



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DA FALTA DE DRENAGEM URBANA  
NO RIACHO SÃO SEBASTIÃO EM PATOS-PB**

**ISLANNY DE ANDRADE LEITE ANASTACIO**

**POMBAL-PB  
2023**

**ISLANNY DE ANDRADE LEITE ANASTACIO**

**AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DA FALTA DE DRENAGEM URBANA  
NO RIACHO SÃO SEBASTIÃO EM PATOS-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharela em Engenharia Civil.

**Orientador:** Prof. Dr. José Cleidimário Araújo Leite

**Coorientador:** Prof. Dr. Camilo Allyson Simões de Farias

**POMBAL-PB  
2023**

A534a Anastacio, Islanny de Andrade Leite.

Avaliação de impacto ambiental da falta de drenagem urbana no Riacho São Sebastião em Patos - PB / Islanny de Andrade Leite Anastacio. – Pombal, 2023.

92 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Prof. Dr. José Cleidimário Araújo Leite, Prof. Dr. Camilo Allyson Simões de Farias”.

Referências.

1. Saneamento ambiental. 2. Corpos hídricos urbanos. 3. Cidades sustentáveis. I. Leite, José Cleidimário Araújo. II. Farias, Camilo Allyson Simões de. III. Título.

CDU 628 (043)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO  
DE CURSO**

**ISLANNY DE ANDRADE LEITE ANASTACIO**

**AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DA FALTA DE DRENAGEM URBANA  
NO RIACHO SÃO SEBASTIÃO EM PATOS-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso da discente Islanny de Andrade Leite Anastacio, **APROVADO** em 06 de dezembro de 2023 pela Comissão Examinadora composta pelos (as) membros (as) abaixo relacionados (as), como requisito para obtenção do grau de ENGENHEIRO (A) CIVIL, pela Universidade Federal de Campina Grande.

Registre-se e publique-se.



---

Prof. Dr. José Cleidimário Araújo Leite  
Orientador (a) - UFCG/*Campus* de Pombal-PB

**CAMILO ALLYSON SIMOES** DE FARIAS:03542044407  
Digitally signed by CAMILO ALLYSON  
SIMOES DE FARIAS:03542044407 Date:  
2023.12.13 09:17:04 -03'00'

---

Prof. Dr. Camilo Allyson Simões de Farias  
Coorientador (a) - UFCG/*Campus* de Pombal-PB

 ERICA CRISTINE MEDEIROS MACHADO  
Data: 13/12/2023 12:07:17-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof (a). Dra Erica Cristine Medeiros Machado  
Examinador (a) Interno (a) - UFCG/*Campus* de Pombal-PB



---

Mestrando Lucas Gomes de Medeiros  
Examinador (a) Externo (a) - UFPB/*Campus* de João Pessoa-PB

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, eu agradeço a Deus, por sua guia e proteção, e por me dar forças para que eu não desistisse de mim.

Agradeço ao meu orientador, Dr. José Cleidimário Araújo Leite, pela excelente orientação, por todo o conhecimento passado na disciplina de “Avaliação de Impactos Ambientais”, que me deixou, cada vez mais, admirada pela vertente ambiental e da sustentabilidade. Agradeço também, por todo apoio, paciência e compreensão durante meu tratamento de saúde.

Agradeço ao Dr. Camilo Allyson Simões de Farias, por se dispor a me ajudar na orientação, agregando valor e conhecimento no Trabalho de Conclusão de Curso.

Agradeço à Dra. Erica Cristine Medeiros Machado, por aceitar participar da Banca Examinadora e contribuir com o presente trabalho.

Agradeço ao meu amigo, Lucas Gomes de Medeiros, por todos os momentos divididos durante a graduação e no apartamento, por sempre ser meu apoio quando precisei e por disponibilizar seu tempo para contribuir com este estudo.

Agradeço à toda minha família, em especial minha avó Rosa, por todo o apoio dado durante a graduação, e por não medir esforços para que eu conseguisse concluir o curso.

Agradeço à Coordenação de Curso de Engenharia Civil e demais colaboradores do *Campus* da UFCG em Pombal-PB, por toda ajuda ofertada durante a graduação, especialmente, nessa etapa final.

Agradeço a Renata e Eduardo, por todo auxílio dado à causa animal no *Campus* da UFCG em Pombal-PB.

Agradeço aos (às) professores (as) da graduação, em especial, Ricélia Maria M. Sales e Luís Gustavo de Lima Sales, por todo conhecimento enriquecedor durante essa trajetória.

Agradeço a técnica de laboratório, Andréa Karla Gouveia Cavalcanti, por toda ajuda dada no Laboratório de Geoprocessamento da Unidade Acadêmica de Ciência e Tecnologia Ambiental (UACTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Agradeço à Psicóloga, Paula Magna, e à Psiquiatra, Dra. Caliandra de Vasconcelos, pelo excelente acompanhamento e por serem o diferencial no meu tratamento.

Agradeço a todos os meus amigos, em especial a Vicente Obede, por toda ajuda e apoio dado para eu chegar até aqui.

Por fim, agradeço a todos os meus colegas de curso e de trabalho pelas experiências trocadas nesses anos que se passaram.

*"Vencedores são pessoas comuns que aprenderam  
a vencer suas dores sem desistir".  
(Ana Beatriz Barbosa Silva)*

ANASTACIO, I. A. L. **Avaliação de Impacto Ambiental da falta de drenagem urbana no Riacho São Sebastião em Patos-PB**. 2023. 92 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2023.

## RESUMO

Um dos problemas mais perceptíveis nos centros urbanos brasileiros é a ineficiência e/ou ausência de drenagem e manejo das águas pluviais, que é um dos eixos do saneamento básico. Frequentemente desconsiderada pelas autoridades públicas, a drenagem urbana, quando inadequada, pode resultar em situações calamitosas para a população, principalmente, nos períodos de chuvas. Essa problemática reforça a necessidade de estudar os impactos ambientais gerados, para que os governantes tenham um norte na criação de políticas públicas condizentes com a realidade local de cada município. Com base no exposto, neste estudo, teve-se por objetivo avaliar os impactos ambientais decorrentes da falta de drenagem urbana no Riacho São Sebastião em Patos-PB. Para a realização da pesquisa, a metodologia empregada baseou-se em pesquisas bibliográficas, visitas de campo, registros fotográficos e aplicação de ferramentas de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), em que se fez o levantamento das atividades antrópicas, o diagnóstico simplificado das condições de drenagem, a identificação e análise dos aspectos e impactos ambientais, a proporção de medidas de controle e planos e programas ambientais. A partir dos resultados, verificou-se uma precariedade no manejo das águas pluviais e na drenagem urbana na área de estudo, em que se identificaram 68 impactos ambientais, sendo todos adversos e 42,65% classificados como “Muito Significativo” e 57,35% “Significativos”. Para os impactos ambientais significativos e muito significativos, sugeriram-se medidas de controle ambiental, destacando-se: elaborar um Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU); implantar um sistema de macrodrenagem sustentável no Riacho São Sebastião; promover a ampliação e a adequação sustentável do sistema de microdrenagem. Dos planos e programas ambientais propostos, destacam-se: Plano de Monitoramento da Qualidade das Águas dos Corpos Hídricos no município de Patos-PB e o Programa de Controle e Monitoramento das Ações do Saneamento Básico da cidade de Patos-PB. Este estudo permitiu analisar a situação ambiental do Riacho São Sebastião e de suas adjacências, e perceber que as problemáticas identificadas na área de influência são comuns em diversos centros urbanos, devido a não haver ações e projetos sustentáveis no manejo de águas pluviais e na drenagem urbana. A pesquisa foi aprofundada com as ferramentas de AIA, propondo medidas que contribuirão para o desenvolvimento sustentável da área e minimizar os transtornos sofridos pela população local.

**Palavras-chaves:** Saneamento ambiental. Corpos hídricos urbanos. Cidades sustentáveis.

ANASTACIO, I. A. L. **Environmental Impact Assessment of the lack of urban drainage in São Sebastião River in Patos-PB.** 2023. 92 p. Work of Course Conclusion (Graduation in Civil Engineering) - Federal University of Campina Grande, Pombal-PB. 2023.

### ABSTRACT

One of the most noticeable problems in Brazilian urban centers is the inefficiency and/or absence of drainage and rainwater management, which is one of the axes of basic sanitation. Often disregarded by public authorities, urban drainage, when inadequate, can result in calamitous situations for the population, especially in periods of rainfall. This problem reinforces the need to study the environmental impacts generated, so that governments have a north in the creation of public policies consistent with the local reality of each municipality. Based on the above, this study aimed to evaluate the environmental impacts resulting from the lack of urban drainage in the São Sebastião Stream in Patos-PB. To carry out the research, the methodology used was based on bibliographic research, field visits, photographic records and the application of Environmental Impact Assessment (EIA) tools, in which the survey of anthropic activities was made, the simplified diagnosis of drainage conditions, the identification and analysis of the impacts present, the proportion of control measures and environmental plans and programs. From the results, there was a precariousness in the management of rainwater and urban drainage in the stream and its surroundings, in which 68 environmental impacts were identified, all of which were adverse and 42.65% “Very Significant” and 57.35% “Significant”. For the significant and very significant environmental impacts, environmental control measures were suggested, highlighting: developing an Urban Drainage Master Plan (UDMP); implementing a sustainable macro-drainage system in the São Sebastião Stream; promoting the expansion and sustainable adequacy of the microdrainage system. Of the proposed environmental plans and programs, the following stand out: Water Quality Monitoring Plan of Water Bodies in the municipality of Patos-PB and the Program of Control and Monitoring of Basic Sanitation Actions of the city of Patos-PB. This study allowed us to analyze the environmental situation of the São Sebastião stream and its surroundings, and to realize that the problems identified in the area of influence are common in several urban centers, due to the fact that there is no sustainability in the management of rainwater and urban drainage. The research was deepened with the EIA tools, proposing measures that will contribute to the sustainable development of the area and minimize the disorders suffered by the local population.

**Keywords:** Environmental sanitation. Urban water bodies. Sustainable cities.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação de um sistema de microdrenagem .....	18
Figura 2 - Concepção estratégica da gestão integrada das águas urbanas.....	27
Figura 3 - Relações entre os sistemas das águas urbanas.....	27
Figura 4 - Características dos leitos do rio.....	29
Figura 5 - Balanço hídrico afetado pela urbanização.....	30
Figura 6 - Inundações no entorno do Rio Espinharas em Patos-PB em 01 de abril de 2009...	33
Figura 7 - Imagem de trecho do Canal do Frango.....	34
Figura 8 - Comparação das seções do canal do riacho do frango.....	35
Figura 9 - Pico de cheia do canal do frango em diversos trechos.....	36
Figura 10 - Pico de cheia do canal do frango.....	36
Figura 11 - Localização de Patos-PB.....	40
Figura 12 - Mapa da zona urbana de Patos-PB.....	41
Figura 13 - Áreas cortadas pelo riacho São Sebastião.....	42
Figura 14 - Bacia Hidrográfica do Riacho São Sebastião.....	42
Figura 15 - Etapas metodológicas do estudo.....	43
Figura 16 - Delimitação e Mapeamento da Área de Influência.....	49
Figura 17 - Zoneamento das quadras, lotes, avenidas e ruas no entorno do Riacho São Sebastião. .....	50
Figura 18 - Atacadão e residências construídas no leito do Riacho São Sebastião.....	51
Figura 19 - Residências construídas no leito do Riacho São Sebastião na rua Alameda Canal. .....	51
Figura 20 - (a) Leito natural do Riacho São Sebastião; (b) Leito atual.....	52
Figura 21 - Desvio forçado do leito do riacho para a rua Euclides Gouveia de Lima.....	52
Figura 22 - Lava a Jato construído nas margens do riacho na rua Antônio Félix.....	53
Figura 23 - Residências construídas nas ruas (a) Pedro Saraiva Moura e (b) Euclides Gouveia de Lima.....	53
Figura 24 - Atividades agropecuárias no (a) Lot. Wantuy da Silva Martins e nas ruas (b) Pedro Saraiva Moura e (c) João Mariano de Oliveira.....	54
Figura 25 - Vegetação invasora no leito e margens do riacho nas ruas (a) Alameda Canal e (b) Euclides Gouveia de Lima.....	54
Figura 26 - Capina no leito e margens do riacho nas Ruas. (a) Alameda Canal e (b) Euclides Gouveia de Lima.....	55
Figura 27 - Destinação de resíduos sólidos no entorno e no leito do riacho na rua Euclides Gouveia de Lima.....	55
Figura 28 - Destinação de resíduos sólidos no entorno e no leito do Riacho na rua Antônio Félix. .....	56
Figura 29 - Lançamento irregular de efluentes domésticos e comerciais nas ruas (a) João Mariano de Oliveira e (b) Pedro Saraiva Moura.....	56
Figura 30 - Rua Euclides Gouveia de Lima inundada após cheia do Riacho São Sebastião ...	58
Figura 31 - Acesso da rua José Urquiza Carneiro interrompido por falta de bueiro celular ou pequena ponte.....	58
Figura 32 - Bueiros celulares instalados sobre alguns trechos do riacho nas ruas (a) Pedro Saraiva Moura e (b) Assis Wanderley.....	59
Figura 33 - Danos causados na expansão do Loteamento Planalto Cícero Torres.....	59
Figura 34 - (a) Poço de visita na rua Euclides Franco; (b) Boca de lobo na rua Antônio Félix; (c) Boca de lobo e meio-fio na rua Pedro Saraiva Moura.....	60
Figura 35 - Exemplo de galeria pluvial estourada em rua do bairro São Sebastião.....	60

Figura 36 - Processos erosivos em trechos não pavimentados das ruas (a) José Urquiza Carneiro e (b) Luiz Marinho dos Santos. ....	61
Figura 37 - Alagamento na rua não pavimentada Alameda Canal. ....	62
Figura 38 - (a) Jardins de chuva; (b) Faixa filtrante; (c) Reservatórios de armazenamento de águas pluviais. ....	77
Figura 39 - Indicação dos Sistemas de Macrodrenagem. ....	79
Figura 40 - Modelo de canal trapezoidal com talude graminhado. ....	79
Figura 41 - Exemplo de canal gramado com seção trapezoidal. ....	80
Figura 42 - Modelo de canal com seção mista e revestido de concreto. ....	80
Figura 43 - Exemplos de bacia/parque de infiltração. ....	81

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Precipitação diária máxima entre 1994 e 2022. ....	32
Gráfico 2 - Quantidade de interações no meio ambiente.....	66
Gráfico 3 - Percentual dos impactos mitigáveis e não-mitigáveis.....	70
Gráfico 4 - Percentual das medidas de controle ambiental. ....	75

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Problemas e Impactos gerados nos Recursos Hídricos. ....	26
Quadro 2 - Escala para definição da magnitude e importância. ....	45
Quadro 3 - Descrição da classificação dos impactos ambientais. ....	46
Quadro 4 - Definição e classificação quanto a significância.....	46
Quadro 5 - Escala de significância. ....	46
Quadro 6 - Descrição da classificação dos impactos ambientais. ....	47
Quadro 7 - Atividades antrópicas na área de estudo. ....	57
Quadro 8 - Matriz de interação das atividades, aspectos e impactos ambientais com os meios abiótico, biótico e antrópico (continua). ....	63
Quadro 9 - Classificação dos impactos ambientais quanto à significância (continua).....	67
Quadro 10 - Classificação dos impactos ambientais na área de estudo (continua). ....	71
Quadro 11 - Medidas de controle ambiental propostas para a área de estudo.....	74

## LISTA DE SIGLAS

**ADA** – ÁREA DIRETAMENTE AFETADA

**AESA** - AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DA PARAÍBA

**AIA** - AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

**AID** - ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA

**AII** - ÁREA DE INFLUÊNCIA INDIRETA

**AIT** - ÁREA DE INFLUÊNCIA TOTAL

**ANA** - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO

**APP** - ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

**CONAMA** - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

**EIA** - ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL

**EPA** - *ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY*

**FCTH** - FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA

**IBAMA** - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS

**ISSO** - *INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION*

**LA** - LICENCIAMENTO AMBIENTAL

**MDR** - MINISTÉRIO DE INTEGRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL

**NBR** - NORMA BRASILEIRA

**ONU** - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS

**PDDU** - PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA

**PMP** - PREFEITURA MUNICIPAL DE PATOS-PB

**PNMA** - POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

**RIMA** - RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL

**SEINFRA**-SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA

**SNIS** - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO

**SUDERHSA** - SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL

**UFMG** - UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

**UFES** - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>17</b>
3.1 SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA .....	17
<b>3.1.1 Microdrenagem</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1.2 Macrodrenagem</b> .....	<b>19</b>
3.2 IMPACTO AMBIENTAL.....	20
3.3 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS .....	21
<b>3.3.1 Métodos de Avaliação de Impacto Ambiental</b> .....	<b>22</b>
3.3.1.1 Método <i>Ad Hoc</i> .....	23
3.3.1.2 Método <i>Check list</i> .....	24
3.3.1.3 Matriz de Interação.....	24
3.4 OS IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NAS ÁGUAS URBANAS .....	25
<b>3.4.1 Impactos das inundações devido à urbanização</b> .....	<b>28</b>
3.4.1.1 Os impactos das inundações na cidade de Patos-PB .....	31
3.5 MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL.....	37
<b>3.5.1 Medidas de controle na drenagem urbana</b> .....	<b>38</b>
3.6 PLANOS E PROGRAMAS AMBIENTAIS.....	39
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>40</b>
4.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO .....	40
4.2 METODOLOGIA.....	43
<b>4.2.1 Delimitação e mapeamento da área de influência do estudo</b> .....	<b>43</b>
<b>4.2.2 Levantamento das atividades antrópicas da área em análise</b> .....	<b>44</b>
<b>4.2.3 Diagnóstico das condições atuais de drenagem urbana na área de estudo</b> .....	<b>44</b>
<b>4.2.4 Identificação e classificação dos impactos ambientais</b> .....	<b>45</b>
<b>4.2.5 Indicação de medidas de controle ambiental</b> .....	<b>47</b>
<b>4.2.6 Proposição de planos e programas ambientais</b> .....	<b>48</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>49</b>
5.1 DELIMITAÇÃO E MAPEAMENTO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO ESTUDO .....	49
5.2 LEVANTAMENTO DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS DA ÁREA EM ANÁLISE... ..	50
5.3 DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES ATUAIS DE DRENAGEM URBANA NA ÁREA DE ESTUDO .....	57
5.4 IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	62
5.5 INDICAÇÃO DE MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL .....	74
5.6 PROPOSIÇÃO DE PLANOS E PROGRAMAS AMBIENTAIS .....	81
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>84</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>86</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que o poder público deve oferecer um funcionamento adequado dos serviços básicos de saneamento, possibilitando que estes sejam aprimorados à medida que a população aumente. Dentre os serviços, estão a drenagem e o manejo de águas pluviais urbanas, abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2007). Apesar dos subsistemas de saneamento básico serem implantados de forma individual, na prática, eles são dependentes entre si e o *déficit* de algum deles interfere na eficiência dos demais.

Um dos problemas mais perceptíveis nos centros urbanos brasileiros, principalmente no período chuvoso, é a ineficiência/falta de drenagem e manejo das águas pluviais, que é um dos eixos do saneamento negligenciado por parte dos gestores nas áreas urbanas já existentes e na construção de novos loteamentos ou condomínios horizontais. Nestes últimos, geralmente, são aterrados os corpos d'água já existentes, como riachos, em vez de realizar o planejamento e construção dos sistemas de microdrenagem e macrodrenagem da localidade. E, quando existe algum sistema para o manejo das águas pluviais e da drenagem, raramente funciona com eficiência.

De acordo com Vaz (2004), um planejamento eficiente da drenagem urbana é fator primordial para minimizar os riscos que a população está sujeita, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável. Para que esses objetivos sejam atingidos, é necessário conhecer a área, monitorar e planejar as ações, visando a diminuição dos impactos, principalmente os que possuem a participação e motivação da população envolvida.

Logo, fatores como a urbanização desenfreada e não planejada, não paralelo ao crescimento populacional que vem ocorrendo nas últimas décadas em algumas cidades brasileiras, está causando relevantes impactos ambientais no tocante aos serviços de saneamento básico, em especial a drenagem urbana.

Segundo Tucci (2012), sem planejamento e sustentabilidade na expansão urbana, geram-se impactos ambientais negativos, tais como: a diminuição do volume de água dos mananciais, a redução da cobertura de água segura para a população, o aumento da frequência de inundação, o aumento da alteração da qualidade da água nos rios, a contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos com os efluentes urbanos (disposição inadequada do esgotamento sanitário e dos resíduos sólidos) e a redução da qualidade de vida da população. Os principais aspectos ambientais dessas problemáticas são: a impermeabilização das

superfícies urbanas, a ausência ou canalização inadequada do escoamento pluvial, a ocupação de áreas ribeirinhas sujeitas a inundações e de áreas com inclinações íngremes, que desmoronam em épocas chuvosas (morros urbanos).

As problemáticas urbanas elencadas anteriormente reforçam o quanto é necessário estudar os impactos ambientais gerados na ausência de drenagem e de um manejo de águas pluviais eficiente. Esses estudos nortearão os governantes a criarem políticas públicas condizentes com a realidade local de cada município.

A cidade de Patos-PB, como outros centros urbanos, possui um planejamento inadequado dos sistemas de drenagem urbana, deixando a população à mercê de riscos e prejuízos, que são causados pelas inundações/alagamentos, impedindo um desenvolvimento urbano harmônico e sustentável.

Na zona leste da cidade de Patos, há um sistema de drenagem natural com regime de águas temporárias, compreendendo o Riacho São Sebastião e é negligenciado no processo de urbanização da região, pois, ao longo do seu curso, é notória a degradação no leito e margens, devido a intervenção humana inadequada.

