic growth make environment more eco-friendly in Northeast Asia? **Renewable Energy**, v. 169, p. 23–33, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.01.024>. Acesso em: 26 jul.

2021.

LOPES, L. H. M. Uso e Cobertura do Solo no Município de Tailândia-PA utilizando o TM/LANDSAT e técnica de classificação não-supervisionada. **ENGEVISTA**, v. 10, nº 2, p. 126-132, dez/2008. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/engevista.v10i2.219>. Acesso em: 25 ago. 2021.

LU, S. LIAN, Z.; SUN, H.; WU, X.; BAI, X.; WANG, C. Simulating trans-boundary watershed water resources conflict. **Resources Policy**, v. 73, p. 102139, mai/2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102139>. Acesso em: 08 ago. 2021.

MAPBIOMAS. **MapBiomass General “Handbook”**. 2022. Disponível em: https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/ATBD_Collection_7_v2.pdf. Acesso em: 28 dez. 2022.

MARÇAL, D. A.; SILVA, C. E. Avaliação do impacto do efluente da estação de tratamento de esgoto ETE-Pirajá sobre o rio Parnaíba, Teresina (PI). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 4, p. 761–772, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017148242>. Acesso em: 18 ago. 2021.

MARCHI, C. M. D. F. Meio ambiente e participação social: a importância do planejamento para o setor do saneamento básico. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 35, mar/2015. Disponível em: http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB. Acesso em: 17 ago. 2021.

MARTINS, D.; MARCHI, S. R.; COSTA, N. V.; CARDOSO, L. A.; RODRIGUES-COSTA, A. C. Levantamento de plantas aquáticas no reservatório de Salto Grande, Americanas – SP. **Planta daninha**, v. 29, n. 1, mar/2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000100025>. Acesso em: 06 ago. 2022.

MATIAS, J. **Nova expansão canavieira, mudanças espaciais e produtivas: o caso do município de Santa Rita – PB**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal da Paraíba, 2010.

MCDONALD, R. I.; KAREIVA, P.; FORMAN, R. T. T. The implications of current and future urbanization for global protected areas and biodiversity conservation. **Biological Conservation**, v. 141, n. 6, p. 1695–1703, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.025>. Acesso em: 30 jul. 2021.

MELO, T. A. T.; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. S. P.; ANTONINO, A. C. D.; CIRILO, J. A. Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. **Ambiente construído**, v. 14, n. 4, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000400011>. Acesso em: 16 jan. 2023.

MESHESHA, T. W.; TRIPATHI, S. K.; KHARE, D. Analyses of land use and land cover change dynamics using GIS and remote sensing during 1984 and 2015 in the Beressa Watershed Northern Central Highland of Ethiopia. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 2, p. 1-12, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0233-4>. Acesso em: 18 jan. 2022.

MEYER, A. Does education increase pro-environmental behavior? Evidence from Europe. **Ecological Economics**, v. 116, p. 108-121, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.04.018>. Acesso em: 18 jan. 2023.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P. BATTEMARCO, B. P.; YAMAMOTO, L. M. T.; BRITO, F. A. de; FERNANDEZ, F. F.; MERLO, M. L.; REGO, A. Q. A framework to support the urbanization process on lowland coastal areas: Exploring the case of Vargem Grande – Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 231, p. 1281-1293, set/2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.187>. Acesso em: 11 jan. 2022.

MIRANDA, C. V. **Salvinia (Salviniaceae) nas regiões sul e sudeste do Brasil**. 2017. 52 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal de Viçosa, 2017.

MOHAMED, A.; WORKU, H.; LIKA, T. Urban and regional planning approaches for sustainable governance: The case of Addis Ababa and the surrounding area changing landscape. **City and Environment Interactions**, v. 8, p. 100050, nov/2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2020.100050>. Acesso em: 10 jul. 2021.

MORAIS, L. S. **Degradação ambiental do rio Preto na cidade de Santa Rita – PB**. 2011. 47 p. Monografia (Licenciatura em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Estadual da Paraíba, 2011.

MOREIRA, A. D. R.; BOVE, C. P. Flora do Rio de Janeiro: Nymphaeaceae. **Rodriguésia**, v. 68, n. 1, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201768116>. Acesso em: 05 nov. 2022.

MOREIRA, E. R. F. **Os caras pintadas do suor e da fuligem da cana: um estudo das condições de vida, saúde e trabalho dos canavieiros mirins da cana**. Relatório Técnico de Pesquisa (CNPq), 1995.