O curso natural das águas do Riacho São Sebastião percorre trechos dos bairros São Sebastião e Sete Casas, desaguando em outro riacho, sem nome definido até o momento, que segue seu fluxo até o Rio Espinharas, pertencente a bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu (CURADO *et al*, 2022). O trecho da bacia está englobado na região hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) (2023).

A aplicação das ferramentas de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) pode ser uma aliada primordial para o estudo da urbanização desenfreada em rios e riachos urbanos. Ela é um dos instrumentos de gestão ambiental da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), que foi regulamentada pela Lei nº 6.938/1981. Além disso, a AIA abrange o conjunto dos diferentes procedimentos legais, institucionais e técnico-científicos, cujo objetivo é caracterizar e elencar previamente os impactos ambientais de um empreendimento. Ou seja, ela auxilia na prevenção/minimização dos impactos adversos ao meio ambiente e na potencialização dos benefícios em caso de impactos positivos (BARBOSA, 2014).

Barbosa (2014) ainda enfatiza que a AIA é um marco para a história ambiental do país, pois, por meio dela, “foi possível compreender a importância de controle dos riscos decorrentes das atividades produtivas e dos empreendimentos”, sendo de extrema importância para os estudos ambientais desenvolvidos e para os demais instrumentos ambientais criados para o controle dos impactos ambientais.

Com base no exposto, o presente estudo se justifica pela necessidade e importância de se avaliar os impactos ambientais existentes no curso do Riacho São Sebastião e suas adjacências, devido à falta de um sistema de drenagem adequado, o que gera um cenário de calamidade para a população local durante o período chuvoso. Além disso, delimitar a área de influência do estudo, propor medidas de controle ambiental para os impactos de elevado grau de significância e sugerir planos e programas ambientais.

Esta pesquisa e seus resultados são de fundamental importância para que os órgãos competentes do município possam planejar políticas públicas e um eficiente sistema de drenagem urbana e manejo de águas pluviais, com princípio na sustentabilidade, para os bairros afetados pelas problemáticas causadas pela cheia do Riacho São Sebastião.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar os impactos ambientais resultantes da falta de drenagem urbana no Riacho São Sebastião em Patos-PB.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Mapeamento da Área de Influência Total (AIT);
- Identificar as ações antrópicas na área em análise;
- Caracterizar e expor as condições da drenagem urbana na área de estudo;
- Analisar os aspectos e impactos ambientais da área de estudo;
- Indicar medidas para os impactos ambientais com elevada significância;
- Propor planos para os impactos ambientais com elevada significância;

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

O sistema de drenagem faz parte do conjunto de melhoramentos públicos existentes em uma área urbana, sendo eles: redes de abastecimento de água, de coleta de esgotos sanitários, de cabos de transmissão de energia, de serviços de comunicações, além da iluminação pública, pavimentação de ruas, guias e passeios, parques, áreas de recreação e lazer (FCTH, 2012a).

O Manual de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais desenvolvido pela Prefeitura Municipal de São Paulo (FCTH, 2012a) destaca que

é conveniente para a comunidade que a área urbana seja planejada de forma integrada, isto é, que todos os melhoramentos públicos sejam planejados coerentemente. Se existirem planos setoriais, regionais, quer municipais, estaduais ou federais, é desejável que haja perfeita compatibilidade entre o plano de drenagem urbana e esses planos.

Diferente dos outros sistemas de saneamento básico, o sistema de drenagem tem sua particularidade: o escoamento de águas pluviais ocorrerá independentemente de existir ou não sistema de drenagem eficiente. A qualidade do sistema implantado é que determinará se haverá impactos para a população e seu grau de significância (NITERÓI, 2015).

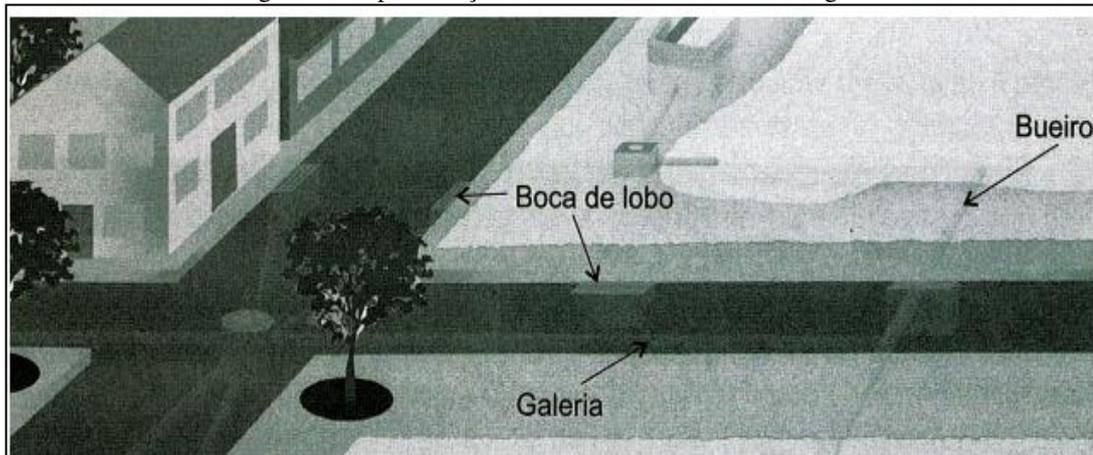
Os sistemas de drenagem urbana podem ser classificados em microdrenagem e macrodrenagem.

##### 3.1.1 Microdrenagem

A microdrenagem ou sistema de drenagem inicial “é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais nos loteamentos ou na rede primária urbana. Este tipo de sistema de drenagem é projetado para atender a drenagem de precipitações com risco moderado” (TUCCI, 2005).

O sistema de microdrenagem (Figura 1) “é composto pelas seguintes estruturas: meio-fio, sarjetas, bocas de lobo, tubulações de ligação, galerias e poços de visita” (BAPTISTA *et al*, 2007).

Figura 1 - Representação de um sistema de microdrenagem



Fonte: Baptista (2005) *apud* Baptista *et al* (2007).

“O planejamento de sistemas de escoamento de águas pluviais deve considerar tanto as chuvas mais frequentes, cujo período de retorno é estimado em até 10 anos, como as chuvas mais críticas de período de retorno da ordem de 100 anos” (FCTH, 2012a). Segundo Oliveira (2021), as áreas que devem ser consideradas são os trechos de ruas e quarteirões com menos de 1km<sup>2</sup> ou 100ha.

Quando o sistema é projetado adequadamente e possui a manutenção apropriada, grande parte das inconveniências ou das interrupções das atividades urbanas, que advêm das inundações e das interferências de enxurradas, são extintas (BEDUSCHI, 2020).

O sistema de microdrenagem será responsável pela coleta e condução das águas pluviais até o sistema de macrodrenagem. Se as instalações cumprirem seu papel eficientemente, a microdrenagem contribui para o impedimento de alagamentos, na oferta de segurança aos pedestres e motoristas e na redução dos danos ao patrimônio público. O traçado do sistema de microdrenagem é definido pela planta das ruas e avenidas onde será instalado (BEDUSCHI, 2020).

Para que o sistema de microdrenagem tenha um funcionamento eficiente, é necessário que a execução das obras seja realizada conforme projetada, além de manutenção permanente, como a limpeza e desobstrução das bocas de lobo e das galerias antes dos períodos chuvosos.

As ruas são importantes para o sistema de drenagem inicial, pois nelas ocorre o escoamento das águas pluviais pelo pavimento e pelas sarjetas, até a sua admissão ao sistema de galerias pelas bocas de lobo. O dimensionamento deve levar em conta o seu funcionamento como conduto hidráulico e os critérios básicos previamente fixados, que dependem essencialmente da classe de uso da via (FCTH, 2012a).

### 3.1.2 Macrodrenagem

“A rede física da macrodrenagem é aquela constituída pelos principais talwegues (fundo de vale) existentes, independentemente da execução de obras específicas e da localização das áreas urbanizadas, por ser o caminho natural das águas pluviais” (BRASIL, 2019).

A macrodrenagem urbana é ligada à rede de drenagem natural que existia nos terrenos antes da urbanização. Ela escoar o final das águas, sendo formada por canais naturais ou artificiais (galerias e canais de grandes dimensões) e estruturas auxiliares (BRASIL, 2019).

A macrodrenagem abrange áreas superiores a 4km<sup>2</sup>, podendo ter variação devido a malha urbana possuir as mais diferentes configurações (SUDERHSA, 2002). Com relação à vazão de projeto, esta deve vir de eventos com 20, 50 ou 100 anos de período de retorno (MIRANDA, 2010 *apud* OLIVEIRA, 2021).

No sistema de macrodrenagem, tem-se o conjunto de obras que visa a melhoria das condições de escoamento, de forma a atenuar os problemas de erosões, assoreamento e inundações ao longo dos principais talwegues. Sendo constituído, geralmente, por estruturas de maiores dimensões projetadas para cheias, cujo período de retorno está compreendido entre dez e cem anos. Quando o projeto é eficiente, os custos do sistema de microdrenagem podem ser reduzidos e a segurança urbana contra as enchentes mais frequentes também é ampliada (BRASIL, 2019).

A utilização de canais em sistemas de macrodrenagem é muito comum e apresenta benefícios com relação ao custo, à capacidade de vazão, às possibilidades recreativas, às condições estéticas e à capacidade de armazenamento no próprio canal. Porém, tem-se uma necessidade de ser implantado em extensas áreas e possui altos custos de operação e manutenção. Para minimizar as desvantagens, é preciso um planejamento cuidadoso e um projeto adequado, ampliando, assim, as vantagens (BRASIL, 2019).

“É notável, que os dispositivos desse sistema auxiliam consideravelmente na drenagem urbana, conduzindo as águas por caminhos estabelecidos, evitando grandes inundações, além de captar, também, as águas de escoamento superficial que escoam livremente pelo solo” (OLIVEIRA, 2021). O município de Patos-PB possui diversos riachos que cortam a zona urbana e pertencem à bacia hidrográfica do Rio Espinharas

### 3.2 IMPACTO AMBIENTAL

O termo “impacto ambiental” é encontrado, frequentemente, no dia a dia, como em publicações de redes sociais, matérias jornalísticas, etc. Geralmente, ele é associado a algum dano à natureza, de modo que essa acepção se refere a apenas uma parte do seu conceito (SÁNCHEZ, 2013).

Existem muitas definições para impacto ambiental na literatura que, na maior parte, há semelhanças quanto a seus elementos básicos, embora formuladas de diferentes maneiras (SÁNCHEZ, 2013).

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), na Resolução n. 1 de 1986, impacto ambiental é definido como:

qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

É possível observar que o conceito elaborado na resolução do CONAMA não está totalmente correto sob o aspecto técnico, pois ela menciona somente os impactos negativos causados pelas ações antrópicas, que se referem ao termo poluição, conforme citado por Sánchez (2013).

Para uma definição mais coerente, é preciso uma reformulação para que se esclareça que as alterações podem ocorrer, de forma direta ou indireta, no meio ambiente, com a natureza positiva ou negativa, e causadas por atividades humanas (SÁNCHEZ, 2013) ou por agentes naturais, tanto por atividades humanas quanto por agentes naturais (SANTOS, 2004).

A Norma Brasileira (NBR) ISO 14001/2004, atualizada em 2015, define o impacto ambiental como qualquer modificação adversa ou benéfica no meio ambiente, que possa ocorrer de forma parcial ou total, resultante das atividades, produtos ou serviços de um empreendimento.

O conceito apresentado anteriormente, apesar de considerar que o impacto pode ser adverso ou benéfico e de qualquer importância, ainda se restringe a causas que só advêm de ações antrópicas, não englobando os impactos gerados pelos agentes naturais.

### 3.3 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

A definição do que seja impacto ambiental sofreu alterações ao longo do tempo sob termos jurídicos, tendo seu uso desde o período da revolução industrial e sendo alterada de forma dinâmica a nível mundial. Isto se justifica devido aos diferentes tipos de atividades antrópicas/naturais, que podem culminar em formas de matérias e/ou energias que afetam o meio ambiente. Porém, a adoção de técnicas de AIA só teve origem na década de 1960 (CRUZ *et al.*, 2014).

“A AIA pode ser definida como um conjunto de diversos procedimentos legais, institucionais e técnico-científicos, com a finalidade de caracterizar e identificar previamente os impactos ambientais de um empreendimento” (BARBOSA, 2014).

A AIA conta com uma gama de diretrizes que auxiliam na identificação dos impactos ambientais e na tomada de decisão. Algumas diretrizes “têm como premissa a sistematização e utilização do conhecimento acumulado sobre as atividades habitualmente relacionadas a um tipo de projeto, bem como sobre os prováveis impactos gerados por essas atividades” (IBAMA, 2020).

No Brasil, os primeiros estudos ambientais foram elaborados para alguns grandes projetos hidrelétricos na década de 1970. Grande parte desses estudos foram resultados de uma onda de influência advindas de demandas originadas no exterior, de modo similar ao ocorrido em outros países, e de pressões internas, a fim de prevenir a ocorrência de danos ambientais causados por grandes projetos de desenvolvimento (SÁNCHEZ, 2013).

Segundo Sánchez (2013), com a aprovação da Política Nacional do Meio Ambiente em 01 de agosto de 1981, por meio da Lei 6.938, no Brasil, a AIA, oficialmente, foi incorporada à legislação brasileira, sendo efetivada e fortalecida com o Art. 225 da Constituição Federal de 1988.

O CONAMA também recebeu uma série de atribuições para regulamentação e, usando dessa prerrogativa, o Conselho aprovou, em 23 de janeiro 1986, a sua Resolução n. 1, estabelecendo uma série de requisitos (SANCHEZ, 2013).

A Resolução CONAMA 001/1886 estabeleceu a obrigatoriedade da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para que as atividades modificadoras do meio ambiente (com potencial de causar impactos ambientais significativos) obtivessem o Licenciamento Ambiental (LA), como também as diretrizes e atividades técnicas para sua execução (IBAMA, 1995).

O EIA trata-se “de um escopo contendo as linhas gerais de empreendimentos e atividades que possam causar degradação ambiental, e que deve apresentar não só os impactos ambientais como também as soluções que favoreçam o seu controle” (BARBOSA, 2014).

Ebert (2013) ainda completa, afirmando que o EIA é caracterizado por estudos de alta complexidade, que permitem avaliar as alterações causadas pelos impactos ambientais no meio ambiente.

“O RIMA é um resumo do EIA, entretanto, deve ser elaborado com uma linguagem acessível à população em geral. Deve conter fotografias, imagens, gráficos, tabelas, mapas, etc. para uma melhor compreensão do seu conteúdo” (SÁ, 2016).

O RIMA deverá estar “em linguagem mais acessível, disponível inclusive para audiências públicas abertas à população. Vale destacar que a população inserida no entorno do empreendimento deverá ser consultada sobre os possíveis efeitos para a área de abrangência direta da obra” (EBERT, 2013).

O EIA/RIMA deverá discutir os impactos benéficos e adversos considerados relevantes, servindo para proceder uma escolha. Ambos necessitam ser executados antes da implantação de qualquer atividade/produto/serviço que afete significativamente o meio ambiente, sendo necessário detalhar os impactos negativos e positivos que possam ocorrer por causa das obras ou após a instalação do empreendimento. É preciso também determinar como evitar/mitigar os impactos negativos (EBERT, 2013).

O IBAMA (1995), seguindo as diretrizes do CONAMA, cita que os custos de realização do EIA/RIMA ficam por conta do proponente e deve ser realizado por uma “equipe multidisciplinar habilitada, não dependente direta ou indiretamente do proponente do projeto e que será responsável tecnicamente pelos resultados apresentados”.

### **3.3.1 Métodos de Avaliação de Impacto Ambiental**

Barbosa (2014) orienta que, para uma boa escolha de um determinado método de avaliação de impacto ambiental, é preciso que se tenha consciência de que os resultados podem ter valor subjetivo em razão das ocorrências, que podem atingir o meio ambiente, antes da implantação dos empreendimentos, como condições meteorológicas, fatores sociais e econômicos, instrumentação de medição inadequada e outras adversidades que influenciem na coleta de dados. Porém, é necessário escolher métodos que evitem ou minimizem essa subjetividade, a fim de se obter uma pesquisa coerente e confiável.

“Há diversos tipos de ferramentas utilizáveis para auxiliar uma equipe na tarefa de identificar os impactos ambientais. Tais instrumentos foram desenvolvidos para facilitar o trabalho dos analistas, mas não se trata de “pacotes” acabados” (SÁNCHEZ, 2013).

Barbosa (2014) elenca que, no mínimo, é necessário critério e senso de organização, como a identificação, predição e análise dos impactos. A seguir, está descrito o que cada etapa significa, de acordo, com este autor:

- **Identificação:** caracterizar a ação proposta e o meio que será atingido, ou seja, quais os impactos a serem investigados, sua relação com os fatores ambientais e a definição de indicadores;
- **Predição:** utilizar os dados para o processamento de um acontecimento futuro, entre os fatores ambientais e a magnitude dos impactos possíveis;
- **Análise:** interpretar os resultados adicionando parâmetros para a sua quantificação e qualificação, como importância, significância, frequência, entre outros;

Os métodos de avaliação de impactos ambientais mais utilizados, pelos analistas, são as “metodologias espontâneas (*Ad hoc*), Listagens (*Check-list*), Matrizes de interações, Redes de interações (*Networks*), Metodologias quantitativas, Modelos de simulação, Mapas de superposição (*Overlays*), entre outras” (CREMONEZ *et al*, 2014).

Nos tópicos seguintes, serão elencados os métodos *Ad Hoc*, *Check-list* e Matriz de Interação.

#### 3.3.1.1 Método *Ad Hoc*

O método *Ad Hoc* surgiu devido a necessidade de uma tomada de decisões a respeito da implantação de projetos, sendo considerado o parecer de especialistas em cada natureza de impacto resultante do projeto. Consiste na formação de equipes multidisciplinares com profissionais qualificados de diversas áreas de atuação, que apresentam seus estudos baseados em suas opiniões subjetivas, a fim de elaborar um relatório que irá relacionar o empreendimento a ser implantado com seus respectivos impactos causados (STAMM, 2003 apud CREMONEZ *et al*, 2014).

O método é mais utilizado em casos que exijam rapidez e objetividade, nos quais há escassez de tempo e dados para uma avaliação mais elaborada (BARBOSA, 2014).

Os especialistas que utilizam esta ferramenta apresentam as avaliações por meio de tabelas e matrizes, texto dissertativo de fácil compreensão para o público geral e sugestões para a utilização de outros métodos de AIA (BARBOSA, 2014).

Devido a sua simplicidade e por não apresentar dados mais detalhados, o método assemelha-se a uma pré-avaliação dos impactos ambientais, o que não deixa de ser eficaz, principalmente para servir de base às próximas etapas de avaliação que serão desenvolvidas (BARBOSA, 2014).

### 3.3.1.2 Método *Check list*

A metodologia do *Check-list* é simples, na qual há a listagem dos indicadores do meio biótico, físico e antrópico utilizados na análise dos efeitos do projeto, plano ou programa e de suas alternativas locacionais e tecnológicas (IBAMA, 1995).

Barbosa (2014) afirma que no método *Check list*, os dados são elencados “de acordo com a identificação dos impactos, enumeração, classificação e graduação do meio físico, biótico e socioeconômico, divididos da seguinte maneira”:

- **Descritivas:** descrever os atributos dos fatores ambientais, seus parâmetros e outros pormenores relevantes para sua identificação;
- **Escalares:** descrever os fatores e impactos ambientais por meio de uma escala de valores mais quantitativa;
- **Escalares ponderadas:** descrever os fatores e impactos ambientais por meio de uma escala de valores mais qualitativa, elencando os dados;

O método tem a vantagem de ser objetivo, pois utiliza listas específicas para cada fator ambiental, segmento empreendedor ou etapa avaliada (ou uma junção dos três critérios). Assim, o risco de esquecer de elencar um impacto relevante é reduzido, devido suas matrizes serem previamente organizadas conforme as necessidades da avaliação requerida. A desvantagem é que os resultados podem ser subjetivos, desconsiderando a causa dos impactos e outros aspectos de significância para uma análise mais detalhada (BARBOSA, 2014).

### 3.3.1.3 Matriz de Interação

A matriz de interação é um método no qual as informações são organizadas permitindo a visualização, em uma mesma estrutura, das relações entre indicadores relativos ao meio biótico, físico e antrópico e os elementos do empreendimento. “As matrizes podem ser simples ou complexas, dependendo da quantidade de informações com que se trabalha” (IBAMA, 1995).

Na matriz, em “uma das listas, são elencadas as principais atividades ou ações que compõem o empreendimento analisado, e na outra, são apresentados os principais componentes ou elementos do sistema ambiental, ou ainda processos ambientais” (SÁNCHEZ, 2013).

Um exemplo de matriz de interação é a “Matriz de Leopold”, na qual, dispõe-se o maior número possível de impactos ambientais gerados pelo empreendimento dentro de cada um dos meios de interação (físico, biótico e antrópico). A esses impactos serão atribuídos pesos, de acordo com a importância que essas condições irão alterar o ambiente, sendo possível mensurar a magnitude do impacto e o que deverá ser feito para minimizá-lo (EBERT, 2013).

“A Matriz de Leopold tem sido uma das mais utilizadas nos EIA/RIMA realizados no Brasil, sendo frequentemente tomada como um método de elaboração de estudos” (LEOPOLD *et al*, 1992 *apud* IBAMA, 1995).

### 3.4 OS IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NAS ÁGUAS URBANAS

Desde meados da metade do século XX, a expansão dos núcleos urbanos tornou-se um fenômeno mundial, em que a urbanização acelerada e ineficiente se tornou um fator significativo para os impactos ambientais. Isto significa, que todo o processo afeta o ambiente e a população, com alterações no espaço e possíveis contaminações geradas pelos seres humanos (ALVES, 2017).

Seguindo a dinâmica global, a urbanização brasileira vem crescendo exponencialmente nas últimas décadas, juntamente com uma explosão populacional, na qual o ritmo não foi acompanhado pela infraestrutura e serviços ofertados. O desenvolvimento urbano aconteceu sem foco em um bom planejamento, ou seja, o uso e ocupação dos espaços não foi de forma eficiente e sustentável (AZEREDO, 2019).

Com o processo de urbanização brasileiro acelerado, pode-se observar a interiorização do fenômeno urbano, o crescimento das cidades médias, a periferação dos centros urbanos, e a formação e consolidação de aglomerações urbanas metropolitanas e não metropolitanas. Também derivam deste processo, os saldos migratórios negativos nas pequenas cidades e a formação de sistemas urbano-regionais, que estão sujeitos a acontecer devido os problemas sociais e ambientais consecutivos (ARAÚJO *et al*, 2021).

Segundo Cardoso (2008), os cursos de água das áreas urbanas desempenham um papel primordial no desenvolvimento das cidades e na construção de paisagens.

O Quadro 1 aponta os principais problemas da ocupação indevida do solo e que resultam em impactos diretos sobre os recursos hídricos urbanos, conforme Tucci (2012).

Quadro 1 - Problemas e Impactos gerados nos Recursos Hídricos.

<b>Problema</b>	<b>Impacto gerado</b>
Expansão irregular sobre as áreas de mananciais de abastecimento humano.	Comprometimento da sustentabilidade hídrica das cidades.
Falta de planejamento e fiscalização.	Ocupação das áreas de risco de encostas e de áreas de inundações ribeirinhas pela população de baixa renda.
Densidade habitacional elevada.	Aumento da demanda de água e da carga de poluentes sem tratamento de esgoto, lançados nos corpos hídricos próximos às cidades.
Impermeabilização das áreas públicas; canalização ineficiente de rios e riachos.	Produção de inundações em locais diferentes da drenagem.

Fonte: Adaptado de Tucci (2012).

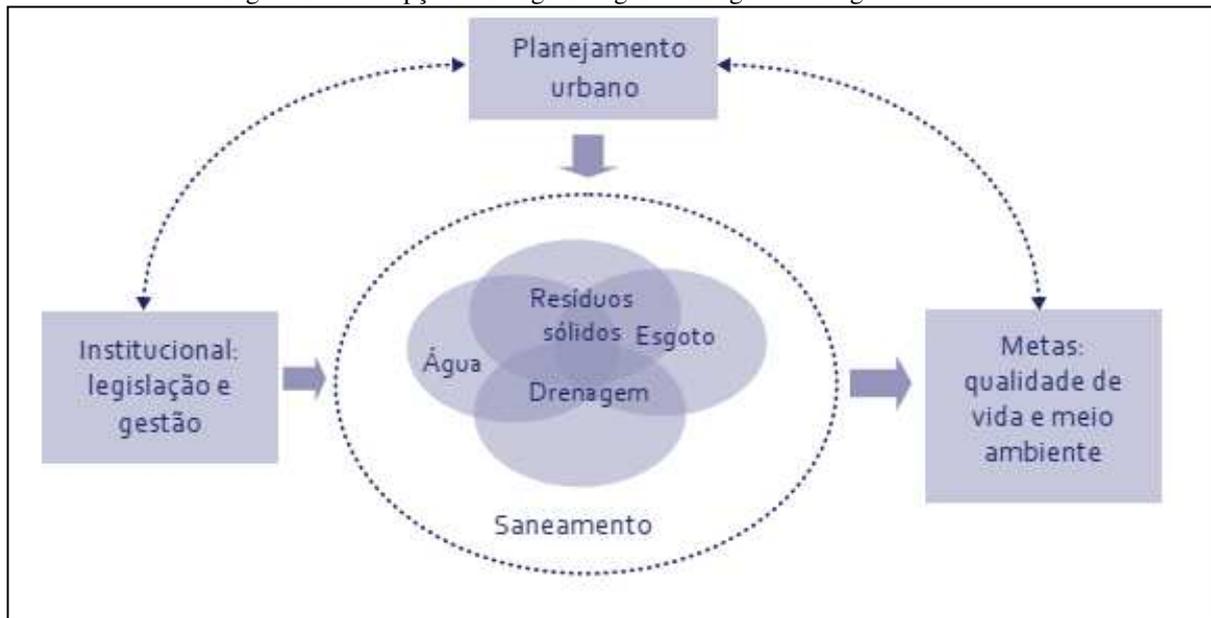
Para que as problemáticas citadas anteriormente sejam evitadas ou minimizadas, é necessária uma gestão adequada da infraestrutura urbana, com estruturas de saneamento básico eficientes e sustentáveis. Entretanto, isto não acontece na prática e, dentre os serviços, negligenciados está o manejo e a drenagem das águas pluviais.

Segundo Tucci (2012), “o planejamento urbano tem que definir os espaços e a densidade de ocupação que se reflete na demanda de água, na produção de esgoto, na geração de resíduos sólidos e impermeabilização do solo que afeta a gestão da drenagem urbana”.

Nos casos em que o plano diretor não propuser medidas sustentáveis para o uso do solo, os serviços de saneamento básico não se integrarão, causando danos na conservação da água e na mitigação dos impactos causados pela urbanização. Uma gestão institucional e o planejamento urbano são essenciais para que as metas de melhoria da qualidade de vida da população e a conservação ambiental sejam alcançadas, dando à cidade uma visão de futuro com sustentabilidade (TUCCI, 2012).

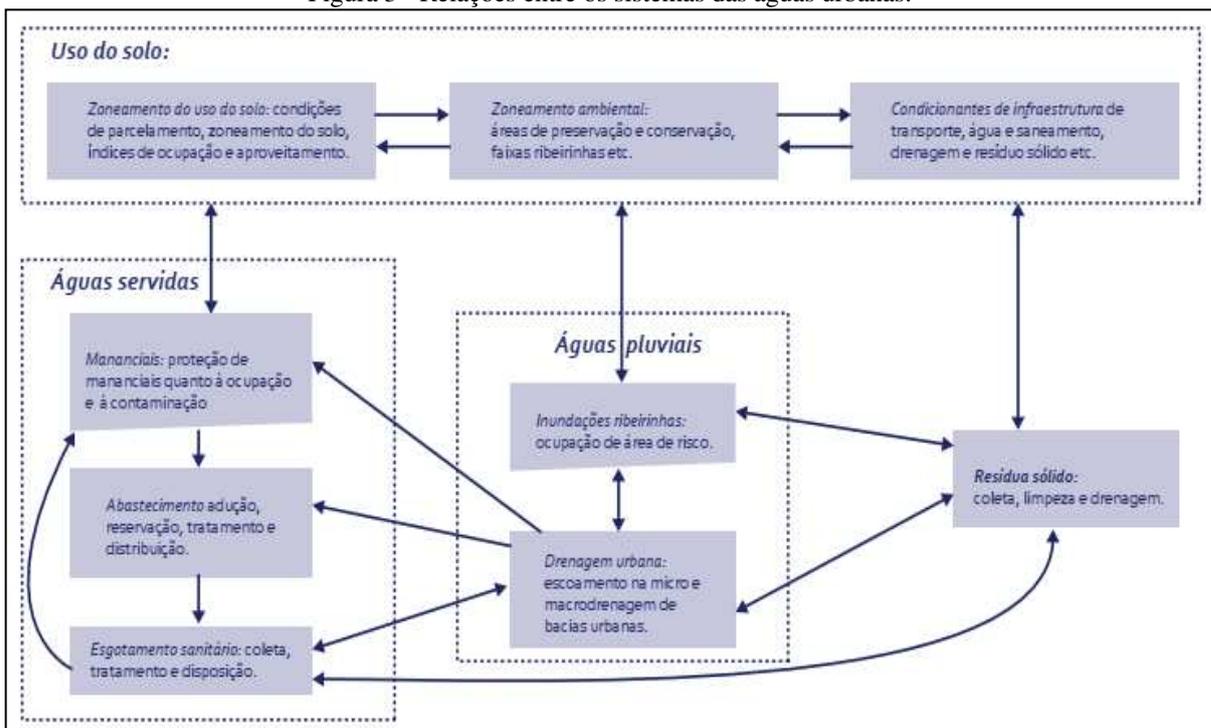
Nas Figuras 2 e 3 são destacados o planejamento do uso do solo e os serviços de saneamento básico, nos quais são caracterizados cada um dos principais sistemas e suas inter-relações com os demais.

Figura 2 - Concepção estratégica da gestão integrada das águas urbanas.



Fonte: Tucci (2012).

Figura 3 - Relações entre os sistemas das águas urbanas.



Fonte: Tucci (2012).

Como a maioria das cidades brasileiras não possui uma gestão adequada e um planejamento dos serviços de saneamento básico, como é preconizado na legislação do país, muitas vezes, os sistemas de drenagem são contaminados com uma grande quantidade de resíduos sólidos que são levados às redes pela lavagem de ruas e falta de educação ambiental

da população. Essa problemática provoca a obstrução do sistema e agrava os alagamentos localizados e as inundações (Cruz *et al*, 2007).

As alternativas usadas para o controle do lixo e para a sua retirada dos sistemas de drenagem, resume-se, segundo Cruz *et al* (2007), a uma tímida campanha de conscientização da população e em projetos isolados de estruturas de contenção de resíduos em cursos d'água, juntamente com a existência de um sistema de coleta domiciliar e de limpeza urbana periódicos que, geralmente, também são ineficientes.

Outro empecilho para a sustentabilidade do saneamento básico no Brasil é o fato de grande parte dos sistemas de drenagem das cidades ainda ser do tipo combinado, significando que as galerias pluviais recebem contribuição de esgoto domiciliar. Quando acontece um extravasamento do sistema por falta de capacidade ou obstrução, a água acumulada contém quantidades significativas de organismos patogênicos que, ao entrar em contato com a população, provoca doenças, como cólera, leptospirose, entre outras, tornando a inundação, também, um caso de saúde pública (CRUZ *et al*, 2007).

A ampliação dos danos relativos aos problemas de drenagem também está relacionada à concepção e execução de projetos inadequados para um correto manejo das águas pluviais, devido ainda permanecer entre projetistas, a ideia de que o melhor é conduzir a água acumulada, o mais rápido possível, para uma região urbana ou rural distante, o que gera uma sobrecarga na capacidade dos corpos hídricos e nos sistemas de drenagem. Este método, além de oneroso, provoca a transferência do ponto de alagamento, exigindo que em tempos futuros sejam realizados mais projetos e obras complexas de alto custo (CRUZ *et al*, 2007).

### **3.4.1 Impactos das inundações devido à urbanização**

Tucci (2012) afirma que

as águas pluviais urbanas são drenadas pelo ravinamento, canais naturais e sistema construído de condutos e canais. Este sistema pode ter várias dimensões, desde um pequeno córrego, que drena uma pequena bacia de alguns hectares, até um rio, como o Amazonas, que drena uma bacia de milhões de km<sup>2</sup>.

O escoamento pluvial pode produzir inundações e impactos nas áreas urbanas por causa de dois processos que ocorrem isoladamente ou combinados. Eles estão descritos abaixo, conforme os estudos de Tucci (2008):

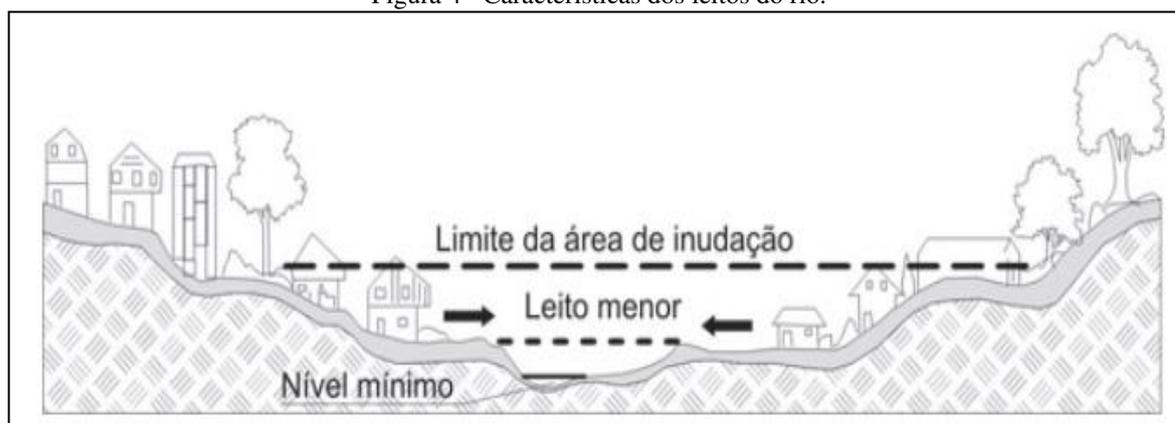
- Inundações de áreas ribeirinhas: são inundações naturais que ocorrem no leito maior dos rios, por causa da variabilidade temporal e espacial da precipitação e do escoamento na bacia

hidrográfica. O leito menor do rio é a área onde a água escoar na maior parte do tempo. As inundações ocorrem quando o escoamento atinge níveis superiores ao leito menor, atingindo o leito maior (terreno de várzea). As cotas do leito maior identificam a magnitude da inundação e seu risco, e geralmente ocorre em bacias médias e grandes ( $> 100 \text{ km}^2$ );

- Inundações em razão da urbanização: são as inundações que ocorrem na drenagem urbana, por causa do efeito da impermeabilização do solo, canalização do escoamento ou obstruções ao escoamento. Geralmente, essas inundações são vistas como locais porque envolvem bacias pequenas ( $< 100 \text{ km}^2$ , mais frequentemente bacias  $< 10 \text{ km}^2$ ).

Com a urbanização desenfreada, os terrenos de várzeas são invadidos ou soterrados, criando ambientes catastróficos durante os períodos chuvosos, pois não há o controle do avanço habitacional dessas áreas (Figura 4). Um exemplo dessa situação ocorreu no ano de 2021, no qual o Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (MDR) (2022) registrou que 319300 pessoas foram desabrigadas durante a ocorrência de eventos hidrológicos impactantes.

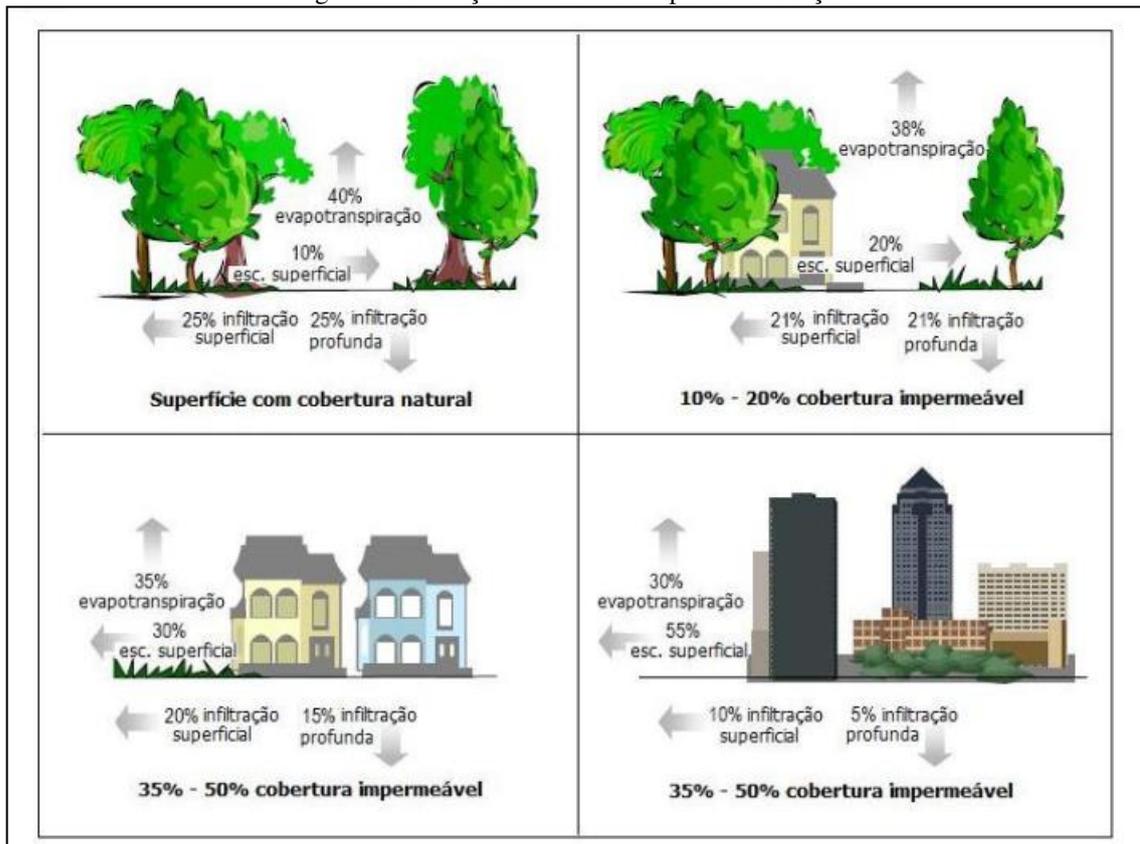
Figura 4 - Características dos leitos do rio.



Fonte: Tucci (2008).

Cardoso (2008) acrescenta que a antecipação dos picos de cheia e potencialização das enchentes são consequências da interferência no ciclo hidrológico (Figura 5), em que é reforçado que as principais causas são a redução da interceptação, da evapotranspiração, do armazenamento superficial e da infiltração das águas pluviais, que ocasionam o aumento do volume e a velocidade da água escoada.

Figura 5 - Balanço hídrico afetado pela urbanização.



Fonte: EPA (2005) *apud* Mendonça (2009).

Candido *et al* (2018) também frisa que os incidentes de inundações nas expansões urbanas ocorrem devido a grande parte dos terrenos se encontrarem impermeabilizados por concreto ou asfalto, construções de grandes proporções, compactação do solo, ocupações irregulares de áreas de várzeas e redução significativa da cobertura vegetal. Estes aspectos ambientais geram a energização dos impactos das chuvas, que, dependendo do seu grau de severidade, podem causar desastres ambientais de rápida evolução.

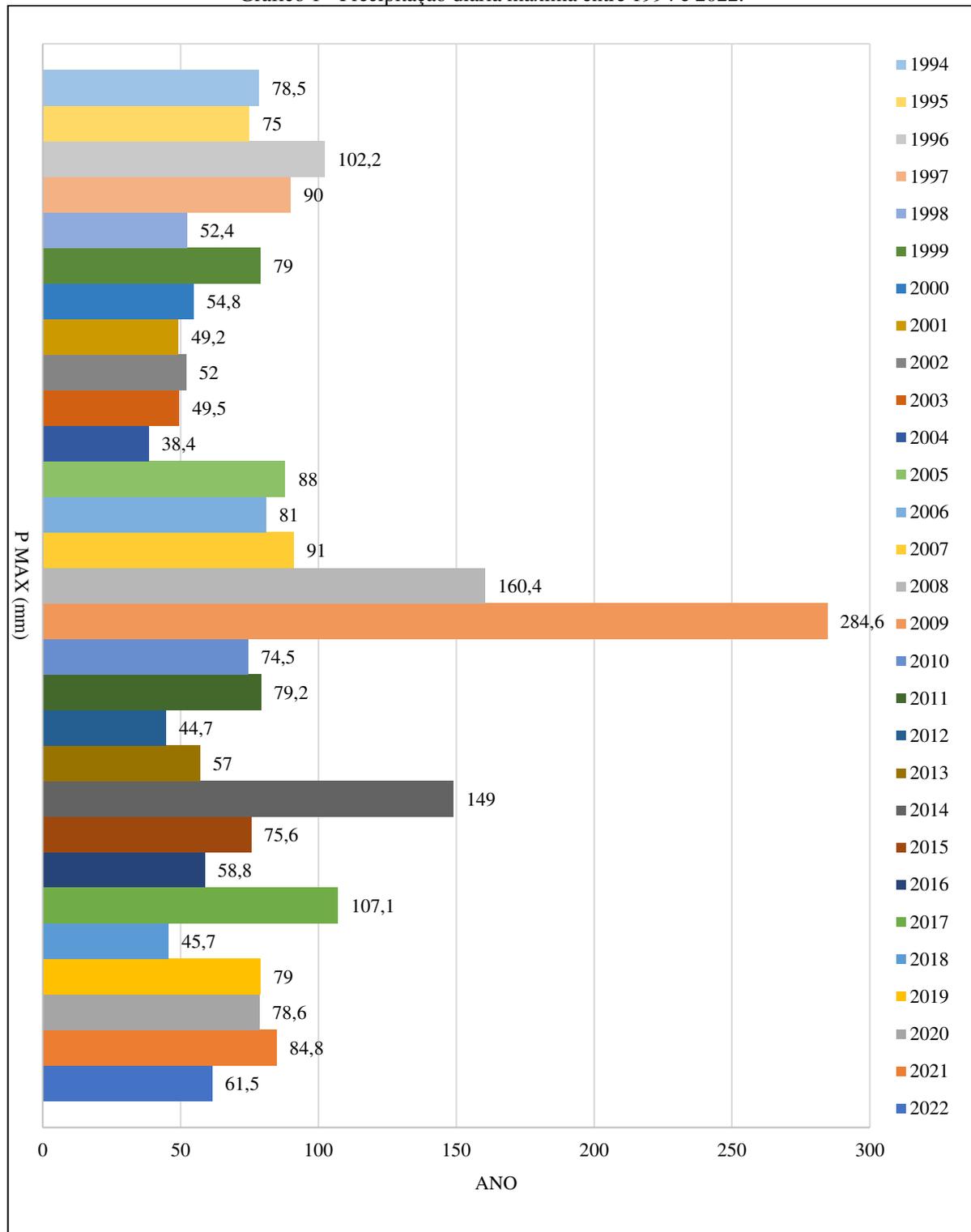
A problemática citada anteriormente ocorre porque o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano das cidades, comumente, não impõe restrição quanto à ocupação das áreas de risco, e muitos empresários aproveitam os períodos de estiagem para desmembrar as áreas de inundação para ocupação urbana. Também é constante a invasão de áreas ribeirinhas, pertencentes ao poder público, pela população carente. Além disso, as áreas adjacentes de médio risco (menor frequência de inundação), quando não são amparadas por um sistema de drenagem eficiente, sofrem prejuízos significativos (TUCCI, 2008).