MOTA, S. (1995). **Preservação e Conservação e Recursos Hídricos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: ABES. 1995. 200 p.

MUNIZ, G. V. M. **Bairros Planejados Contemporâneos: sustentabilidade e inovações tecnológicas**. 2019. 149 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2019.

MU, L.; FANG, L.; DOU, W.; WANG, C.; QU, X.; YU, Y. Urbanization-induced spatio-temporal variation of water resources utilization in northwestern China: A spatial panel model based approach. **Ecological Indicators**, v. 125, p. 107457, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107457>. Acesso em: 28 jul. 2021.

NASCIMENTO, F. P. Classificação da Pesquisa: natureza, método ou abordagem metodológica, objetivos e procedimentos. **In: Metodologia da Pesquisa Científica: teoria e prática – como elaborar TCC**. Brasília: Thesaurus, 2016.

NAVARRO, M.; D'AGOSTINO, A.; NERI, L. The effect of urbanization on subjective well-being: Explaining cross-regional differences. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 71, p. 100824, set/2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100824>. Acesso em: 28 jul. 2021.

NAYAN, N. K.; DAS, A.; MUKERJI, A.; MAZUMDER, T.; BERA, S. Spatio-temporal dynamics of water resources of Hyderabad Metropolitan Area and its relationship with urbanization. **Land Use Policy**, v. 99, p. 105010, dez/2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105010>. Acesso em: 20 jul. 2021.

NELSON, R. A. R. R. Da importância dos recursos hídricos e a organização administrativa para sua proteção. **Planeta Amazônia**, n. 9, p. 71-88, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18468/planetaamazonia.2017n9.p71-88>. Acesso em: 20 jul. 2021.

NÓBREGA, N. S. **As condições de trabalho dos trabalhadores canavieiros: o caso da Usina São João/Santa Rita – PB**. 2008. 48 p. Monografia (Licenciatura em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Estadual da Paraíba, 2008.

NXUMALO, M. M.; LALLA, R.; RENTERIA, J. L.; MARTIN, G. *Hydrocleys nymphoides* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Buchenau: first record of naturalization in South Africa. **BioInvasions Records**, v. 5, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3391/bir.2016.5.1.01>. Acesso em: 10 nov. 2022.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2018a. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/>. Acesso em 29 jun. 2021.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Urban population**. 2018b. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS>. Acesso em: 03 ago. 2021.

PATEL, S. Threats, management and envisaged utilizations of aquatic weed *Eichhornia crassipes*: an overview. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 11, p. 249-259, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11157-012-9289-4>. Acesso em: 23 nov. 2022.

PAULO, P. L.; GALBIATI, A. F.; MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; BERNARDES, F. S.; CARVALHO, G. A.; BONCZ, M. A. Evapotranspiration tank for the treatment, disposal and resource recovery of blackwater. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 147, 2019. Disponível em: <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.resconrec.2019.04.025>. Acesso em: 15 jan. 2023.

PEREIRA, C. S.; RODRIGUES, M. O. S.; BARROS, C. L. S.; ALMEIDA, B. L. N.; DIOGO, M. L. S. A. Identificação de impactos ambientais provocados pelo lançamento de resíduos sólidos e líquidos no Rio Itapecuru. **Nature and Conservation**, v. 13, n. 2, p. 58-66, 2020. Disponível em: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.002.0006>. Acesso em: 08 nov. 2022.

PEREZ, J. M. **Biofilme e macrófitas como ferramenta de biorremediação em ecossistemas aquáticos e tratamento de esgotos**. 2015. 169 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, 2015.

PETKOU, D.; ANDREA, V.; ANTHRAKOPOULOU, K. The impact of training environmental educators: environmental perceptions and attitudes of pre-primary and primary school teachers in Greece. **Education Sciences**, v. 11, n. 6, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/educsci11060274>. Acesso em: 08 já. 2022.

PMSR – Prefeitura Municipal de Santa Rita. **Plano Municipal de Saneamento, Santa Rita – PB**. Santa Rita, 2018a.

PMSR – Prefeitura Municipal de Santa Rita. **Relatório de Diagnóstico Ambiental, Santa Rita – PB**. Santa Rita, 2018b.

PMSR – Prefeitura Municipal de Santa Rita. **Prefeitura inaugurou o Viveiro de Mudas Florestais**. 2022. Disponível em: <https://www.santarita.pb.gov.br/prefeitura-inaugurou-o->

[viveiro-de-mudas-florestais/](#). Acesso em: 17 jan. 2023.