#### 3.4.1.1 Os impactos das inundações na cidade de Patos-PB

Patos-PB é uma das inúmeras cidades brasileiras que sofre com a ineficiência do planejamento urbano, principalmente, no manejo e drenagem das águas pluviais. Em períodos chuvosos, é perceptível que as áreas no entorno do Rio Espinharas e dos riachos que desaguardam nele sofrem com inundações. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2021), não há registro de que a cidade possua um sistema de microdrenagem eficaz, o que colabora para o agravamento das problemáticas existentes, como os alagamentos que causam danos as ruas e avenidas.

No ano de 2009, Patos registrou uma precipitação máxima anual de 284,6 mm, que correspondeu ao maior evento pluviométrico diário entre os anos de 1994 e 2022 (Gráfico 1). O dia 01 de abril ficou marcado na vida dos patoenses, devido aos fatos catastróficos causados pelas inundações e alagamentos que atingiram a cidade (Figura 6).

Gráfico 1 - Precipitação diária máxima entre 1994 e 2022.



Fonte: Elaborado pela Autora com os dados da ANA e da AESA (1994-2022).

Figura 6 - Inundações no entorno do Rio Espinharas em Patos-PB em 01 de abril de 2009.



Fonte: O Blog Patoense (2013).

Segundo o levantamento feito na época pela Prefeitura de Patos, foi constatado que cerca de duas mil pessoas ficaram desabrigadas, cerca de 505 residências foram atingidas pelas águas, 30 casas foram destruídas e três fábricas e um depósito de calçados foram inundados e quase tiveram perda total da estrutura. A precipitação atípica de um de abril de 2009 também provocou a interdição de algumas ruas da cidade e de duas pontes, uma que dá acesso para a saída sul da cidade e outra da BR-230, que dá acesso ao distrito de Santa Gertrudes e os municípios de Malta, Condado, Pombal e Sousa (PIRES, 2009).

Além dos transtornos já citados, os alagamentos e inundações podem ter afetado a saúde pública, com a vetorização de doenças de circulação hídrica, pois a população faz ligações ilegais de esgotamento doméstico e comercial nos corpos hídricos que cortam a zona urbana do município.

Os bairros mais atingidos pelo evento de precipitação intensa foram: Morro, Jardim Guanabara, Novo Horizonte, Santo Antônio, Dom Bosco, São Sebastião, Juá Doce, Noé Trajano, Salgadinho e Nova Brasília (O BÊ-A-BÁ DO SERTÃO, 2009). Todos eles têm parte do seu território inserido em áreas de risco, como zonas de várzeas do Rio Espinharas e seus riachos afluentes, na qual, pode-se observar *in loco*, que grande parte dos seus leitos foram aterrados ou suas margens foram ocupadas durante o processo de urbanização.

Dentre os riachos urbanos existentes na cidade de Patos-PB, pode-se destacar o Riacho do Frango, que recebeu a intervenção de uma obra de macrodrenagem, inaugurada em 2013 e teve um investimento de 27 milhões de reais (COORDECOM, 2013).

Apesar dos gestores do município terem feito a canalização do Riacho do Frango para controle das cheias e inundações, as problemáticas continuaram existindo. Um dos motivos foi o fato do canal ter sua capacidade comprometida por ligações clandestinas de águas residuárias domésticas e pelo crescimento de vegetação invasora (Figura 7).

Figura 7 - Imagem de trecho do Canal do Frango.

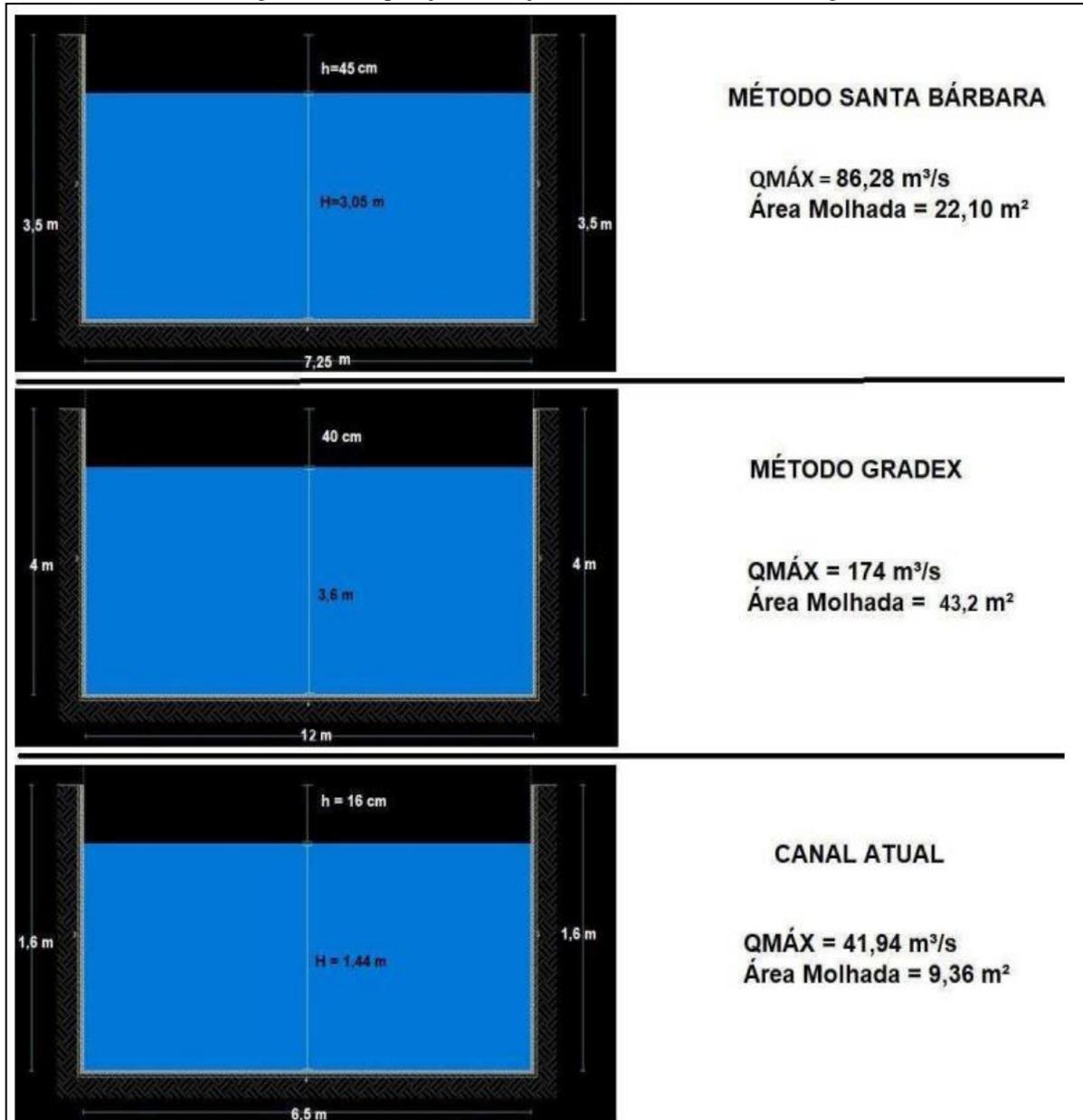


Fonte: Acervo de Lucas Gomes de Medeiros (2021) cedido à Autora.

Além de estudar os impactos, visualmente notáveis no sistema de macrodrenagem do Riacho do Frango, Araújo (2021) realizou um estudo mais completo, a fim de dimensionar a seção transversal do canal, com coordenadas de exutório  $37^{\circ}22'W$  e  $7^{\circ}01'S$ , por meio do método Santa Bárbara e GRADEX, conforme é mostrado na Figura 8, para comparar com a seção transversal instalada na obra de macrodrenagem. Conforme é observado na Figura 8, o

canal atual tem dimensões bem menores que as mínimas calculadas por meio dos métodos anteriormente citados, o que também causou a ineficiência do sistema.

Figura 8 - Comparação das seções do canal do riacho do frango.



Fonte: Araújo (2021).

De acordo, com Araújo (2021), o dimensionamento da macrodrenagem não seguiu as normas técnicas e de planejamento geral relacionadas à drenagem urbana, fazendo com que a seção do canal não ficasse adequada à realidade hidrológica da cidade. Ou seja, quando ocorre chuvas dentro da média, o canal atinge o pico de cheia e transborda com facilidade.

Essa problemática, aliada a uma microdrenagem ineficiente, gera zonas de inundação e alagamentos, causando transtorno à população local (Figura 9 e 10).

Figura 9 - Pico de cheia do canal do frango em diversos trechos.



Fonte: Mais Patos *apud* Blog do Toscana Neto (2014).

Figura 10 - Pico de cheia do canal do frango.



Fonte: Patos Verdade (2018) *apud* Araújo (2021).

Araújo (2021) recomendou em seu estudo que, além da readequação dos sistemas de macrodrenagem e microdrenagem já existentes, é preciso que os órgãos técnicos e reguladores do município de Patos-PB formulem normas de drenagem a serem seguidas, a fim de reduzir os impactos da urbanização no Riacho do Frango e demais corpos hídricos.

Atualmente, o Canal do Frango foi contemplado com a instalação de um controlador de vazão a montante e a construção de uma bacia de retenção (VITRINE PATOS, 2023). Ambas são obras compensatórias para combater a ineficiência do canal instalado.

Cardoso (2008) destaca que o processo não planejado de expansão urbana, como aconteceu na cidade de Patos-PB, é caracterizado pela ocupação de áreas inadequadas como leitos de rios e várzeas de inundação, criando situações de risco e acarretando graves consequências para o meio ambiente e para a população. Além disto, também pode ocorrer ocupação irregular sobre as áreas de mananciais destinados para o abastecimento humano, podendo até comprometer a sustentabilidade hídrica.

### 3.5 MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL

Barbosa (2014) orienta que a adoção de medidas de controle ambiental precisa ser aplicada em todas as fases do empreendimento, sendo necessária a realização de relatórios, pareceres técnicos e mapeamentos, nos quais serão destacados o meio de interação a que se destinam, os custos envolvidos, a responsabilidade pela implementação (poder público, empreendedor, etc.), o tempo de permanência, a justificativa descritiva e a ilustração do seu uso.

“As medidas de controle ambiental podem ter caráter de prevenção, mitigação, compensação ou potencialização dos impactos ambientais” (SÁ, 2016).

Medidas mitigadoras/atenuantes “são ações propostas com a finalidade de reduzir a magnitude ou a importância dos impactos ambientais adversos” (SÁNCHEZ, 2013).

Medidas preventivas tem o objetivo de “minimizar ou eliminar eventos nos meios físico, biótico e antrópico, antecedendo a ocorrência do impacto negativo” (BARBOSA, 2014).

As medidas corretivas restabelecem o meio ambiente a situação anterior à ocorrência de um evento adverso, por meio de ações de controle ou da eliminação do fator causador do impacto (BARBOSA, 2014).

As medidas compensatórias são “ações que visam a compensar a perda de um bem ou função que será perdido em decorrência do projeto em análise” (SÁNCHEZ, 2013).

As medidas potencializadoras objetivam “otimizar o efeito de um impacto positivo decorrente da implantação do empreendimento” (BARBOSA, 2014).

Apesar de alguns autores não fazerem uma relação direta, as medidas de controle de drenagem, elencadas no subtópico 3.5.1 deste estudo, são exemplos de medidas de controle ambiental, pois elas deverão ser utilizadas para reparar os impactos causados pela falta ou ineficiência de um sistema de drenagem e manejo de águas pluviais.

Quando essas medidas não são planejadas e executadas de forma eficiente e sustentável, causam desperdício de recursos financeiros em obras irregulares que precisarão de remediação em um curto espaço de tempo.

### 3.5.1 Medidas de controle na drenagem urbana

Tucci (2005) explica em seus estudos que é impossível controlar totalmente as inundações, porém com o emprego de medidas de drenagem adequadas, visa-se minimizar as suas consequências com o melhor custo-benefício.

Para que a drenagem urbana cause o menor impacto e sua complexidade seja respeitada é necessário incluir aspectos técnicos de engenharia, sanitários, ecológicos, legais e econômicos, além de exigir uma conexão muito mais estreita com a concepção e gestão dos espaços urbanos (SILVEIRA, 2002).

As medidas de controle de inundações são classificadas em medidas não estruturais e medidas estruturais. Carrera *et al* (2016), cita que

as medidas estruturais são todas e quaisquer obras de engenharia e caracterizam-se por envolver grande quantidade de recursos e resolver problemas específicos de uma região. Já as medidas não estruturais são aquelas de natureza institucional, administrativa ou financeira e caracterizam-se por apresentar custos menores e ser aplicadas de forma difusa. Apesar da divisão, vale ressaltar que medidas estruturais e não estruturais devem ser aplicadas de forma conjunta e integrada.

A SUDERHSA (2002), enfatiza que o custo de proteção de uma área inundável por medidas estruturais é, em geral, superior ao de medidas não-estruturais, sendo sugestivo utilizar os princípios básicos de uma drenagem urbana moderna. Estes princípios se enquadram na abordagem ambiental, que se baseia numa correta gestão dos impactos do meio urbano sobre o meio ambiente hidrológico, sendo oposto as ações de aumentar as cheias naturais e fazer intervenções no meio ambiente, que provoquem aumento ou transferência de enchentes para outros locais, à montante ou à jusante.

Segundo os conceitos de Tucci (2012), nas áreas ribeirinhas pertencentes às zonas rurais, os custos das medidas estruturais são muito altos, sendo indicadas as medidas não estruturais. Já na drenagem urbana, existem dois cenários para serem analisados:

- a) Nas áreas ainda não construídas, são usadas medidas não estruturais, como a legislação, a fiscalização, o controle e os mecanismos de incentivos econômicos;
- b) Nas áreas já construídas, são utilizadas medidas estruturais que priorizam a diminuição do escoamento na fonte ou na macrodrenagem;

As medidas estruturais podem ser extensivas e intensivas. As extensivas são aquelas que causam modificação em toda a bacia, alterando as relações entre precipitação e vazão, a exemplo da melhoria da cobertura vegetal e pavimentos permeáveis. Já as intensivas são aquelas que atuam diretamente no curso d'água, como os diques, canalizações e bacias de amortecimento ou de infiltração (CARRERA *et al*, 2016).

A utilização de medidas sustentáveis de controle para a drenagem urbana trata de reter o escoamento na fonte, no loteamento ou na macrodrenagem, por meio de infiltração ou armazenamento, evitando a transferência dos impactos para a jusante. Para que esse método seja adotado, é preciso legislações municipais, a exemplo do Plano Diretor, que contenham as diretrizes a serem seguidas. Esta é uma prática que os países desenvolvidos implementaram desde os anos 1970, e a literatura internacional apresenta grande número de práticas sustentáveis sobre o assunto (TUCCI, 2012).

### 3.6 PLANOS E PROGRAMAS AMBIENTAIS

Barbosa (2014) define os programas e planos ambientais como um conjunto de diretrizes que objetivam: a prevenção ambiental, o uso adequado e sustentável dos recursos naturais, a diminuição dos impactos adversos causados, a correção de danos ambientais e a implementação e monitoramento de medidas compensatórias.

Para que os planos e programas ambientais atinjam seus objetivos, é imprescindível, a adoção de metodologias que indiquem os parâmetros e justificativas dos modelos selecionados para o diagnóstico e análise dos impactos, por meio de critérios técnicos, que possam avaliar os fatores ambientais. (BARBOSA, 2014).

Sánchez (2013) enfatiza que o sucesso dos planos e programas de monitoramento não depende somente da sua estruturação, mas também da aplicação por uma equipe conscientizada e capacitada.

É fundamental que os planos e programas de monitoramento passem por vistorias e readequações necessárias ao longo da sua aplicação, a fim de garantir um melhor acompanhamento das medidas de controle ambiental propostas (SÁ, 2016).

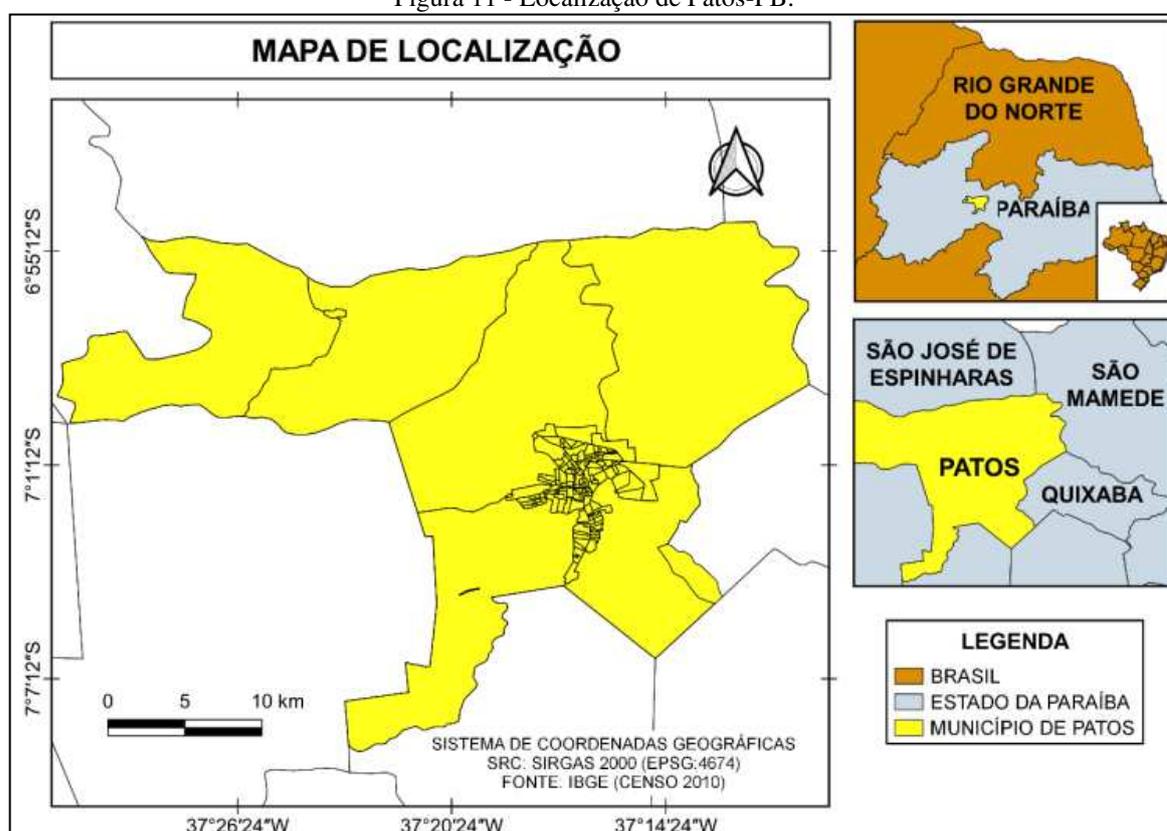
Os planos e programas aplicados ao manejo de águas pluviais e drenagem urbana precisam ter um monitoramento a longo prazo, para que haja um desenvolvimento sustentável na bacia hidrográfica dos corpos hídricos urbanos e a readequação das medidas de controle de drenagem aplicadas.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo desta pesquisa está localizada no perímetro urbano do município de Patos-PB, situado na mesorregião do sertão paraibano (Figura 11). De acordo com o censo de 2022, a população era de 103165 habitantes e a densidade demográfica de 218,16 hab/km<sup>2</sup>. A área territorial do município é 472,892 km<sup>2</sup> e o bioma predominante é a caatinga (IBGE, 2023).

Figura 11 - Localização de Patos-PB.



Fonte: Medeiros (2021).

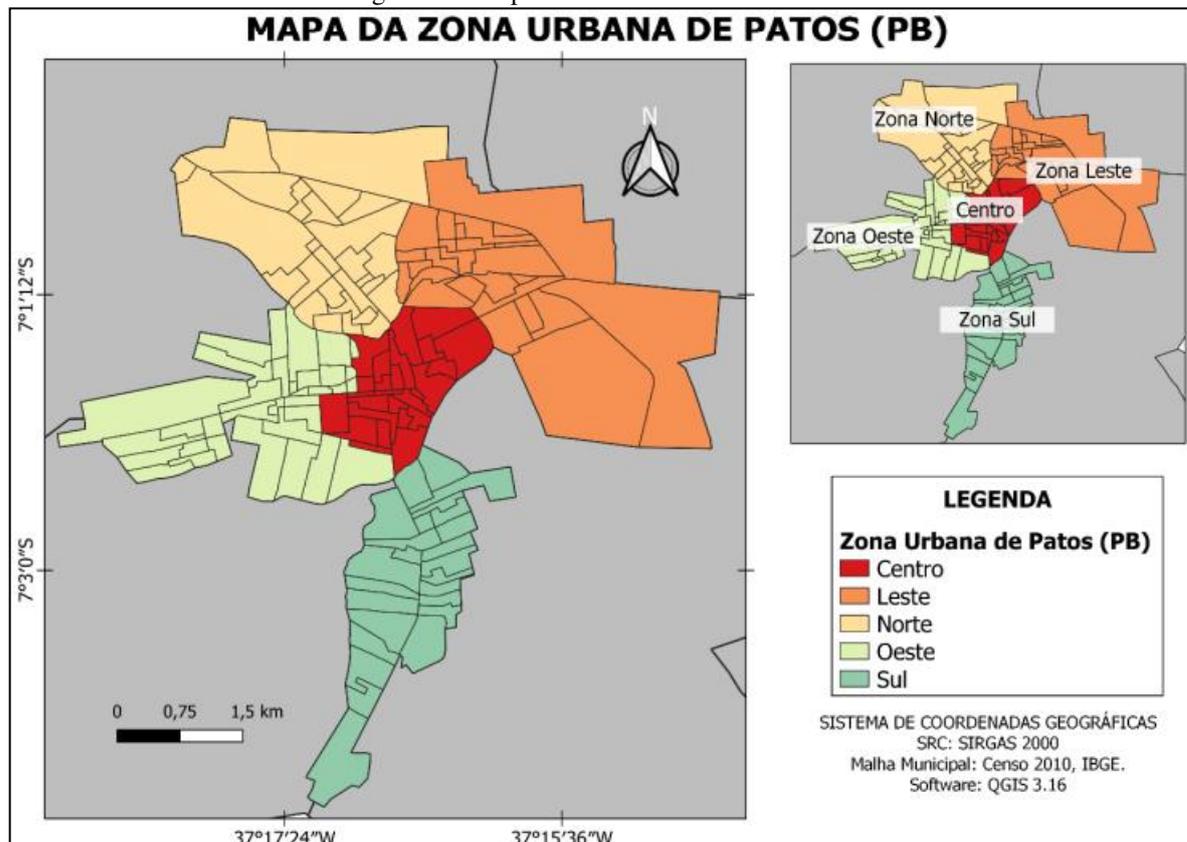
O clima predominante no município é o quente e seco, com temperatura máxima de 38°C e mínima de 28°C. A cidade limita-se com São José de Espinharas, Santa Terezinha, São José do Bonfim, Cacimba de Areia, Quixaba, São Mamede e Malta (PMP, 2023).

Atualmente, o município é o quinto maior da Paraíba, não somente pelo aspecto de sua extensão e estrutura física, mas também pela sua população flutuante, ofertas de vaga de trabalho da iniciativa privada (setor de serviço, comércio e indústria), que contribuem com a geração de emprego, renda e tributos. Devido sua influência no desenvolvimento no interior do

Estado, passou a ser conhecida como "Capital do Sertão" e pelas características do clima local, por "Morada do Sol" (PMP, 2023).

Na Zona Leste do perímetro urbano de Patos–PB (Figura 12), encontra-se o Riacho São Sebastião (Figura 13), objeto de estudo da presente pesquisa, que pertence a Bacia Hidrográfica do Rio Espinhara, sub-bacia da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu (CURADO *et al*, 2022), que percorre pelo semiárido do Nordeste brasileiro e deságua no Oceano Atlântico (ANA, 2023).

Figura 12 - Mapa da zona urbana de Patos-PB.



Fonte: Medeiros (2021).

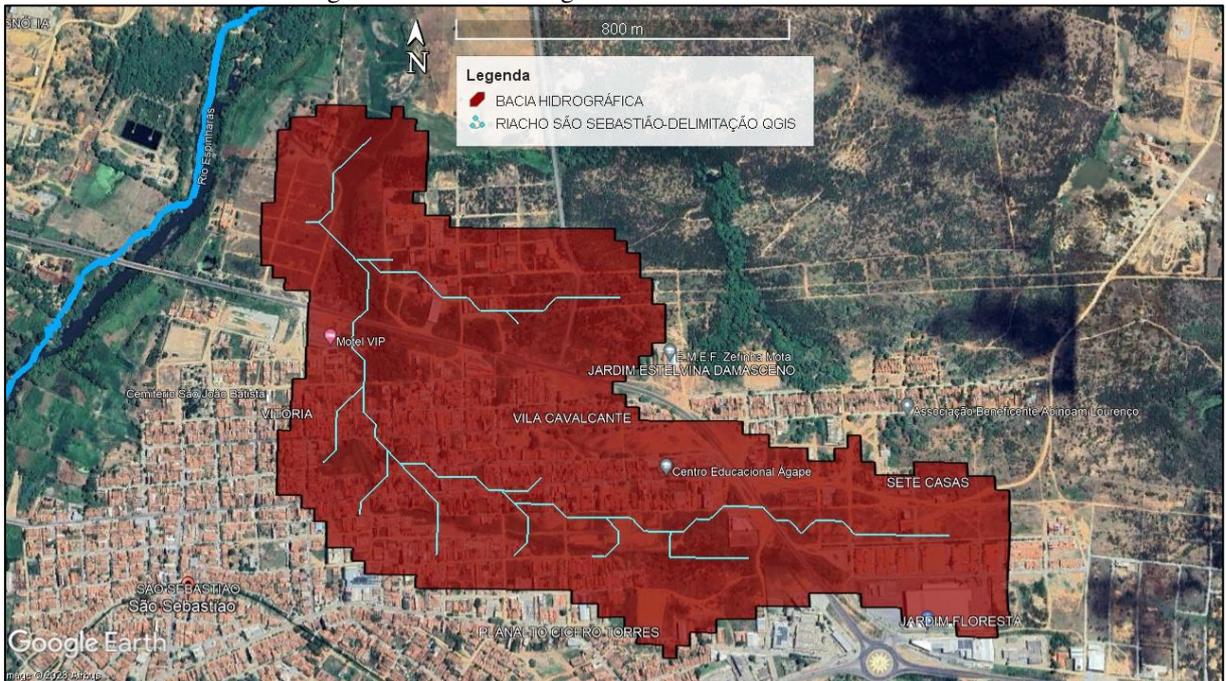
Conforme pode ser visto na Figura 13, o leito atual do Riacho São Sebastião tem início próximo ao empreendimento da rede atacadista Carrefour (Atacadão), e o fluxo de suas águas segue cortando os bairros São Sebastião e Sete Casas, até desaguar em outro riacho, sem nome definido até o momento, que segue seu caminho até desaguar no Rio Espinharas. Na figura 14, é possível ver a bacia de contribuição (Hidrográfica) do riacho em estudo e o que corresponderia ao seu leito natural antes da intervenção humana, que teria uma extensão aproximada de 2,338 km.

Figura 13 - Áreas cortadas pelo riacho São Sebastião.



Fonte: Google Earth (2023).

Figura 14 - Bacia Hidrográfica do Riacho São Sebastião.

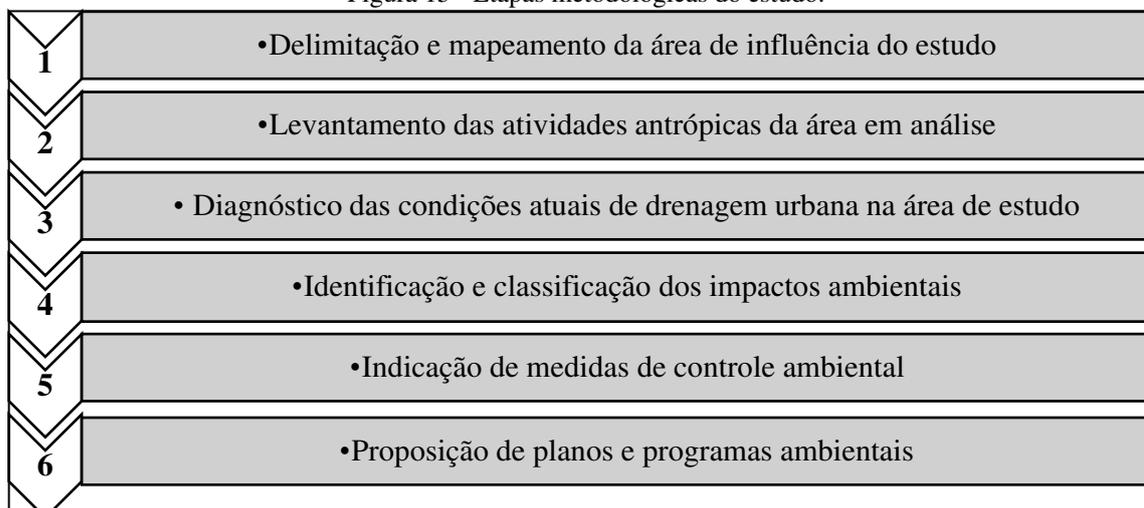


Fonte: Google Earth com metadados gerados no Software Qgis 3.28.13.

## 4.2 METODOLOGIA

As etapas metodológicas do estudo estão citadas no Fluxograma da Figura 15.

Figura 15 - Etapas metodológicas do estudo.



Fonte: Acervo da Autora (2023).

Nesta pesquisa abordou-se a revisão bibliográfica, na qual foram utilizados artigos técnicos e científicos, estudos acadêmicos, manuais, livros, relatórios e portais do poder público para a coleta de dados e informações técnicas e científicas relacionadas à drenagem urbana e manejo de águas pluviais e às implicações ambientais associadas à falta ou insuficiência desses serviços do saneamento básico.

As atividades do estudo incluíram também visitas *in loco* na área de estudo para coleta de dados e informações para fotodocumentação e levantamentos para a AIA.

Com o auxílio do *Software Microsoft Excel 365*, foram gerados tabelas e gráficos com os dados obtidos para posterior análise dos resultados da pesquisa.

Por fim, foram utilizadas imagens de satélite e ferramentas de geoprocessamento para o desenvolvimento do estudo.

### 4.2.1 Delimitação e mapeamento da área de influência do estudo

A Área de Influência Total (AIT) é composta pela Área Diretamente Afetada (ADA), Área de Influência direta (AID) e pela Área de Influência Indireta (AII).

A AIT da presente pesquisa abrange o espaço geográfico da Bacia Hidrográfica do Riacho São Sebastião, no qual utilizou-se as ferramentas *Software QGIS 3.28.13*, como o

*Buffer, Fill Sinks (Wang & Liu), Strahler Order, Channel Network and Drainage e Upslope Area*, e uma imagem do Modelo Digital de Elevação (MDE) para fazer sua delimitação, seguindo a metodologia do *Open Courseware for GIS*.

A ADA abrangeu a largura da calha maior ao longo do comprimento total do traçado do Riacho São Sebastião e os córregos que contribuem para sua vazão.

A AID compreendeu a todo o trecho do riacho na largura equivalente ao que deveria ser a área de mata ciliar, ou seja, no mínimo 30 metros por se tratar de um corpo hídrico com menos de 10 m de largura em área urbana) a partir da calha maior do riacho, nas duas margens, de acordo com a Lei n. 12.651 de 25 de maio de 2012, que instituiu o “Novo Código Florestal Brasileiro”.

AII correspondeu ao que restou da AIT, ou seja, a área geográfica resultante ao se descontar a ADA e AID.

A delimitação da área de influência do estudo permitiu uma melhor análise da região, sendo possível identificar os impactos ambientais e indicar medidas para prevenir, mitigar ou compensar os impactos identificados na área em questão.

#### **4.2.2 Levantamento das atividades antrópicas da área em análise**

O levantamento das atividades antrópicas foi realizado na AIT, na qual foram feitas visitas de campo nos trechos do Riacho São Sebastião, em que se fez coleta de dados e informações, além de fotodocumentação para o registro das diferentes atividades identificadas e observadas na área em questão.

Por fim, foram elencadas e descritas as atividades observadas na área de estudo, especialmente no Riacho São Sebastião e seu entorno.

#### **4.2.3 Diagnóstico das condições atuais de drenagem urbana na área de estudo**

No diagnóstico das condições atuais de drenagem urbana e manejo de águas pluviais, foram realizadas visitas de campo na AIT do estudo, onde foi possível observar equipamentos de drenagem existentes e a ausência dos que seriam necessários. Os dados foram documentados em fotografias e comparados com estudos semelhantes, a exemplo de Sá (2016). Araújo (2022) e Dantas (2023), para uma melhor análise da região estudada.

#### 4.2.4 Identificação e classificação dos impactos ambientais

A identificação dos impactos ambientais foi realizada para os meios físico, biótico e antrópico na ADA e AID.

O desenvolvimento dessa etapa foi conduzido com visitas de campo, registros fotográficos e pesquisas bibliográficas e materiais acadêmicos com problemáticas semelhantes ao estudo em caso.

Para a identificação dos impactos ambientais, foram utilizados os métodos de AIA: *Ad Hoc*, *Check List* e *Matriz de Interação*. Os dados obtidos foram organizados em formato de quadros e matrizes no *software Microsoft Excel 365*, a partir dos quais foram realizadas análises qualitativas e quantitativas.

A determinação da significância dos impactos ambientais identificados foi conduzida por meio da metodologia de Sá (2016), que foi adaptada de Leopold *et al.* (1971), e teve por base a obtenção dos valores da magnitude e importância de cada impacto ambiental. A autora determinou uma escala de valores inteiros com variação de 1 a 10, que correspondem a pesos atribuídos para cada impacto ambiental (Quadro 2). Para uma maior precisão dessa técnica de análise, os pesos devem estar de acordo com os critérios de referência, definidos como Saúde Pública (SP), Qualidade de Vida (QV) e Potencial de Degradação Ambiental (PD), e com o entendimento técnico dos conceitos de magnitude e importância (Quadro 3).

Quadro 2 - Escala para definição da magnitude e importância.

<b>Magnitude e Importância</b>	<b>Escala individual</b>
<b>Grande/Alta</b>	]7-10]
<b>Média</b>	]4-7]
<b>Pequena/Baixa</b>	[1-4]

Fonte: Sá (2016).

Quadro 3 - Descrição da classificação dos impactos ambientais.

<b>Critério</b>	<b>Classificação</b>	<b>Definição</b>
<b>Quanto à importância</b>	<b>Baixa/Pequena</b>	Quando apresenta baixa interferência sobre o meio ambiente e em relação aos demais impactos.
	<b>Média</b>	Quando apresenta interferência de intensidade média sobre o meio ambiente e em relação aos demais impactos.
	<b>Alta</b>	Quando apresenta uma alta interferência sobre o meio ambiente e em relação aos demais impactos.
<b>Quanto à Magnitude</b>	<b>Baixa/Pequena</b>	Quando a variação no valor dos indicadores for inexpressiva, com baixo ou mínimo efeito no fator ambiental considerado.
	<b>Média</b>	Quando a variação no valor dos indicadores for expressiva, porém sem alcance para descaracterizar o fator ambiental considerado.
	<b>Alta</b>	Quando a variação no valor dos indicadores for de tal ordem que possa levar à descaracterização do fator ambiental considerado.

Fonte: Adaptado de Sá (2010).

Para classificação dos impactos ambientais significativos (Quadro 4), fez-se o produto dos valores atribuídos para a magnitude e importância. O valor final obtido para cada impacto ambiental foi enquadrado na escala de significância de 1 a 100, conforme consta no Quadro 5.

Quadro 4 - Definição e classificação quanto a significância

<b>Critério</b>	<b>Classificação</b>	<b>Definição</b>
<b>Quanto a significância</b>	<b>Não significativo (NS)</b>	O grau de significância leva em consideração a magnitude e a importância do impacto.
	<b>Significativo (S)</b>	
	<b>Muito significativo (MS)</b>	

Fonte: Leite (2014).

Quadro 5 - Escala de significância.

<b>Significância</b>	<b>Escala</b>
<b>MS</b>	<b>]70-100]</b>
<b>S</b>	<b>]40-70]</b>
<b>NS</b>	<b>[1-40]</b>

Fonte: Sá (2016).

Após a identificação dos impactos Significativos e Muito Significativos, foi realizada a sua classificação com base nos critérios: valor, potencial de mitigação, tempo de

ocorrência/duração, ordem de ocorrência e reversibilidade. No Quadro 6, tem-se a denominação, classificação e descrição de cada critério adotado no estudo.

Quadro 6 - Descrição da classificação dos impactos ambientais.

CRITÉRIO	CLASSIFICAÇÃO	DEFINIÇÃO
QUANTO AO VALOR	POSITIVO (P)	QUANDO O EFEITO GERADO FOR BENÉFICO PARA O FATOR AMBIENTAL CONSIDERADO.
	NEGATIVO (N)	QUANDO O EFEITO GERADO FOR ADVERSO PARA O FATOR AMBIENTAL CONSIDERADO.
QUANTO À MITIGAÇÃO	MITIGÁVEL (M)	QUANDO O EFEITO NO COMPONENTE/FATOR OU ELEMENTO AMBIENTAL, OU NO AMBIENTE, PODE SER REDUZIDO PARCIAL OU TOTALMENTE.
	NÃO MITIGÁVEL (NM)	QUANDO O EFEITO NO COMPONENTE/FATOR OU ELEMENTO AMBIENTAL, OU NO AMBIENTE, NÃO PODE SER REDUZIDO PARCIAL OU TOTALMENTE.
QUANTO AO TEMPO DE OCORRÊNCIA/ DURAÇÃO	CURTO PRAZO (CP)	QUANDO SEUS EFEITOS SÃO SENTIDOS NO MOMENTO DA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO OU ATIVIDADE.
	MÉDIO A LONGO PRAZO (MLP)	QUANDO O EFEITO OCORRE APÓS UM CERTO TEMPO DA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO OU ATIVIDADE.
	CÍCLICO (C)	QUANDO O EFEITO OCORRE EM INTERVALOS DE TEMPO DETERMINADOS OU VARIADOS.
	PERMANENTE (PE)	QUANDO SEU EFEITO CONTINUA APÓS A SUSPENSÃO DA ATIVIDADE QUE O ORIGINOU.
	TEMPORÁRIO (T)	QUANDO O EFEITO DO IMPACTO TEM DURAÇÃO DETERMINADA.
QUANTO À ORDEM DE OCORRÊNCIA	DETERMINÍSTICO (D)	QUANDO SE TEM A CERTEZA DE SUA OCORRÊNCIA.
	PROBABILÍSTICO (PR)	QUANDO A OCORRÊNCIA DO IMPACTO É INCERTA.
QUANTO À REVERSIBILIDADE	REVERSÍVEL (R)	QUANDO SEU EFEITO PODE SER CESSADO.
	IRREVERSÍVEL (IR)	QUANDO SEU EFEITO PERMANECE AO LONGO DO TEMPO.

Fonte: Adaptado de Sá (2010), Leite (2014), Fogliatti *et al* (2004) *apud* Leite (2014) e Phillipi Jr *et al* (2004) *apud* Leite (2014).

Com os impactos ambientais classificados, foram realizadas análises quantitativas e, em seguida, gerados gráficos no *Software Excel 365*.

#### 4.2.5 Indicação de medidas de controle ambiental

A adoção de medidas de controle ambiental foi priorizada para os impactos ambientais Significativos e Muito Significativos obtidos na área de estudo e foram de natureza preventiva, mitigadora e compensatória

Para um melhor embasamento técnico, foram realizadas pesquisas em livros, em manuais de drenagem e de saneamento básico, EIAs-RIMAs e outros estudos ambientais de

atividades humanas semelhantes ao caso em estudo, com a complementação a partir do conhecimento técnico da autora do estudo.

#### **4.2.6 Proposição de planos e programas ambientais**

Os planos e programas ambientais tiveram a finalidade principal de acompanhar a ocorrência dos impactos ambientais e monitorar o desempenho das medidas de controle ambiental, com foco na eficácia e eficiência e, caso necessário, na otimização ou substituição das ações propostas em estudo, a fim de melhorar as condições ambientais em que se encontra o Riacho São Sebastião.

Para esta pesquisa, foram indicados planos e programas ambientais para as medidas de controle ambiental propostas para os impactos Significativos e Muito Significativos, com base em estudos técnicos e científicos, do meio acadêmico e profissional semelhantes, e de acordo com o conhecimento técnico da autora da pesquisa.

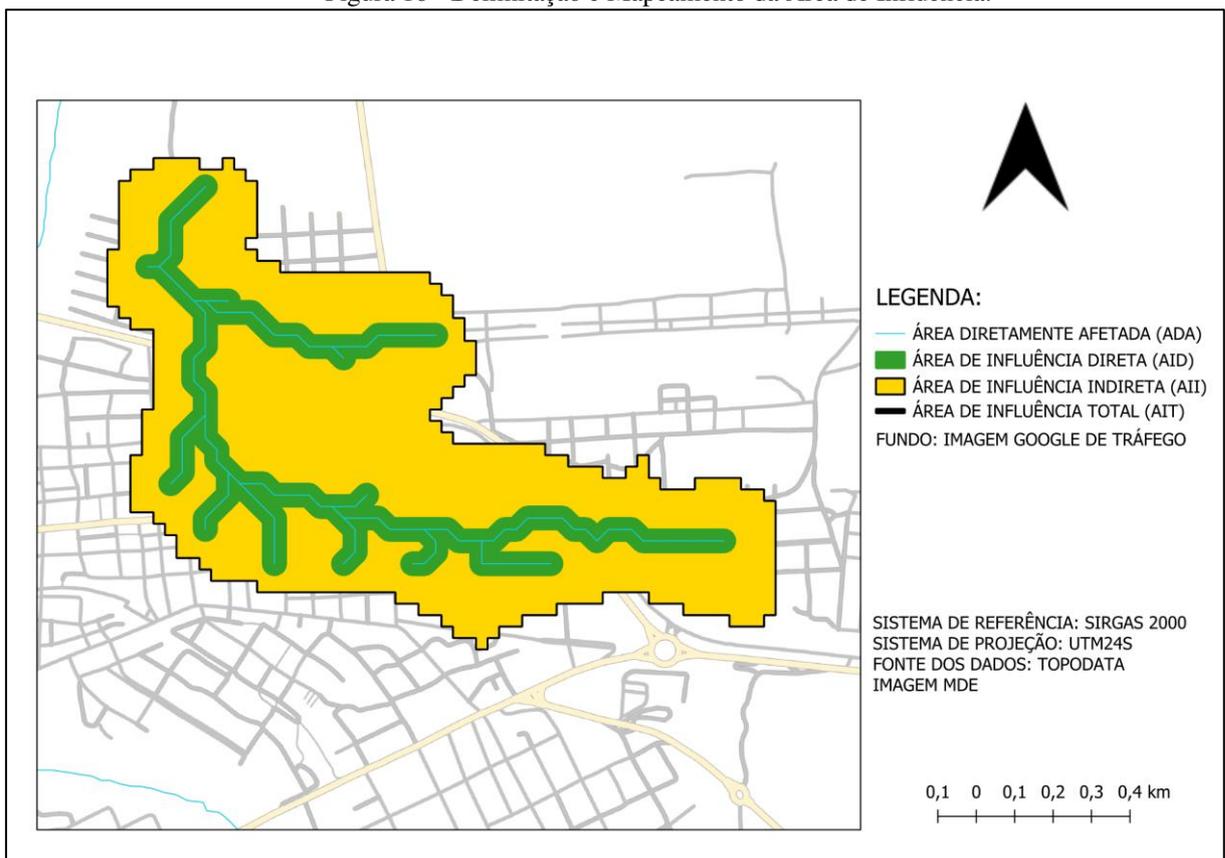
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 DELIMITAÇÃO E MAPEAMENTO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO ESTUDO

Na Figura 16, mostram-se a delimitação e o mapeamento da AIT do presente estudo, que correspondeu a toda área de contribuição do Riacho São Sebastião. É possível, observar também a ADA, corresponde ao curso de água, AID, que abrange a área verde do mapa, e a AII, refere-se a área amarela.