POFF, N. L. R.; MATTHEWS, J. H. Environmental flows in the Anthropocene: past progress and future prospects. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, n. 6, p. 667 – 675, dez/2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.11.006>. Acesso em: 05 ago. 2021.

POMPÊO, M. **Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros**. São Paulo, Instituto de Bio-ciências da USP, 2017. 138 p.

PRIYA, E. S.; SELVAN, P. S. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) – An efficient and economic adsorbent for textile effluent treatment – A review. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 10, n. 2, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.03.002>. Acesso em: 26 nov. 2022.

PROETTI, S. As Pesquisas Qualitativa E Quantitativa Como Métodos De Investigação Científica: Um Estudo Comparativo E Objetivo. **Revista Lumen**, v. 2, n. 4, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.32459/revistalumen.v2i4.60>. Acesso em: 14 set. 2021.

RAFIQ, S.; SALIM, R.; NIELSEN, I. Urbanization, openness, emissions, and energy intensity: A study of increasingly urbanized emerging economies. **Energy Economics**, v. 56, p. 20–28, mai/2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.ENECO.2016.02.007>. Acesso em: 31 jul. 2021.

REA, L. M.; PARKER, R. A. **Metodologia de pesquisa: do planejamento à execução**. São Paulo: Pioneira, 2000. 262 p.

REIS, I.; FERNANDES, C. E.; FERNANDES, L. I. F. Ocupação urbana: uso desordenado dos recursos hídricos no córrego João Cesário em Anápolis-GO. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 1, p.1116-1137, jan/2020. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/5984>. Acesso em: 10 jan. 2022.

REZENDE, G. B. M.; ARAÚJO, S. M. S. As cidades e as águas: ocupações urbanas nas margens de rios. **Revista de Geografia**, Recife, v. 33, n. 2, p. 119–135, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229173/23572>. Acesso em: 25 jul. 2021.

RODRIGUES, A. C. D.; SANTOS, A. M.; SANTOS, F. S.; PEREIRA, A. C. C.; SOBRINHO, N. M. B. A. Mecanismos de respostas das plantas à poluição por metais pesados: possibilidade de uso de macrófitas para remediação de ambientes aquáticos contaminados. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 1, p. 262-276, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20160017>. Acesso em: 16 nov. 2022.

ROSA, L. G.; SOUSA, J. T.; LIMA, V. L. A.; SILVA, M. M. P.; SILVA, L. M. A.; ARAUJO, G. H. Avaliação de impactos socioambientais de microempresas de lavagens de veículos: uma contribuição à gestão ambiental. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 23, mar/2012. Disponível em: https://www.abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/23-06_Materia_4_artigos306.pdf. Acesso em: 02 nov. 2022.

SABINO, J. H. F.; ARAÚJO, E. S.; COTARELLI, V. M.; SIQUEIRA FILHO, J. A.; CAMPELO, M. J. A. Riqueza, composição florística, estrutura e formas biológicas de macrófitas aquáticas em reservatórios do semiárido nordestino, Brasil. **Natureza online**, v. 13, n. 4, p. 184-194, 2015. Disponível em:

http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/Sabinoetal_184-194.pdf. Acesso em: 06 ago. 2022.

SANCHEZ, G. M.; TERANDO, A.; SMITH, J. W.; GARCÍA, A. M.; WAGNER, C. R.; MEENTEMEYER, R. K. Forecasting water demand across a rapidly urbanizing region. **Science of The Total Environment**, v. 730, p. 139050, ago/2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139050>. Acesso em: 02 ago. 2021.

SANING, A.; HEROU, S.; DECHTRIRAT, D.; IEOSAKULRAT, C.; PAKAWATPANURUT, P.; KAOWPHONG, S.; THANACHAYANONT, C.; TITIRICI, M. M.; CHUENCHOM, L. Green and sustainable zero-waste conversion of water hyacinth. **RSC Advances**, v. 42 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/D2RA01612E>. Acesso em: 26 nov. 2022.

SANTANA, J. A. A. **Santa Rita e seus vultos folclóricos**. João Pessoa: Sal da Terra Editora, 2006. 206p.

SANTOS, F. H. M. **A produção do espaço urbano numa área periférica da “Grande João Pessoa”: o caso do bairro Tibiri, na cidade de Santa Rita/PB**. 2019. 75 p. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal da Paraíba, 2019.