A ADA e AID são as áreas mais atingidas pelos impactos significativos e muito significativos da urbanização desenfreada. A AII é a menos impactada, por ter sua abrangência nas áreas de maior cota altimétrica e mais longe do leito do riacho em estudo e seu entorno.

Figura 16 - Delimitação e Mapeamento da Área de Influência.



Fonte: Elaborado pela Autora com Imagem MDE TOPODATA (2023).



Nas Figuras 18 e 19, são apontadas as instalações de estabelecimentos residenciais e comerciais que foram indevidamente construídos no leito do Riacho, como o Supermercado Atacadão e inúmeras residências.

Figura 18 - Atacadão e residências construídas no leito do Riacho São Sebastião.



Fonte: Acervo da Autora (2022).

Figura 19 - Residências construídas no leito do Riacho São Sebastião na rua Alameda Canal.



Fonte: Acervo da Autora (2023).

Na Figura 20, é mostrado o leito do riacho e seus córregos afluentes, mapeados no *software* QGIS e como ele se encontra atualmente, em que é possível ver os trechos aterrados e os diversos desvios forçados que as águas tomaram ao longo da urbanização na sua calha (Figura 21).



Os demais estabelecimentos residenciais e comerciais que não aterraram a calha natural do corpo hídrico em estudo, foram construídos inadequadamente ao redor de suas margens, conforme é observado nas Figuras 22 e 23. A ocupação do solo não atende o que recomenda o “Novo Código Florestal Brasileiro”, instituído pela Lei 12.651/2012, que determina, para corpos hídricos urbanos com menos de 10 m de largura, uma Área de Preservação Permanente (APP) de, no mínimo, 30 m em cada margem.

Figura 22 - Lava a Jato construído nas margens do riacho na rua Antônio Félix.



Fonte: Acervo da Autora (2023).

Figura 23 - Residências construídas nas ruas (a) Pedro Saraiva Moura e (b) Euclides Gouveia de Lima.



Fonte: Acervo da Autora (2023).

Foi observado, ainda, que em parte dos trechos do corpo hídrico em estudo, a mata ciliar foi desmatada e parte do leito invadido para dar lugar a plantações irregulares de gramíneas (capim) e criação de animais, como pode ser observado na Figura 24.

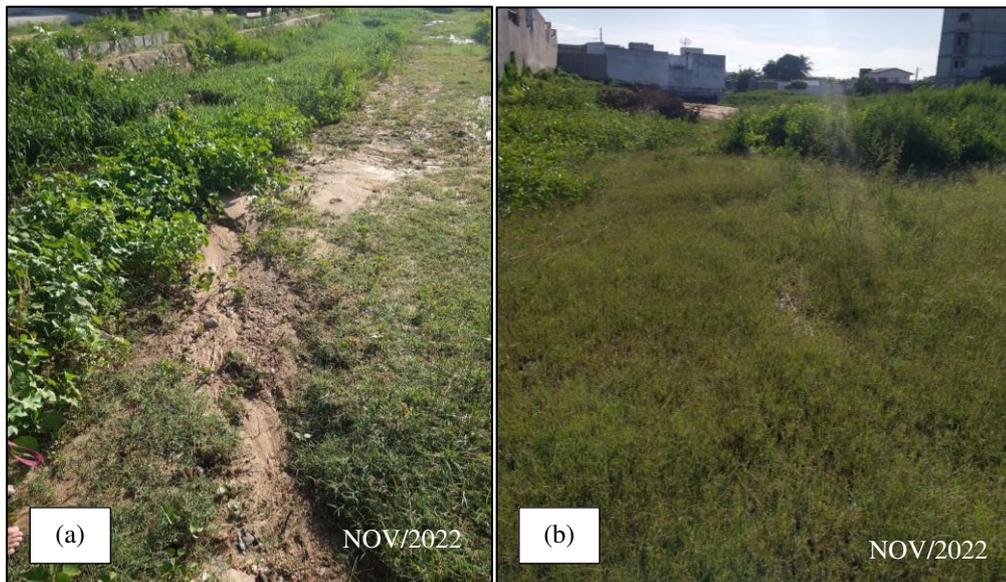
Figura 24 - Atividades agropecuárias no (a) Lot. Wantuy da Silva Martins e nas ruas (b) Pedro Saraiva Moura e (c) João Mariano de Oliveira.



Fonte: Acervo da Autora (2023).

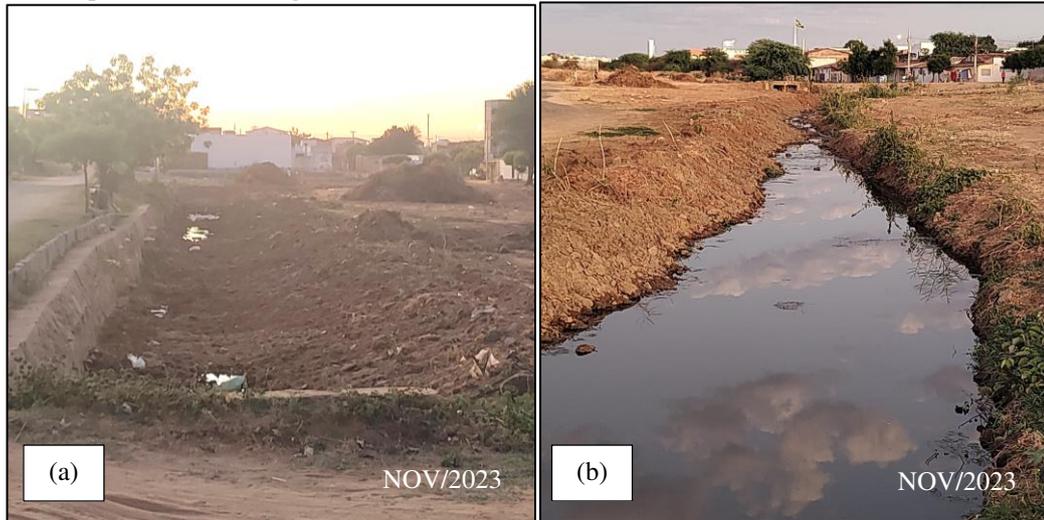
O restante do solo descoberto foi invadido por vegetação rasteira comum em áreas degradadas (Figura 25) e, à medida que as gramíneas crescem, a Secretaria de Serviços Públicos faz uma limpeza total, por meio de capina mecanizada dos trechos do riacho e dos terrenos ao redor (Figura 26), o que intensifica a degradação ambiental da área de mata ciliar e do leito e das suas águas.

Figura 25 - Vegetação invasora no leito e margens do riacho nas ruas (a) Alameda Canal e (b) Euclides Gouveia de Lima.



Fonte: Acervo da Autora (2023).

Figura 26 - Capina no leito e margens do riacho nas Ruas. (a) Alameda Canal e (b) Euclides Gouveia de Lima.



Fonte: Acervo da Autora (2023).

Em adição a isto, ao longo do curso do Riacho São Sebastião, foram observadas atividades domésticas e comerciais, que também contribuem para a degradação do corpo hídrico. Nas Figuras 27 e 28, observa-se a destinação de resíduos sólidos nas margens e leito do riacho, e, na Figura 29, é destacado o lançamento de efluentes. Mesmo a secretaria de Serviços Públicos realizando a limpeza, as atividades possuem ocorrência frequente devido à falta de educação ambiental da população.

Figura 27 - Destinação de resíduos sólidos no entorno e no leito do riacho na rua Euclides Gouveia de Lima.



Fonte: Acervo da Autora (2023).

Figura 28 - Destinação de resíduos sólidos no entorno e no leito do Riacho na rua Antônio Félix.



Fonte: Acervo da Autora (2023).

Figura 29 - Lançamento irregular de efluentes domésticos e comerciais nas ruas (a) João Mariano de Oliveira e (b) Pedro Saraiva Moura.



Fonte: Acervo da Autora (2023).

As atividades irregulares observadas no Riacho São Sebastião e no seu entorno, citadas no parágrafo anterior, foram encontradas, inclusive, nos estudos realizados por Araújo (2022), em Aparecida-PB, por Sá (2016), em Pombal-PB, e por Dantas (2023), em Catolé do Rocha-PB.

No Quadro 7, constam-se as principais atividades antrópicas encontradas no Riacho São Sebastião e seu entorno.

Quadro 7 - Atividades antrópicas na área de estudo.

<b>Classe</b>	<b>Atividades antrópicas</b>
<b>1</b>	Implantação/Funcionamento irregular de loteamentos
<b>2</b>	Construção irregular de edificações residenciais e comerciais
<b>3</b>	Atividades agropecuárias irregulares
<b>4</b>	Desmatamento
<b>5</b>	Capina inadequada de vegetação herbácea pela prefeitura
<b>6</b>	Atividades domésticas irregulares
<b>7</b>	Atividades comerciais irregulares

Fonte: Acervo da Autora (2023).

### 5.3 DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES ATUAIS DE DRENAGEM URBANA NA ÁREA DE ESTUDO

O município de Patos-PB não possui um Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU), o que diverge da Lei Municipal n. 3.503, de 6 de outubro de 2006, que define o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado. No Art. 30, é prevista a criação da Política Ambiental que deveria contemplar as diretrizes, projetos e programas de: ampliação dos sistemas de saneamento básico; controle das ocupações irregulares das margens dos rios, barragens e açudes; impedimento de abertura de novos loteamentos sem saneamento básico adequado; entre outros.

Por não haver legislação que regule o manejo da drenagem urbana e águas pluviais, os sistemas de drenagem existentes na área de estudo foram executados de forma inadequada ou são inexistentes em algumas regiões, o que gera riscos à população, ao patrimônio público e privado e ao meio ambiente.

A área de estudo não foi contemplada, até o momento, por uma obra de macrodrenagem adequada, e aliado a uma urbanização desenfreada no seu entorno e em parte do leito do Riacho São Sebastião, gera transtornos à população local, destacando-se a inundação das áreas de várzea no período chuvoso (Figura 30). Este contratempo impede/dificulta o acesso de algumas ruas, principalmente as que não possuem a instalação de pequenas pontes ou bueiros celulares, como pode ser observado na Figura 31.

Figura 30 - Rua Euclides Gouveia de Lima inundada após cheia do Riacho São Sebastião



Fonte: Acervo da Autora (2022).

Figura 31 - Acesso da rua José Urquiza Carneiro interrompido por falta de bueiro celular ou pequena ponte.



Fonte: Acervo da Autora (2022).

Em outros trechos, há a presença de bueiros celulares que facilitam o tráfego de pessoas e veículos (Figura 32).

Figura 32 - Bueiros celulares instalados sobre alguns trechos do riacho nas ruas (a) Pedro Saraiva Moura e (b) Assis Wanderley.



Fonte: Acervo da Autora (2023).

Na Figura 33, é exposto o meio-fio, que foi arrastado pela força das águas dos córregos aterrados que contribuem para a vazão do Riacho São Sebastião na expansão do Loteamento “Planalto Cícero Torres”.

Figura 33 - Danos causados na expansão do Loteamento Planalto Cícero Torres.



Fonte: Acervo da Autora (2022).

O SNIS não tem registro de nenhum sistema de microdrenagem na cidade de Patos-PB, ou seja, não foi elaborado nenhum projeto adequado para a área urbana. As ruas que se encontram nas adjacências do riacho possuem uma estrutura de microdrenagem precária, resumindo-se a poucos poços de visita, meio-fio, boca de lobo e galerias de águas pluviais, conforme é mostrado na Figura 34.

Figura 34 - (a) Poço de visita na rua Euclides Franco; (b) Boca de lobo na rua Antônio Félix; (c) Boca de lobo e meio-fio na rua Pedro Saraiva Moura.



Fonte: Acervo da Autora (2023).

Segundo a SEINFRA, mesmo em períodos de estiagem, ocorre a obstrução das galerias pluviais, o que indica a presença irregular de efluentes domésticos, pois a rede instalada não foi dimensionada para suportar a demanda de esgotamento sanitário. Essas galerias acabam levando os agentes poluidores até o riacho em estudo, como mostrado no subtópico 5.3.

A limpeza das galerias é realizada de forma periódica, quando é solicitada pelos moradores da região, à medida que ocorre o retorno das águas para dentro das residências ou estouram nas ruas e avenidas (Figura 35), conforme informações da SEINFRA.

Figura 35 - Exemplo de galeria pluvial estourada em rua do bairro São Sebastião.



Fonte: Vilar (2023).

Araújo (2022) mostra em seu estudo que a rede de drenagem existente em Aparecida-PB também conduz efluentes para o Rio do Peixe. A mesma situação ocorre em Catolé do Rocha-PB, como exposto por Dantas (2023), tendo o Riacho Agon como corpo hídrico receptor dos efluentes. Em Pombal-PB, o Rio Piancó recebe os efluentes por meio do sistema de drenagem ineficiente, como foi mostrado por Sá (2016).

Mesmo com um sistema de microdrenagem ineficiente, a maioria das ruas pavimentadas no entorno do Riacho São Sebastião possui um escoamento suficiente das águas das chuvas, devido ao favorecimento do relevo local, porém, a falta de um planejamento urbano adequado ainda gera pequenos alagamentos nas áreas de menor cota altimétrica.

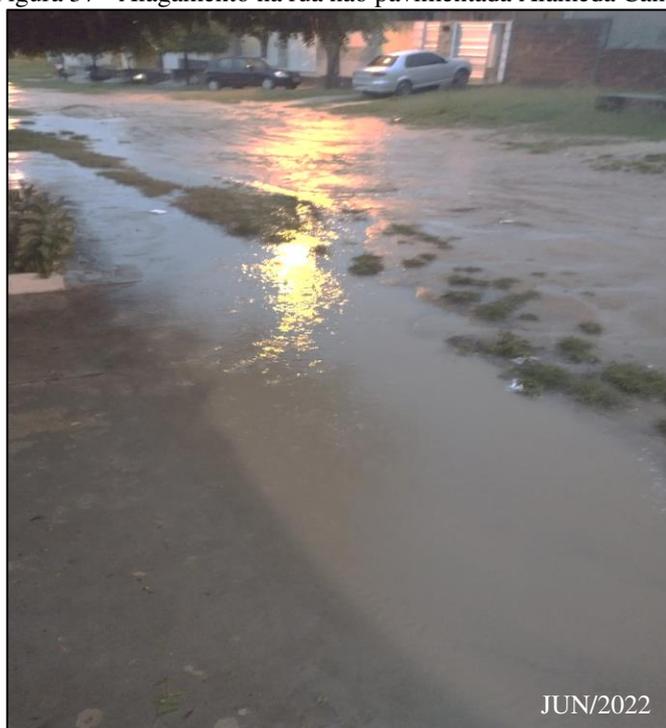
Nas ruas que não foram contempladas com pavimentação, o fluxo natural das águas agrava o processo erosivo (Figura 36) e pontos de alagamento (Figura 37), que também dificultam a mobilidade urbana, podendo causar riscos aos pedestres e motoristas.

Figura 36 - Processos erosivos em trechos não pavimentados das ruas (a) José Urquiza Carneiro e (b) Luiz Marinho dos Santos.



Fonte: Acervo da Autora (2022).

Figura 37 - Alagamento na rua não pavimentada Alameda Canal.



Fonte: Acervo da Autora (2022).

É nítido que as condições atuais de drenagem urbana na área de estudo não estão de acordo com a expansão urbana ao redor do Riacho São Sebastião, o que torna o manejo das águas pluviais e de drenagem insuficiente e precário. São necessárias medidas que possam expandir o sistema de drenagem das águas pluviais e que controlem os picos de cheia do riacho, evitando as inundações e alagamentos na região durante o período chuvoso.

#### 5.4 IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

No Quadro 8, estão listados os 68 impactos ambientais, e seus aspectos ambientais, identificados na área de estudo, de acordo com as atividades antrópicas apresentadas no Quadro 7. Os dados coletados foram organizados em uma matriz de interação entre cada impacto ambiental, e respectiva (o) atividade e aspecto ambiental, e os meios abiótico (físico), biótico e antrópico. Ao todo, foram contabilizadas 103 interações.

Quadro 8 - Matriz de interação das atividades, aspectos e impactos ambientais com os meios abiótico, biótico e antrópico (continua).

<b>Atividade</b>	<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Meio físico</b>	<b>Meio biótico</b>	<b>Meio antrópico</b>	
<b>1 e 2</b>	<b>Ausência de PDDU</b>	Alteração no uso e ocupação do solo	X	X	X	
		Aumento da frequência de inundações e alagamentos	X		X	
		Aumento dos picos de cheia/vazão	X			
		Perda de bens materiais	X		X	
		Contaminação por doenças de veiculação hídrica			X	
		Alteração do fluxo natural do riacho	X			
		Poluição da água superficial e subterrâneas	X	X	X	
		Poluição do solo no leito e no entorno do riacho	X	X	X	
		Contaminação da água		X	X	
		Alteração do ciclo hidrológico	X			
		Diminuição dos níveis dos lençóis freáticos	X			
		Alteração do relevo natural	X			
		Impedimento de uso de vias para acesso e passagem de ruas				X
		Alteração da paisagem natural do corpo hídrico	X			
		Alteração da qualidade da água devido o carregamento dos sedimentos pelas águas pluviais	X	X	X	
		Redução/Extinção do leito do riacho	X			
	<b>Aterramento do leito do riacho</b>	Diminuição dos níveis dos lençóis freáticos	X			
		Destruição da flora			X	
		Morte da fauna aquática			X	
		Afugentamento da fauna terrestre			X	
		Afugentamento da fauna aquática			X	
		Alteração do relevo natural	X			
		Impedimento de uso de vias para acesso e passagem de ruas				X
		Alteração da paisagem natural do corpo hídrico	X			
		Alteração do fluxo natural do riacho	X			
		Alteração no uso e ocupação do solo	X	X	X	
Alteração do ciclo hidrológico	X					

Fonte: Acervo da Autora (2023).

Quadro 8 - Matriz de interação das atividades, aspectos e impactos ambientais com os meios abiótico, biótico e antrópico (continua).

<b>Atividade</b>	<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Meio físico</b>	<b>Meio biótico</b>	<b>Meio antrópico</b>
<b>1 e 2</b>	<b>Ocupação irregular de áreas de risco</b>	Aumento dos picos de cheia/vazão	X		
		Aumento da frequência de inundações e alagamentos	X		X
		Contaminação por doenças de veiculação hídrica			X
		Alteração do fluxo natural do riacho	X		
		Perda de bens materiais	X		X
<b>3</b>	<b>Cobertura vegetal por gramíneas</b>	Alteração da qualidade da água devido a plantação irregular	X	X	
		Destruição/Perda da mata ciliar		X	
		Alteração da paisagem natural da mata ciliar	X		
		Alteração da paisagem natural do corpo hídrico	X		
		Afugentamento da fauna terrestre		X	
		Afugentamento da fauna aquática		X	
	<b>Criação de animais</b>	Alteração da qualidade da água	X	X	
<b>4</b>	<b>Remoção da mata ciliar</b>	Aceleração da erosão do solo	X		
		Aumento do Assoreamento no leito do riacho	X	X	
		Destruição/Perda da mata ciliar		X	
		Alteração da paisagem natural da mata ciliar	X		
		Afugentamento da fauna terrestre		X	
		Alteração do ciclo hidrológico	X	X	
		Destruição da flora		X	
		Alteração da paisagem natural do corpo hídrico	X		
<b>5</b>	<b>Remoção irregular mecanizada ou manual de gramíneas</b>	Aceleração da erosão do solo	X		
		Aumento do Assoreamento no leito do riacho	X	X	

Fonte: Acervo da Autora (2023).

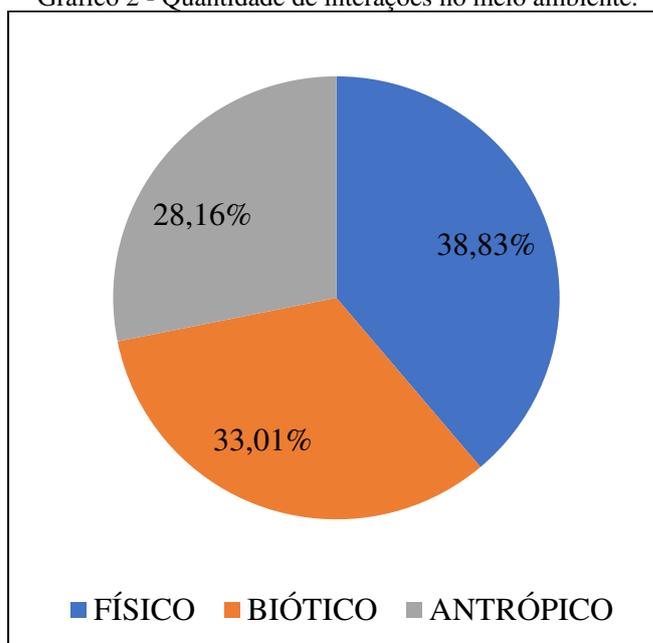
Quadro 8– Matriz de interação das atividades, aspectos e impactos ambientais com os meios abiótico, biótico e antrópico (conclusão).