SANTOS, G. B.; SOUZA, E. B.; SOUZA, J. J.; INVENÇÃO, F. S.; SOBRINHO, E. L.; SOUSA, L. R. O. Bioquímica ambiental: as macrófitas aquáticas como fitorremediadoras e bioindicadoras de poluentes. **Revista Macambira**, v. 4, n.2, jul/dez, 2020. Disponível em: <https://orcid.org/0000-0002-1051-2881>. Acesso em: 16 nov. 2022.

SANTOS, L. B. D. Rios urbanos brasileiros, um bem comum poluído. **ESCENÁRIOS: empresa y territorio**, v. 7, n.9, p. 9-12, jan-jun/2018. Disponível em: <http://revistas.esumer.edu.co/index.php/escenarios/article/view/27>. Acesso em: 29 jun. 2021.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. 5ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo 2008.

SARDINHA, D. S.; CONCEIÇÃO, F. T.; GODOY, L. H. Índice de análise ambiental simplificado na avaliação de impactos nos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Ribeirão do Meio, Leme, São Paulo, Brasil. **Augmdomus**, v. 2, n. 0, p. 82 – 97, 2010. Disponível em: <http://revistas.unlp.edu.ar/index.php/domus/issue/current/showtoc>. Acesso em: 10 jun. 2021.

SARDINHA, D. S.; GODOY, L. H. O crescimento urbano desordenado e o impacto nos recursos hídricos superficiais de Uberaba (MG). **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 4, n. 23, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17271/2318847242320161303>. Acesso em: 10 ago. 2021.

SAUVÉ, L. Educação ambiental: possibilidades e limitações. **Educação e Pesquisa**, v. 31, n. 2, p. 317–322, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-97022005000200012>. Acesso em: 31 ago. 2021.

SCANNELL, L.; GIFFORD, R. The relations between natural and civic place attachment and pro-environmental behavior. **Journal of Environmental Psychology**, v. 30, n. 3, p. 289–297, set/2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2010.01.010>. Acesso em: 27 ago. 2021.

SCIENTEC. **Medições de vazão e caracterização da curva de recessão do hidrograma do Rio Tibiri para a elaboração do projeto de ampliação do Sistema de Abastecimento de Água da cidade de Santa Rita – PB.** João Pessoa: SCIENTEC, 2009

SERVILHERI, J. G.; OLIVEIRA, F. H.; LEMES, W. F.; BARBOSA, J. F. Uso de poleiros artificiais na recomposição do banco de sementes em áreas de mata ciliar. **Revista Uningá Review**, v. 36, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.46311/2178-2571.36.eURJ3713>. Acesso em: 22 nov. 2022.

SETO, K. C.; GÜNERALP, B.; HUTYRA, L. R. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 109, n. 40, out/2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109>. Acesso em: 24 jul. 2021.

SETO, K. C.; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, R.; FRAGKIAS, M. The new geography of contemporary urbanization and the environment. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 35, p. 167–194, ago/2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-100809-125336>. Acesso em: 24 jul. 2021.

SHACKLETON, R. T.; RICHARDSON, D. M.; SHACKLETON, C. M.; BENNETT, B.; CROWLEY, S. L.; SCHMUTZ, K. D.; ESTÉVES, R. A.; FISCHER, A.; KUEFFER, C.; KULL, C. A.; MARCHANTE, E.; NOVOA, A.; POTGIETER, L. J.; VAAS, J.; VAZ, A. S.; LARSON, B. M. H. Explaining people’s perceptions of invasive alien species: A conceptual framework. **Journal of Environmental Management**, v. 229, p. 10–26, jan/2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.04.045>. Acesso em: 8 set. 2021.

SIMBERLOFF, D.; MARTIN, J. L.; GENOVESI, P.; MARIS, V.; WARDLE, D. A.; ARONSON, J.; COURCHAMP, F.; GALIL, B.; GARCÍA-BERTHOU, E.; PASCAL, M.; PYSEK, P.; SOUSA, R.; TABACCHI, E.; VILA, M. Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 28, n. 1, p. 58-66, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.07.013>. Acesso em: 26 nov. 2022.

SILVA, A. L.; PEREIRA, N. F.; MORAIS, S. A. Avaliação da vulnerabilidade ambiental à susceptibilidade erosiva no alto curso da sub-bacia do rio Tibiri, Santa Rita – PB. **In: Anais XV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste.** 2020 Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/130/XV-SRHNE0065-1-20200719-131430.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

SILVA, C. B.; LIPORONE, F. Deposição irregular de resíduos sólidos domésticos em Uberlândia: algumas considerações. **OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 2, n. 6, p. 22-35, abr/2011. Disponível em: <http://www.observatorium.ig.ufu.br/pdfs/2edicao/n6/3.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2023.