<b>Atividade</b>	<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Meio físico</b>	<b>Meio biótico</b>	<b>Meio antrópico</b>
<b>6</b>	<b>Lançamento ilegal de efluentes domésticos</b>	Aumento do alagamento nas residências e ruas devido o retorno dos efluentes na época de cheia e por obstrução			X
		Eutrofização do ambiente aquático		X	
		Aumento dos vetores de doenças (microrganismos, insetos, etc.)		X	X
		Poluição do solo no leito e no entorno do riacho	X	X	X
		Poluição da água superficial e subterrâneas	X	X	X
		Aumento dos odores desagradáveis			X
		Morte da fauna aquática		X	
	<b>Acúmulo de resíduos sólidos</b>	Aumento dos vetores de doenças (microrganismos, insetos, etc.)		X	X
		Poluição do solo no leito e no entorno do riacho	X	X	X
		Poluição da água superficial e subterrâneas	X	X	X
Aumento do alagamento nas residências e ruas devido o retorno dos efluentes por obstrução				X	
		Aumento dos odores desagradáveis			X
<b>7</b>	<b>Lançamento ilegal de efluentes comerciais</b>	Aumento do alagamento nos comércios e ruas por causa do retorno dos efluentes na época de cheia e por obstrução			X
		Eutrofização do ambiente aquático		X	
		Aumento dos vetores de doenças (microrganismos, insetos, etc.)		X	X
		Poluição do solo no leito e no entorno do riacho	X	X	X
		Poluição da água superficial e subterrâneas	X	X	X
		Morte da fauna aquática		X	
		Aumento dos odores desagradáveis			X

Fonte: Acervo da Autora (2023).

Os resultados obtidos foram inseridos no Gráfico 2, sendo possível observar quantas interações ocorreram em cada meio. Verificou-se (Gráfico 2) que a maior parte das interações se deu no meio físico, com 38,83% (40), seguido meio biótico, com 33,01% (34), e por último, o meio antrópico, com 28,16% (29).

Gráfico 2 - Quantidade de interações no meio ambiente.



Fonte: Acervo da Autora (2023).

De acordo com o Quadro 8, as atividades antrópicas 1 e 2 foram as maiores geradoras de impactos ambientais, totalizando 32 dos 68 impactos identificados na área de estudo.

Com a identificação dos impactos ambientais, foi realizada a seleção dos impactos Significativos e Muito Significativos, levando em consideração os critérios de Saúde Pública (SP), Qualidade de Vida (QV) e Potencial de Degradação Ambiental (PD). No Quadro 9, mostra-se que os pesos atribuídos nas categorias de importância e magnitude foram de médio a alto, o que resultou em 68 impactos ambientais encontrados, sendo 29 (42,65%) Muito Significativos e 39 (57,35%) Significativos.

Quadro 9 - Classificação dos impactos ambientais quanto à significância (continua).

Aspecto ambiental	Impacto Ambiental	Classificação dos Impactos Ambientais						
		Critérios			Peso		Magnitude x Importância	Quanto à Significância
		QV	SP	PD	Quanto à importância	Quanto à magnitude		
Ausência de PDDU	Alteração no uso e ocupação do solo	X		X	8	8	64	S
	Aumento da frequência de inundações e alagamentos	X	X	X	9	9	81	MS
	Aumento dos picos de cheia/vazão			X	8	9	72	MS
	Perda de bens materiais	X		X	7	6	42	S
	Contaminação por doenças de veiculação hídrica	X	X		7	8	56	S
	Alteração do fluxo natural do riacho			X	9	8	72	MS
	Poluição da água superficial e subterrânea		X	X	8	8	64	S
	Poluição do solo no leito e no entorno do riacho	X	X		8	6	48	S
	Contaminação da água		X	X	8	9	72	MS
	Alteração do ciclo hidrológico			X	9	9	81	MS
	Diminuição dos níveis dos lençóis freáticos			X	8	6	48	S
	Alteração do relevo natural			X	9	9	81	MS
	Impedimento de uso de vias para acesso e passagem de ruas	X		X	9	9	81	MS
	Alteração da paisagem natural do corpo hídrico			X	8	10	80	MS
	Alteração da qualidade da água devido o carregamento dos sedimentos pelas águas pluviais		X	X	8	7	56	S
Redução/Extinção do leito do riacho			X	10	10	100	MS	
Aterramento do leito do riacho	Diminuição dos níveis dos lençóis freáticos			X	8	6	48	S
	Destruição da flora			X	8	8	64	S
	Morte da fauna aquática			X	7	7	49	S
	Afugentamento da fauna terrestre			X	7	7	49	S
	Afugentamento da fauna aquática			X	7	8	56	S
	Alteração do relevo natural			X	9	9	81	MS
	Impedimento de uso de vias para acesso e passagem de ruas	X		X	9	9	81	MS
	Alteração da paisagem natural do corpo hídrico	X		X	9	9	81	MS
	Alteração do fluxo natural do riacho			X	9	8	72	MS
	Alteração no uso e ocupação do solo	X		X	8	8	64	S
Alteração do ciclo hidrológico			X	9	9	81	MS	

Fonte: Acervo da Autora (2023).

Quadro 9 - Classificação dos impactos ambientais quanto à significância (continua).

Aspecto ambiental	Impacto Ambiental	Classificação dos Impactos Ambientais						
		Critérios			Peso		Magnitude x Importância	Quanto à Significância
		QV	SP	PD	Quanto à Importância	Quanto à Magnitude		
<b>Ocupação irregular de áreas de risco</b>	Aumento dos picos de cheia/vazão	X	X	X	9	9	81	MS
	Aumento da frequência de inundações e alagamentos	X	X	X	9	9	81	MS
	Contaminação por doenças de veiculação hídrica	X	X		7	8	56	S
	Alteração do fluxo natural do riacho			X	9	8	72	MS
	Perda de bens materiais	X		X	7	6	42	S
<b>Cobertura vegetal por gramíneas</b>	Alteração da qualidade da água devido a plantação irregular			X	8	7	56	S
	Destruição/Perda da mata ciliar			X	9	9	81	MS
	Alteração da paisagem natural da mata ciliar			X	9	9	81	MS
	Alteração da paisagem natural do corpo hídrico	X		X	9	9	81	MS
	Afugentamento da fauna terrestre			X	7	7	49	S
	Afugentamento da fauna aquática			X	7	8	56	S
<b>Criação de animais</b>	Alteração da qualidade da água			X	8	7	56	S
<b>Remoção da mata ciliar</b>	Aceleração da erosão do solo			X	8	8	64	S
	Aumento do Assoreamento no leito do riacho			X	8	8	64	S
	Destruição/Perda da mata ciliar			X	9	9	81	MS
	Alteração da paisagem natural da mata ciliar			X	9	9	81	MS
	Afugentamento da fauna terrestre			X	7	7	49	S
	Alteração do ciclo hidrológico			X	9	9	81	MS
	Destruição da flora			X	8	8	64	S
	Alteração da paisagem natural do corpo hídrico	X		X	9	9	81	MS
<b>Remoção irregular mecanizada ou manual de gramíneas</b>	Aceleração da erosão do solo			X	8	8	64	S
	Aumento do Assoreamento no leito do riacho			X	8	8	64	S

Fonte: Acervo da Autora (2023).

Quadro 9 - Classificação dos impactos ambientais quanto à significância (conclusão).

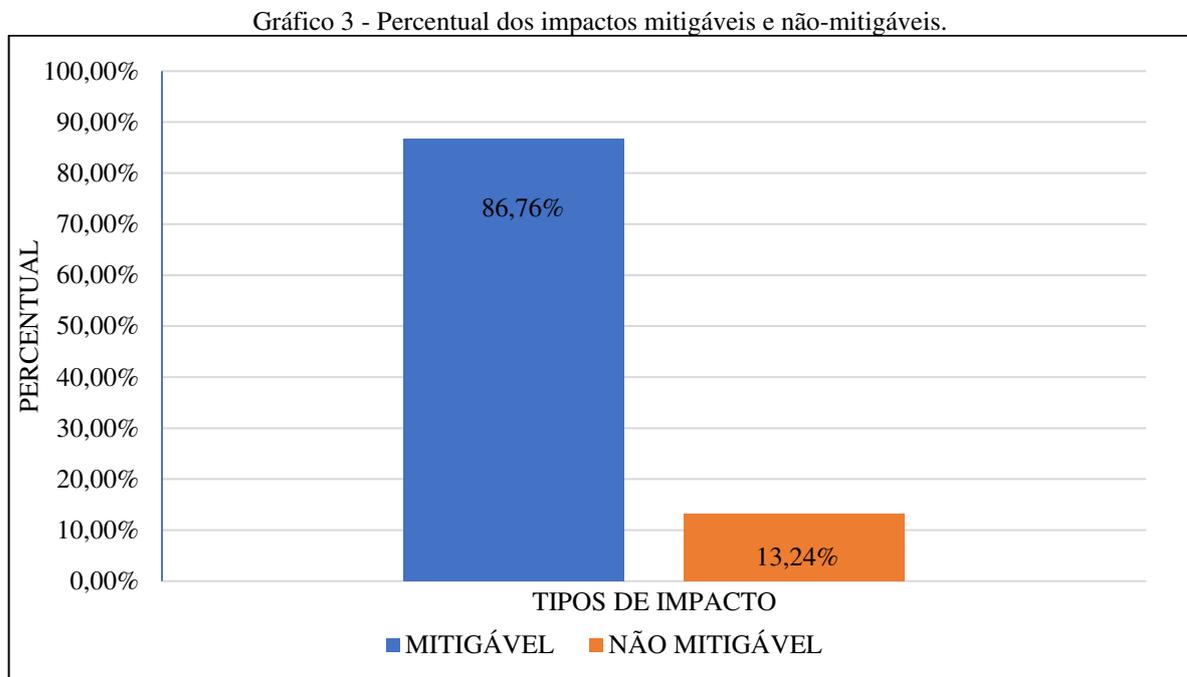
Aspecto ambiental	Impacto Ambiental	Classificação dos Impactos Ambientais						
		Critérios			Peso		Magnitude x Importância	Quanto à Significância
		QV	SP	PD	Quanto à Importância	Quanto à Magnitude		
<b>Lançamento ilegal de efluentes domésticos</b>	Aumento do alagamento nas residências e ruas devido o retorno dos efluentes na época de cheia e por obstrução	X	X		9	9	81	MS
	Eutrofização do ambiente aquático			X	9	9	81	MS
	Aumento dos vetores de doenças (microrganismos, insetos, etc.)	X	X		7	7	49	S
	Poluição do solo no leito e no entorno do riacho	X	X		8	6	48	S
	Poluição da água superficial e subterrâneas		X	X	8	8	64	S
	Aumento dos odores desagradáveis	X			7	6	42	S
	Morte da fauna aquática			X	7	7	49	S
<b>Acúmulo de resíduos sólidos</b>	Aumento dos vetores de doenças (microrganismos, insetos, etc.)	X	X		7	7	49	S
	Poluição do solo no leito e no entorno do riacho	X	X		8	6	48	S
	Poluição da água superficial e subterrâneas		X	X	8	8	64	S
	Aumento do alagamento nas residências e ruas por obstrução	X	X		9	9	81	MS
	Aumento dos odores desagradáveis	X			7	6	42	S
<b>Lançamento ilegal de efluentes comerciais</b>	Aumento do alagamento nos comércios e ruas por causa do retorno dos efluentes na época de cheia e por obstrução	X	X		9	9	81	MS
	Eutrofização do ambiente aquático			X	9	9	81	MS
	Aumento dos vetores de doenças (microrganismos, insetos, etc.)	X	X		7	7	49	S
	Poluição do solo no leito e no entorno do riacho	X	X		8	6	48	S
	Poluição da água superficial e subterrâneas		X	X	8	8	64	S
	Morte da fauna aquática			X	7	7	49	S
	Aumento dos odores desagradáveis	X			7	6	42	S

Fonte: Acervo da Autora (2023).

Com a seleção dos impactos Significativos e Muito Significativos, foram realizados a sua classificação conforme os critérios expostos no Quadro 10.

A classificação quanto ao valor mostrou que as atividades antrópicas desenvolvidas na área de estudo só geraram impactos de natureza negativa.

No Gráfico 3, verifica-se que 86,76% (59) dos 68 impactos ambientais encontrados são mitigáveis, ou seja, será possível reduzir os efeitos adversos da intervenção humana na área de estudo com medidas de controle ambiental adequadas para a realidade local. Os demais impactos, que são não-mitigáveis, precisam ser compensados, já que não podem ter seus efeitos minimizados ou revertidos.



Fonte: Acervo da Autora (2023)

Quadro 10 - Classificação dos impactos ambientais na área de estudo (continua).

Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Classificação dos Impactos Ambientais				
		Quanto ao Valor	Quanto à Mitigação	Quanto ao tempo de Ocorrência/Duração	Quanto à Ordem de Ocorrência	Quanto à Reversibilidade
Ausência de PDDU	Alteração no uso e ocupação do solo	N	NM	MLP; PE	D	IR
	Aumento da frequência de inundações e alagamentos	N	M	MLP; C	D	R
	Aumento dos picos de cheia/vazão	N	M	MLP; C	D	R
	Perda de bens materiais	N	M	MLP; PE	D	IR
	Contaminação por doenças de veiculação hídrica	N	M	MLP; T	P	R
	Alteração do fluxo natural do riacho	N	NM	MLP; PE	D	IR
	Poluição da água superficial e subterrânea	N	M	MLP; T	P	R
	Poluição do solo no leito e no entorno do riacho	N	M	MLP; T	P	R
	Contaminação da água	N	M	MLP; T	P	R
	Alteração do ciclo hidrológico	N	M	MLP; PE	D	R
	Diminuição dos níveis dos lençóis freáticos	N	M	MLP; PE	P	R
	Alteração do relevo natural	N	NM	MLP; PE	D	IR
	Impedimento de uso de vias para acesso e passagem de ruas	N	M	CP; C	D	R
	Alteração da paisagem natural do corpo hídrico	N	M	MLP; PE	D	IR
	Alteração da qualidade da água devido o carregamento dos sedimentos pelas águas pluviais	N	M	MLP; T	P	R
Aterramento do leito do riacho	Redução/Extinção do leito do riacho	N	M	MLP; PE	D	IR
	Diminuição dos níveis dos lençóis freáticos	N	M	MLP; PE	P	R
	Destruição da flora	N	M	MLP; PE	D	IR
	Morte da fauna aquática	N	M	MLP; PE	D	IR
	Afugentamento da fauna terrestre	N	M	MLP; PE	D	R
	Afugentamento da fauna aquática	N	M	MLP; PE	D	R
	Alteração do relevo natural	N	NM	MLP; PE	D	IR
	Impedimento de uso de vias para acesso e passagem de ruas	N	M	CP; C	D	R
	Alteração da paisagem natural do corpo hídrico	N	M	MLP; PE	D	IR
	Alteração do fluxo natural do riacho	N	NM	MLP; PE	D	IR
	Alteração no uso e ocupação do solo	N	NM	MLP; PE	D	IR
Alteração do ciclo hidrológico	N	M	MLP; PE	D	R	

Fonte: Acervo da Autora (2023).

Quadro 10 - Classificação dos impactos ambientais na área de estudo (continua).

Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Classificação dos Impactos Ambientais				
		Quanto ao Valor	Quanto à Mitigação	Quanto ao tempo de Ocorrência/Duração	Quanto à Ordem de Ocorrência	Quanto à Reversibilidade
<b>Ocupação irregular de áreas de risco</b>	Aumento dos picos de cheia/vazão	N	M	MLP; C	D	R
	Aumento da frequência de inundações e alagamentos	N	M	MLP; C	D	R
	Contaminação por doenças de veiculação hídrica	N	M	MLP; T	P	R
	Alteração do fluxo natural do riacho	N	NM	MLP; PE	D	IR
	Perda de bens materiais	N	M	MLP; PE	D	IR
<b>Cobertura vegetal por gramíneas</b>	Alteração da qualidade da água devido a plantação irregular	N	M	MLP; T	P	R
	Destruição/Perda da mata ciliar	N	M	MLP; PE	D	IR
	Alteração da paisagem natural da mata ciliar	N	M	MLP; PE	D	IR
	Alteração da paisagem natural do corpo hídrico	N	M	MLP; PE	D	IR
	Afugentamento da fauna terrestre	N	M	MLP; PE	D	R
	Afugentamento da fauna aquática	N	M	MLP; PE	D	R
<b>Criação de animais</b>	Alteração da qualidade da água devido a criação de animais	N	M	MLP; T	P	R
<b>Remoção da mata ciliar</b>	Aceleração da erosão do solo	N	NM	MLP; PE	D	IR
	Aumento do Assoreamento no leito do riacho	N	M	MLP; PE	D	R
	Destruição/Perda da mata ciliar	N	M	MLP; PE	D	IR
	Alteração da paisagem natural da mata ciliar	N	M	MLP; PE	D	IR
	Afugentamento da fauna terrestre	N	M	MLP; PE	D	R
	Alteração do ciclo hidrológico	N	M	MLP; PE	D	R
	Destruição da flora	N	M	MLP; PE	D	IR
	Alteração da paisagem natural do corpo hídrico	N	M	MLP; PE	D	IR
<b>Remoção irregular mecanizada ou manual de gramíneas</b>	Aceleração da erosão do solo	N	NM	MLP; PE	D	IR
	Aumento do Assoreamento no leito do riacho	N	M	MLP; PE	D	R

Fonte: Acervo da Autora (2023).

Quadro 10 - Classificação dos impactos ambientais na área de estudo (conclusão).

Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Classificação dos Impactos Ambientais				
		Quanto ao Valor	Quanto à Mitigação	Quanto ao tempo de Ocorrência/Duração	Quanto à Ordem de Ocorrência	Quanto à Reversibilidade
<b>Lançamento ilegal de efluentes domésticos</b>	Aumento do alagamento nas residências e ruas devido o retorno dos efluentes na época de cheia e por obstrução	N	M	CP; C	D	R
	Eutrofização do ambiente aquático	N	M	MLP; T	P	R
	Aumento dos vetores de doenças (microrganismos, insetos, etc.)	N	M	MLP; T	P	R
	Poluição do solo no leito e no entorno do riacho	N	M	MLP; T	P	R
	Poluição da água superficial e subterrâneas	N	M	MLP; T	P	R
	Aumento dos odores desagradáveis	N	M	MLP; PE	D	R
	Morte da fauna aquática	N	M	MLP; PE	D	IR
<b>Acúmulo de resíduos sólidos</b>	Aumento dos vetores de doenças (microrganismos, insetos, etc.)	N	M	MLP; T	P	R
	Poluição do solo no leito e no entorno do riacho	N	M	MLP; T	P	R
	Poluição da água superficial e subterrâneas	N	M	MLP; T	P	R
	Aumento do alagamento nas residências e ruas por obstrução	N	M	CP; C	D	R
	Aumento dos odores desagradáveis	N	M	MLP; PE	D	R
<b>Lançamento ilegal de efluentes comerciais</b>	Aumento do alagamento nos comércios e ruas por causa do retorno dos efluentes na época de cheia e por obstrução	N	M	CP; C	D	R
	Eutrofização do ambiente aquático	N	M	MLP; T	P	R
	Aumento dos vetores de doenças (microrganismos, insetos, etc.)	N	M	MLP; T	P	R
	Poluição do solo no leito e no entorno do riacho	N	M	MLP; T	P	R
	Poluição da água superficial e subterrâneas	N	M	MLP; T	P	R
	Morte da fauna aquática	N	M	MLP; PE	D	IR
	Aumento dos odores desagradáveis	N	M	MLP; PE	D	R

Fonte: Acervo da Autora (2023).

Ao continuar a análise da classificação dos impactos, no Quadro 10, foi observado que, dos 65 impactos, quanto à reversibilidade, 43 foram reversíveis e 25 irreversíveis. Quanto à probabilidade de ocorrência, 21 foram probabilísticos e 47 determinísticos. Na classificação quanto ao tempo de ocorrência, os impactos estudados obtiveram mais de uma classificação, sendo: 40 de médio ou longo prazo e permanentes; 19 impactos de médio ou longo prazo e temporários, 4 de médio ou longo prazo e cíclico; 5 de curto prazo e cíclicos.

Os métodos utilizados para identificar e analisar os impactos ambientais apresentados neste tópico, teriam uma melhor aplicação, se fossem empregados por equipes multidisciplinares, como frisa Sá (2016).

## 5.5 INDICAÇÃO DE MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL

No Quadro 11, foram indicadas as medidas de controle ambiental (prevenção, mitigação e compensação) que melhor se enquadram para os impactos Significativos e Muito Significativos que foram encontrados na área de estudo.