SILVA, D. D.; MIGLIORI, R. B.; SILVA, E. C.; LIMA, Z. M.; MOURA, I. B. Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático: Região do bairro Pedra Noventa, Cuiabá (MT). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 43–52, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014000100005>. Acesso em: 17 ago. 2021.

SILVA, D. S.; MARQUES, E. E.; LOLIS, S. F. Macrófitas aquáticas: “vilãs ou mocinhas”? **Revista Interface (Porto Nacional)**, n. 4, 2012. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/interface/article/view/355/251>. Acesso em: 05

nov. 2022.

SILVA, F. B. **O sistema de abastecimento d'água da cidade de Santa Rita – PB**. 2016. 58 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal da Paraíba. UFPB, João Pessoa, 2016.

SILVA, L. F.; RUSSO, R. D. F. S. M. Aplicação de entrevistas em pesquisa qualitativa. **Revista de Gestão e Projetos**, v. 10, n. 1, p. 1–6, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/gep.v10i1.13285>. Acesso em: 14 set. 2021.

SILVA, M. N.; SOUSA, E. F.; VALONES, G. Gestão pública dos resíduos sólidos. In: MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O. (org). **Resíduos sólidos: gestão pública e privada**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, p. 142-154. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/331160786_Residuos_solidos_Gestao_publica_e_privada. Acesso em: 09 nov. 2022.

SILVA, R. F.; SANTOS, V. A.; GALDINO, S. M. Análise dos impactos ambientais da Urbanização sobre os recursos hídricos na sub-bacia do Córrego Vargem Grande em Montes Claros-MG. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 47, p. 966, set-dez/2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5752/p.2318-2962.2016v26n47p966>. Acesso em: 29 jun. 2021.

SILVEIRA, L. R.; TATTO, J.; MANDAI, P. Biorremediação: considerações gerais e características do processo. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 13, n. 2, p. 32-47, 2016. Disponível em: <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=1355>. Acesso em: 19 jan. 2023.

SMAALI, A.; BERKANI, M.; MEROUANE, F.; LE, V. T.; VASSEGHIAN, Y.; RAHIM, N.; KOUACHI, M. Photocatalytic-persulfate-oxidation for diclofenac removal from aqueous solutions: Modeling, optimization and biotoxicity test assessment. **Chemosphere**, v. 266, p. 129158, mar/2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129158>. Acesso em: 11 ago. 2021.

SMITH, W. S.; SILVA, F. L.; BIAGIONI, R. C. River Dredging: when the public power ignores the causes, biodiversity and science. **Ambiente & Sociedade**, v. 22, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0057r1vu19L1AO>. Acesso em: 28 jan. 2022.

SNIS - Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (2020). **Série histórica de água e esgoto**. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/serieHistorica>. Acesso em: 23 nov. 2022.

SNIS - Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (2020). **Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/serieHistorica>. Acesso em: 09 nov. 2021.

SOUSA, C. E. **Avaliação de sistemas biorremediadores em efluentes da lagoa facultativa da Estação de Tratamento de Esgotos em Mangabeira, João Pessoa/PB**. 2015. 75p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, 2015.

SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 2, p. 9-18, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v17n2.p9-18>. Acesso em: 25 jan. 2022.

SOUZA, K. I. S.; CHAFFE, P. L. B.; NOGUEIRA, T. M. P.; PINTO, C. R. S. C. Environmental damage of urbanized stream corridors in a coastal plain in Southern Brazil. **Ocean & Coastal Management**, v. 211, p. 105739, out/2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105739>. Acesso em: 12 ago. 2021.

SOUZA, M. L. **Uso do biofilme perifítico em testes ecotoxicológicos: uma abordagem ecológica da contaminação em reservatório**. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de São Paulo. São Paulo. 147 p. 2019.

SOUZA, M. S. Meio ambiente urbano e saneamento básico. **Mercator**, v. 1, n. 1, 2002. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/194>. Acesso em: 17 ago. 2021.

SUESS, R. C.; BEZERRA, R. G.; SOBRINHO, H. D. C. Percepção ambiental de diferentes atores sociais sobre o lago Do Abreu em Formosa – Go. **Holos**, v. 6, p. 241, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.15628/holos.2013.1287>. Disponível em: 31 ago. 2021.

SUNADA, N. S. **Compostagem de resíduo sólido de abatedouro avícola**. Ciência Rural, s.l., v. 45, n. 1, p.178-183, jan. 2015.

TARSITANO, E.; ROSA, A. G.; POSCA, C.; PETRUZZI, G.; MUNDO, M. COLAO, M. A sustainable urban regeneration project to protect biodiversity. **Urban Ecosyst**, v. 24, p. 827–844, dez/2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11252-020-01084-1>. Disponível em: 06 jan. 2022.

TING, W. H. T.; TAN, I. A.W.; SALLEH, S. F.; WAHAB, N. A. Application of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) for phytoremediation of ammoniacal nitrogen: A review. *Journal of Water Process Engineering*, v. 22, p. 239-249. Disponível em: <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.jwpe.2018.02.011>. Acesso em: 26 nov. 2022.

TUAN, Y. F. **Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente**. São Paulo: DIFEL. 1980.

UCHIDA, K.; BLAKEY, R. V.; BURGER, J. R.; COOPER, D. S.; NIESNER, C. A.; BLUMSTEIN, D. T. Urban biodiversity and the importance of scale. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 36, n. 2, p. 123-131, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.10.011>. Acesso em: 24 jul. 2021.

UFPB – Universidade Federal da Paraíba. **Projeto da UFPB desenvolve novo modelo de ecofossa que permite reúso de água após tratamento de efluentes de esgoto**. 2022. Disponível em: <https://www.ufpb.br/ufpb/contents/noticias/projeto-da-ufpb-desenvolve-novo-modelo-de-ecofossa-que-permite-reuso-de-agua-apos-tratamento-de-efluentes-de-esgoto>. Acesso em: 23 jan. 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/santa-rita/panorama>. Acesso em: 01 set. 2021.

VAEZA, R. F.; FILHO, P. C. O.; MAIA, A. G.; DISPERATI, A. A. Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. **Floram**, vol.17, n. 1, p. 23-29, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2011.003>. Acesso em: 17 jan. 2022.

VASSEGHIAN, Y.; BERKANI, M.; ALMOMANI, F.; DRAGOI, E. N. . Data mining for pesticide decontamination using heterogeneous photocatalytic processes. **Chemosphere**, v. 270, p. 129449, mai/2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129449>. Acesso em: 03 ago. 2021.

VAZ, L.; ORLANDO, P. H. K. Importância das matas ciliares para manutenção da qualidade das águas de nascentes: Diagnóstico do ribeirão Vai-Vem de Ipameri-GO. **Encontro Nacional de Geografia Agrária**, Uberlândia, out. 2012. Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Disponível em: http://www.lagea.ig.ufu.br/xxlenga/anais_enga_2012/eixos/1035_1.pdf. Acesso em: 03 nov. 2022.

VERGOLINO, J. R.; DANTAS, M. Os determinantes do processo de urbanização da Região Nordeste do Brasil: 1970-1996. **Revista de Economia**, v. 31, n. 2, p. 7–33, jul/dez. 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/re.v31i2.5574>. Acesso em: 27 jul. 2021.

VILAR, J. B. B.; SANTOS, V. S.; DUARTE, A. E.; SANAVRIA, A. Eficiência de um filtro de remediação (TEVAP) na remoção de poluentes em efluentes suínos. **Vigilância sanitária em debate**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 94-101, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.22239/2317-269x.01226>. Acesso em: 15 jan. 2022.

WEBB, R. BAI, X.; SMITH, M. S.; COSTANZA, R.; GRIGGS, D.; MOGLIA, M.; NEUMAN, M.; NEWMAN, P.; NORMAN, B.; RYAN, C.; SCHANDL, H.; STEFFEN, W.; TAPPER, N.; THOMSON, G. Sustainable urban systems: Co-design and framing for transformation. **Ambio**, v. 47, n. 1, p. 57–77, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13280-017-0934-6>. Acesso em: 03 ago. 2021.

WENZEL, A.; GRASS, I.; BELAVADI, V. V.; TSCHARNTKE, T. How urbanization is driving pollinator diversity and pollination – A systematic review. **Biological Conservation**, v. 241, p. 108321, nov/2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108321>. Acesso em: 30 jul. 2021.

WOHL, E.; ANGERMEIER, P. L.; BLEDSOE, B.; KONDO, G. M; MACDONNELL, L.; MERRITT, D. M.; PALMER, M. A.; POFF, N. L.; TARBOTON, D. River restoration. **Water Resources Research**, v. 41, n. 10, out/2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2005WR003985>. Acesso em: 25 jan. 2022.

YANG, Y.; CHEN, H.; AL, M. A.; NDAYISHIMIYE, J. C.; YANG, J. R.; ISABWE, A.; LUO, A.; YANG, J. Urbanization reduces resource use efficiency of phytoplankton community by altering the environment and decreasing biodiversity. **Journal of Environmental Sciences**, v. 112, p. 140–151, fev/2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2021.05.001>. Acesso em: 10 abr. 2022.

ZHANG, Z.; PENG, J.; XU, Z. ; WANG, X.; MEERSMANS, J. Ecosystem services supply and demand response to urbanization: A case study of the Pearl River Delta, China. **Ecosystem Services**, v. 49, p. 101274, mar/2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101274>. Acesso em: 20 jul. 2021.

ZHOU, Y.; LI, X.; ASRAR, G. R.; SMITH, S. J.; IMHOFF, M. A global record of annual urban dynamics (1992–2013) from nighttime lights. **Remote Sensing of Environment**, v. 219, p. 206–220, dez/2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.10.015>. Acesso em: 25 ago. 2021.

APÊNDICES

Apêndice 1: Questionário de Percepção Ambiental

QUESTIONÁRIO

Informações gerais:

1. Sexo: Masculino Feminino

2. Faixa etária:

18 - 30 31 - 45

46 - 60 Acima de 60 anos

3. Escolaridade

Fundamental Completo

Médio Completo

Superior Completo

Pós-Graduação

Informações sobre moradia:

4. Bairro de moradia:

Alto das Populares

Centro

Loteamento

Marcos Moura

Tibiri

5. Tipo de moradia:

Alugada

Financiada

Própria

6. Quantidade de moradores:

7. Motivação para morar em Santa Rita:

Familiar

Trabalho

Localização

Outra motivação

Preço do imóvel Qual? _____

8. Tempo que mora em Santa Rita:

Informações sobre urbanização:

9. Na sua opinião, a urbanização traz algum problema para o meio ambiente?

Não Sim

Qual? _____

Informações sobre saneamento básico:

10. Qual a fonte de abastecimento de água da sua residência?

Poço artesiano

Rede de abastecimento

Não sabe responder

11. Você sabe qual o rio serve como fonte de abastecimento de água para a sua residência?

Não Sim

Qual? _____

12. Qual o sistema de esgotamento sanitário da sua residência?

Fossa séptica

Rede de esgoto

Não sabe responder

13. Você tem identificado descarte incorreto de esgoto nos rios de Santa Rita?

Não Sim

O que esse problema pode causar?

14. Qual o destino do lixo da sua residência?

Coleta da prefeitura

Incineração

Rios

Terreno baldio

Outro Qual? _____

15. Você tem identificado descarte incorreto de lixo nos rios de Santa Rita?

Não Sim

O que esse problema pode causar?

Informações sobre uso dos recursos hídricos:

16. Quais são os seus usos diretos e/ou indiretos do rio/açude Tibiri?

17. Qual o grau de importância que você atribui ao rio/açude Tibiri?

Sem importância

Pouco importância

Importante

Muita importância

18. Você identifica mudanças no tipo de uso dos rios de Santa Rita ao longo do tempo?

Não Sim

Se a resposta for sim, responda a pergunta a seguir:

Quais? _____

Você acha que a urbanização contribuiu com essas mudanças?

Não Sim

19. Você considera o Rio Tibiri poluído?

Não Sim

Se a resposta for sim, responda:

Quem são os responsáveis pela poluição?

O que deve ser feito para melhorar a qualidade das águas do Rio Tibiri?

Apêndice 2: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa: **CRESCIMENTO URBANO, IMPACTOS AMBIENTAIS E PERCEPÇÃO AMBIENTAL NA SUB-BACIA DO RIO TIBIRI, SANTA RITA - PARAÍBA**, desenvolvido por **FELIPE JULIÃO PEREIRA**, aluno regularmente matriculado no Curso de Pós-Graduação do Programa de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), sob a orientação do Professor Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima.

Os objetivos deste estudo são: avaliar os impactos ambientais na sub-bacia do rio Tibiri em Santa Rita, Paraíba, decorrentes do processo de urbanização; analisar a influência da urbanização e seus impactos no rio e no açude Tibiri; levantar e comparar os usos do passado e atuais do rio Tibiri; avaliar a percepção dos moradores da sub-bacia hidrográfica do rio Tibiri e do entorno sobre a situação ambiental dos recursos hídricos e dos serviços de saneamento básico; e propor medidas de intervenções e melhorias no curso do rio e no açude Tibiri.

Justifica-se o presente estudo por se tratar de uma temática relevante, tendo em vista que os recursos hídricos na cidade de Santa Rita, Paraíba estão sofrendo com diversos impactos antrópicos, dessa forma, identificar esses impactos e propor medidas de mitigação desses fenômenos são fundamentais para a preservação desses ambientes que possuem grande riqueza para a comunidade local.

A participação do (a) Sr. (a) na presente pesquisa é de fundamental importância, mas será voluntária, não lhe cabendo qualquer obrigação de fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelos pesquisadores se não concordar com isso, bem como, participando ou não, nenhum valor lhe será cobrado, como também não lhe será devido qualquer valor.

Caso decida não participar do estudo ou resolver a qualquer momento de ele desistir, nenhum prejuízo lhe será atribuído, sendo importante o esclarecimento de que os riscos da sua participação são considerados mínimos, limitados à possibilidade de eventual desconforto psicológico ao responder o questionário que lhe será apresentado, enquanto que, em

contrapartida, os benefícios obtidos com este trabalho serão importantíssimos e traduzidos em esclarecimentos para a população estudada.

Em todas as etapas da pesquisa serão fielmente obedecidos os Critérios da Ética em Pesquisa com Seres Humanos, conforme Resolução nº. 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, que disciplina as pesquisas envolvendo seres humanos no Brasil.

Solicita-se, ainda, a sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos científicos ou divulgá-los em revistas científicas, assegurando-se que o seu nome será mantido no mais absoluto sigilo por ocasião da publicação dos resultados. Caso a participação de vossa senhoria implique em algum tipo de despesas, as mesmas serão ressarcidas pelo pesquisador responsável, o mesmo ocorrendo caso ocorra algum dano.

Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Eu, _____, declaro que fui devidamente esclarecido (a) quanto aos objetivos, justificativa, riscos e benefícios da pesquisa, e dou o meu consentimento para dela participar e para a publicação dos resultados, assim como o uso de minha imagem nos slides destinados à apresentação do trabalho final. Estou ciente de que receberei uma cópia deste documento, assinada por mim e pelo pesquisador responsável, como trata-se de um documento em duas páginas, a primeira deverá ser rubricada tanto pelo pesquisador responsável quanto por mim.

Santa Rita – PB, _____ / _____ de 2022

Felipe Julião Pereira
Pesquisador Responsável

Participante da Pesquisa

Pesquisador Responsável: Felipe Julião Pereira

Endereço do Pesquisador Responsável: Rua Arara, 37 – Bairro dos Municípios – Santa Rita - PB - CEP: 58.302-465 -
Telefone: 98891-703 - E-mail: felipjpereira@gmail.com

E-mail do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba:
eticaccs@ccs.ufpb.br – fone: (83) 3216-7791 – Fax: (83) 3216-7791

Endereço: Cidade Universitária – Campus I – Conj. Castelo Branco – CCS/UFPB – João Pessoa-PB - CEP 58.051-900

ANEXOS

Anexo 1: Parecer do Comitê de Ética – Plataforma Brasil

DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: CRESCIMENTO URBANO E IMPACTOS AMBIENTAIS EM UMA SUB-BACIA URBANA NO NORDESTE BRASILEIRO
 Pesquisador Responsável: FELIPE JULIAO PEREIRA
 Área Temática:
 Versão: 3
 CAAE: 54488921.6.0000.5188
 Submetido em: 17/05/2022
 Instituição Proponente: Universidade Federal da Paraíba
 Situação da Versão do Projeto: Aprovado
 Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável
 Patrocinador Principal: Financiamento Próprio



Comprovante de Recepção:  PB_COMPROVANTE_RECEPCAO_1939301

DOCUMENTOS DO PROJETO DE PESQUISA

Tipo de Documento	Situação	Arquivo	Postagem	Ações
<ul style="list-style-type: none"> ▼ Versão Atual Aprovada (E2) - Versão 3 <ul style="list-style-type: none"> ▼ Pendência Documental (E2) - Versão 3 <ul style="list-style-type: none"> ▼ Documentos do Projeto <ul style="list-style-type: none"> Comprovante de Recepção - Submissã Cronograma - Submissão 2 Folha de Rosto - Submissão 2 Informações Básicas do Projeto - Subm Orçamento - Submissão 2 Outros - Submissão 2 Projeto Detalhado / Brochura Investigac TCLE / Termos de Assentimento / Justif ▼ Apreciação 2 - Centro de Ciências da Saúd ▼ Projeto Completo 				