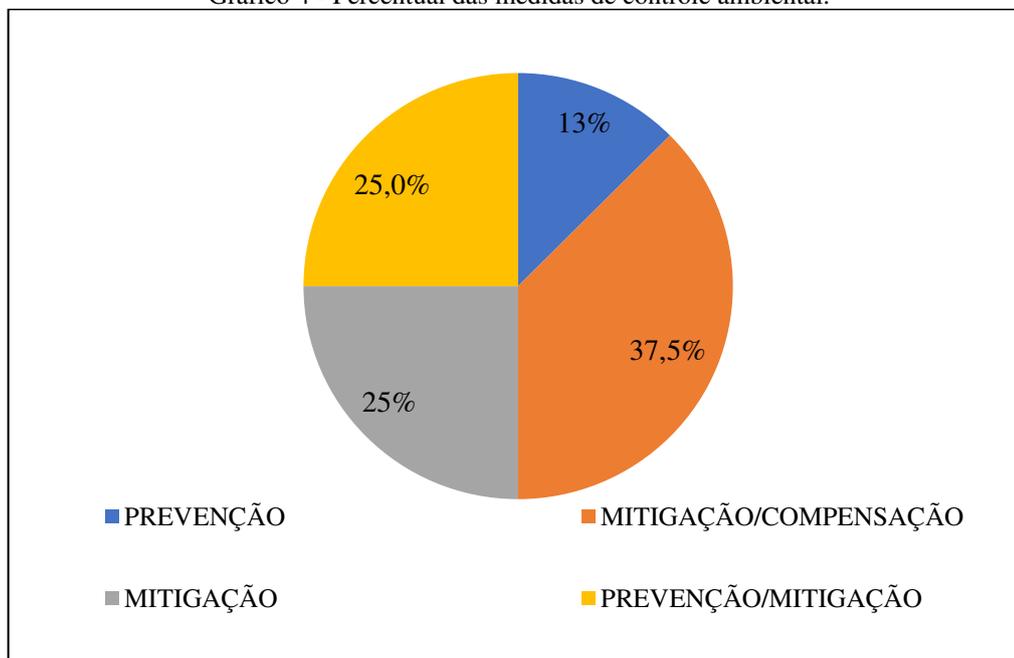
Quadro 11 - Medidas de controle ambiental propostas para a área de estudo.

<b>Medidas de Controle Ambiental</b>	<b>Tipo de medida</b>
Elaborar um Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU).	Prevenção/ Mitigação
Implantar um sistema de macrodrenagem sustentável no Riacho São Sebastião.	Mitigação/ Compensação
Promover a ampliação e adequação do sistema de microdrenagem, deixando-o sustentável.	Mitigação/ Compensação
Promover melhoria e ampliação no eixo de coleta e tratamento de esgoto e no eixo de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.	Mitigação
Reparar patrimônio público e privado pelos danos causados pela ineficiência/ausência de sistemas de drenagem.	Mitigação
Promover ações de conscientização da população para evitar a disposição irregular de resíduos e efluentes domésticos/comerciais e a plantação irregular no entorno dos corpos hídricos.	Prevenção
Elaborar manuais de dimensionamento e gestão dos eixos de saneamento básico que atinjam os objetivos do Código de Meio Ambiente, do Plano Municipal de Saneamento Básico, Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e do Plano Diretor de Drenagem Urbana sugerido nas medidas anteriores.	Prevenção/ Mitigação
Promover a melhoria da infraestrutura urbana, como a pavimentação das ruas não calçadas/asfaltadas, a mobilidade urbana, etc..	Mitigação/ Compensação

Fonte: Acervo da Autora (2023).

No Gráfico 4, cita-se o percentual das medidas de controle ambiental propostas para os impactos que atingem a área de influência. A maioria das medidas foram do tipo mitigatória e compensatória.

Gráfico 4 - Percentual das medidas de controle ambiental.



Fonte: Acervo da Autora (2023).

As medidas de controle ambiental propostas no presente estudo tiveram uma descrição simplificada nos parágrafos a seguir.

O PDDU é uma medida de controle de drenagem não estrutural e sua elaboração é a base para uma gestão eficiente das águas urbanas (TUCCI, 2012). Nele, devem conter as diretrizes que buscam: o planejamento da distribuição de água no tempo e no espaço, baseando-se na tendência de ocupação urbana, na qual compatibiliza-se o desenvolvimento e a infraestrutura para evitar prejuízos econômicos e riscos ambientais; o controle da ocupação de áreas de risco de inundação, por meio de restrições nas áreas de alto risco; a convivência com as enchentes nas áreas de baixo risco (TUCCI, 2002).

O PDDU deverá incluir no mapeamento de áreas sujeitas a inundação, as regiões já ocupadas e o remanejamento populacional destes lugares, caso seja necessário, garantindo segurança e o auxílio social. Assim como a inclusão de um estatuto que garanta áreas verdes em novos loteamentos de, no mínimo, 25% e que estas abranjam os espaços ocupados pelos corpos hídricos existentes e as respectivas áreas de mata ciliar. Nos loteamentos em funcionamento, fazer a readequação dessas áreas, caso seja possível.

Tucci (2012) enfatiza que o PDDU precisa ser desenvolvido em conjunto com os outros planos da cidade, como o de saneamento básico e o Plano de Diretor Urbano. O município de Patos-PB já possui um Plano de Saneamento Básico, regido pela Lei Municipal n. 4554, de 24 de dezembro de 2015, um Código Municipal de Meio Ambiente, instituído pela Lei Municipal n. 3486 de 9 de maio de 2006, e um Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado definido pela Lei Municipal n. 3.503, de 6 de outubro de 2006, na qual o PDDU sugerido precisará ser compatível.

Com a criação e adequação necessárias dos planos diretores, será possível elaborar outras medidas de controle de drenagem não estruturais, como os manuais que auxiliam no dimensionamento e gestão dos eixos de saneamento básico, servindo de base para a criação de projetos de engenharia adequados e sustentáveis.

Foi proposta a implantação de medidas de controle de drenagem estrutural para a área de estudo, como um sistema de macrodrenagem para o Riacho São Sebastião e uma ampliação/adequação do sistema de microdrenagem, sendo necessário que ambos sigam a abordagem ambiental/moderna citada por Tucci (2012) e Vaz (2004). Esta abordagem preocupa-se com a manutenção e recuperação de ambientes da área urbana (interna e externa) de forma sustentável, preconizando a não transferência dos impactos à jusante, o que evita a ampliação das cheias naturais, restaura os corpos hídricos e busca o reequilíbrio dos ciclos naturais.

A aplicação de um Sistema Urbano de Drenagem Sustentável (SUDS) ou Sustainable Drainage Systems (SuDS) é recomendada na abordagem ambiental, porque há o controle na fonte, através da infiltração no solo, do transporte e da retenção permanente ou temporária da água escoada e coletada. As técnicas mais utilizadas são a implantação ou aumento de áreas verdes (*greening*), superfícies permeáveis e armazenamento de água (THE FLOOD HUB, 2021).

A seguir, são delineadas algumas das vantagens da aplicação de SUDS ou SuDS, de acordo com o Susdrain (2023):

- Controle do volume de escoamento e contribuição de fluxo de superfícies duras, minimizando o impacto da urbanização nas inundações;
- Fornecimento de oportunidades de uso das águas escoadas;
- Proteção ou melhoria da qualidade da água (reduzindo a poluição do escoamento);
- Proteção dos regimes naturais dos cursos de água;
- Preservação do meio ambiente e das necessidades da comunidade local;

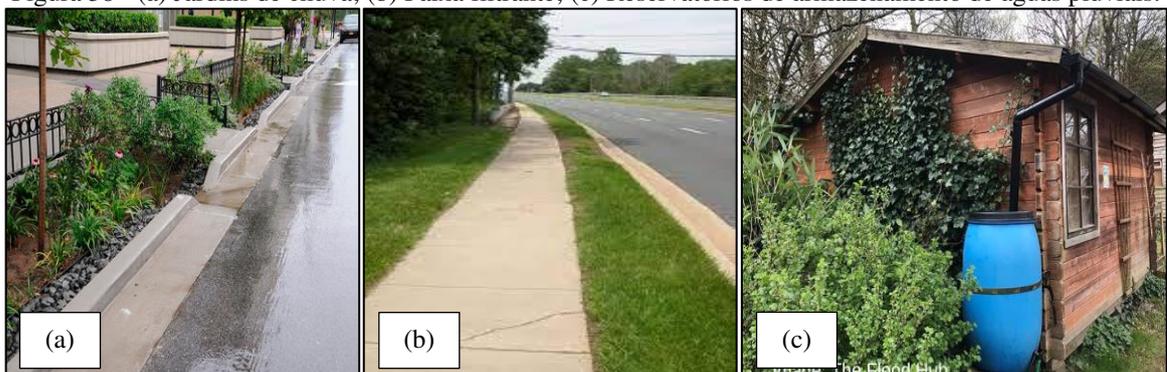
- Fornecimento de um habitat equilibrado para a fauna em cursos de água urbanos;
- Fomentação da evapotranspiração da vegetação e das águas superficiais;
- Contribuição na recarga natural de águas subterrâneas/aquíferos (quando apropriado);
- Provedor de lugares melhores para viver, trabalhar e para a recreação;

A abordagem ambiental minimizará os impactos ambientais identificados na área de estudo e evitará o surgimento de novos efeitos comuns nos sistemas de drenagem, que seguem a abordagem tradicional. Um exemplo, na cidade de Patos-PB, é o canal de macrodrenagem do Frango, estudado por Araújo (2021), que transferiu parte dos impactos das inundações e alagamentos para outras áreas.

A aplicação da abordagem tradicional, aliada a um dimensionamento inadequado e com um sistema de microdrenagem incoerente com a realidade local, colaborou com a falta de mitigação dos impactos gerados devido a urbanização no Riacho do Frango e seu entorno. O que ocasionou o investimento em mais obras de drenagem para readequação do sistema existente, como a implantação de uma bacia de retenção e de um controlador de vazão, que são exemplos de SUDS, e foram negligenciados pelo projetista na concepção do projeto de macrodrenagem inicial.

A ampliação e a adequação do sistema de microdrenagem proposto devem estar aliadas a técnicas que aumentem as áreas verdes (*greening*) e armazenamento de água, como preconiza Baptista *et al.* (2007), Tucci (2012) e The Flood Hub (2021). Esses elementos compensatórios podem ser Jardins de Chuva (TROWSDALE e SIMCOCK, 2011 *apud* GUTIERREZ e RAMOS, 2019), faixa filtrante (ALMEIDA, 2020) e reservatórios para armazenamento e reaproveitamento das águas pluviais nas residências (BAPTISTA *et al.*, 2007). Este último componente também contribui para a sustentabilidade hídrica no semiárido. Na Figura 38, estão demonstrados os elementos citados anteriormente.

Figura 38 - (a) Jardins de chuva; (b) Faixa filtrante; (c) Reservatórios de armazenamento de águas pluviais.



Fonte: (a e b) Google Fotos (2023) e (c) The Flood Hub (2021).

É preciso atentar-se que os elementos compensatórios que aumentam as áreas verdes e permeáveis só poderão ser implantados em ruas com largura mínima de 13m, sendo 7m para a circulação dos veículos e os 6m restantes para a readequação das calçadas e implantação apropriada das áreas verdes e permeáveis. Sugere-se que essa largura mínima seja obrigatória na legislação municipal, para que a criação e a implantação de novos loteamentos tenham o mínimo de sustentabilidade e mobilidade adequada. Quanto maior a área permeável, mais eficiente e menos onerosos serão os sistemas de drenagem a serem implantados.

O excesso das águas que não infiltrarem/ou não ficarem armazenados nos elementos compensatórios deve escoar por meio das ruas até os componentes tradicionais de microdrenagem (boca de lobo, sarjetas, poços de visitas e galerias pluviais), que precisam ter um dimensionamento adequado para a realidade hidrológica da região. Por isso, é necessária a melhoria da infraestrutura urbana, como a pavimentação das ruas que não são calçadas ou asfaltadas, pois esta medida facilita o escoamento das águas, evitando os transtornos de alagamentos e de erosão do solo, que inviabilizam a mobilidade urbana na área de estudo. Na pavimentação, pode-se incluir calçadas com pavimentos permeáveis.

As águas pluviais a serem conduzidas pelo sistema de microdrenagem precisam desaguar no sistema de macrodrenagem proposto para o Riacho São Sebastião, que também devem conter as técnicas de SUDS. Indica-se para este sistema a instalação de bacias/parques de infiltração, trechos canalizados e trechos com a renaturalização da sua calha, como sugere Baptista *et al.* (2007) e o Manual para Apresentação de Propostas para Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável e de Manejo de Águas Pluviais (BRASIL, 2023).

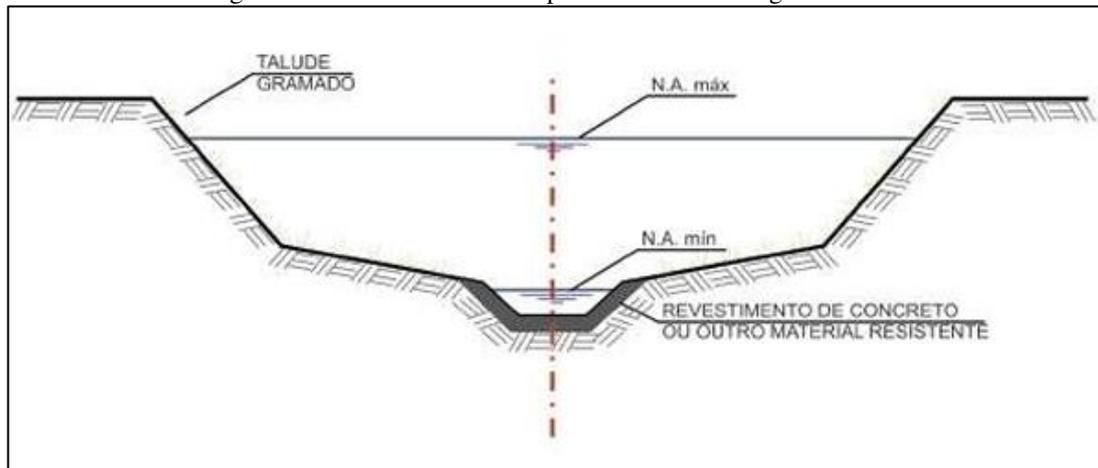
Seguindo o que é proposto pelo Manual de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais da cidade de São Paulo (FCTH, 2012c), indica-se para o Trecho 1-2 (Figura 39), que possui maiores áreas livres e extensão aproximada de 950m, a implantação de canal com a seção trapezoidal simplesmente escavada com taludes gramados (Figura 40 e 41), que possui configuração ideal, menor custo de implantação e permite o aumento de sua capacidade em tempos futuros (FCTH, 2012c).

Figura 39 - Indicação dos Sistemas de Macrodrenagem.



Fonte: Elaborada pela Autora com imagens do *Google Earth* (2023).

Figura 40 - Modelo de canal trapezoidal com talude graminhado.



Fonte: FCTH (2012c).

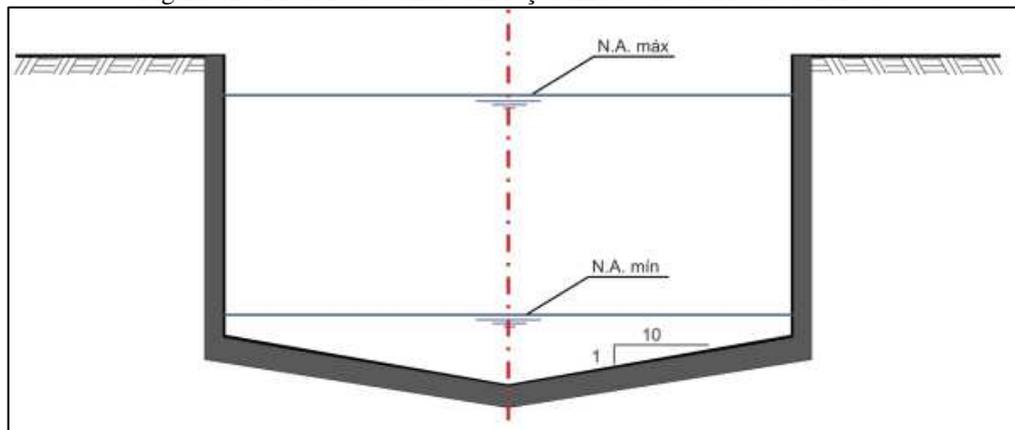
Figura 41 - Exemplo de canal gramado com seção trapezoidal.



Fonte: Google Fotos (2023).

Para o Trecho 2-3 (Figura 39) do riacho, com extensão aproximada de 655m e que possui urbanização mais acentuada e pouco espaço para implantação do sistema de macrodrenagem, recomenda-se o canal revestido com concreto (Figura 42), pois esse tipo de canalização permite seções transversais menores e um escoamento rápido das águas. Como o trecho anterior possuirá bastante área infiltrável, a vazão neste intervalo ficará controlada.

Figura 42 - Modelo de canal com seção mista e revestido de concreto.

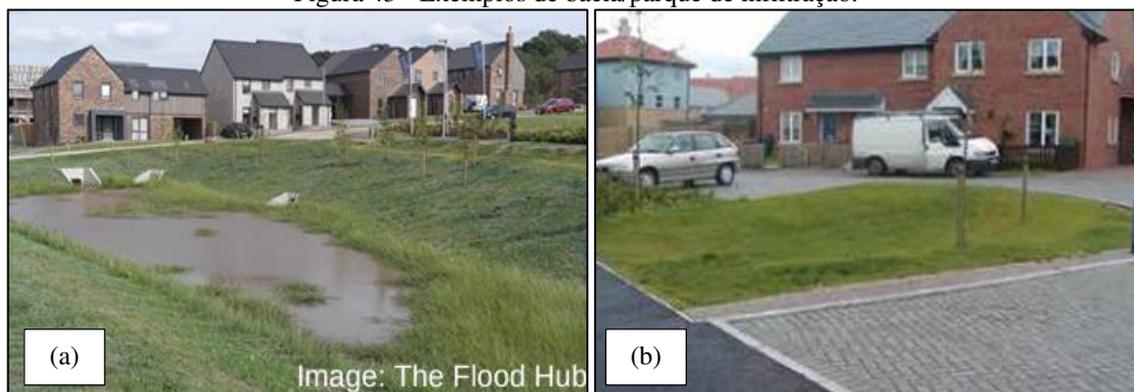


Fonte: FCTH (2012c).

No Trecho 3-4 (Figura 39), que possui áreas com baixa densidade urbana e uma extensão aproximada de 560m, é sugerido a renaturalização do leito do riacho, sendo possível, ainda, recompor sua mata ciliar.

As bacias/parques de infiltração (Figura 43) podem ser instaladas ao longo do percurso do Riacho São Sebastião, conforme consta na Figura 39.

Figura 43 - Exemplos de bacia/parque de infiltração.



Fonte: (a) The Flood Hub (2021) e (b) Woods-ballard *et al.* (2015) *apud* Almeida (2020).

Frisa-se que a extensão e traçado de cada trecho do canal de macrodrenagem e a disposição das bacias de infiltração poderão ser diferentes do percurso atual do Riacho São Sebastião, uma vez que caberá ao projetista a escolha do que melhor se adequará a realidade atual.

Os sistemas de drenagem indicados podem ter sua sustentabilidade ampliada por meio da implementação da arborização com espécies nativas, em que se pode realizar uma parceria com o curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Campina Grande (UFCG), *Campus Patos-PB*.

A promoção da melhoria e ampliação dos eixos de coleta e tratamento de esgoto e de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos é necessária, a fim de evitar que a incapacidade atual desses eixos atinja a eficácia das medidas de controle de drenagem estruturais propostas para a área de estudo.

As áreas que tiveram danos ao patrimônio público e privado causados pela ineficiência/ausência de sistemas de drenagem precisam de reparo por parte da gestão municipal. Faz-se necessária a criação de uma política de conscientização populacional, para a interrupção da plantação irregular e da disposição inadequada de resíduos e efluentes domésticos/comerciais no leito e entorno do corpo hídrico em estudo.

## 5.6 PROPOSIÇÃO DE PLANOS E PROGRAMAS AMBIENTAIS

Foram propostos planos e programas ambientais para o acompanhamento e execução das medidas de controle ambiental indicadas no subtópico anterior. Eles auxiliarão na prevenção, mitigação ou compensação dos impactos ambientais Significativos e Muito Significativos.

Embora o estudo tenha sido realizado em uma área específica da cidade de Patos-PB, os planos e programas, expostos a seguir, são aplicáveis em todo o município.

#### **- Programa de Educação Ambiental voltado ao Saneamento Básico em Patos-PB**

**Justificativa:** a carência de educação ambiental na população do município de Patos-PB afeta diretamente a eficácia do funcionamento dos eixos de saneamento básico. No estudo, foi verificada a disposição irregular de resíduos sólidos e a ligação ilegal de efluentes domésticos/comerciais no Riacho São Sebastião e em seu entorno. O programa atingirá os objetivos do art. 67 do Código do Meio Ambiente, instaurado pela Lei Municipal n. 3486/2006.

**Objetivo:** incentivar e despertar a consciência e sensibilização ambiental da população no município, a fim de promover a prevenção ambiental e mitigação dos impactos ambientais decorrentes principalmente das atividades antrópicas domésticas e comerciais, como preconiza Sá (2016).

#### **- Plano de Monitoramento das Águas Pluviais na cidade de Patos-PB**

**Justificativa:** a urbanização altera o ciclo hidrológico, como o escoamento superficial, interferindo na quantidade e qualidade da água escoada. É muito comum o carreamento de resíduos e sedimentos pelas águas pluviais, o que gera a obstrução e poluição dos sistemas de drenagens implantados, causando inundações e alagamentos. Estes aspectos põem em perigo a segurança e a saúde pública, além de interferir na sustentabilidade dos corpos hídricos.

**Objetivo:** estudar o ciclo hidrológico da cidade, a fim de monitorar o escoamento e a qualidade das águas pluviais, evitando o depósito de poluentes nos sistemas de drenagem.

#### **- Plano de Monitoramento da Qualidade das Águas dos Corpos Hídricos no município de Patos-PB**

**Justificativa:** no Rio Espinharas e seus afluentes, como o Riacho São Sebastião, com suas águas poluídas, é nítido o processo de eutrofização. Este impacto é fruto das inúmeras atividades inadequadas desenvolvidas no leito e margens, como o lançamento de efluentes sem o manejo e tratamento adequado, plantação de gramíneas e disposição de resíduos sólidos em lugares inadequados. Essa problemática pode chegar no Açude do Jatobá que é o corpo hídrico

usado para o abastecimento de água no município de Patos-PB e nos lençóis freáticos alimentados pela infiltração da água no solo.

**Objetivo:** “monitorar, por meio de análises, os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, especialmente em áreas sensíveis e susceptíveis à poluição e/ou contaminação” (DANTAS, 2023).

#### **- Programa de Controle e Monitoramento das Ações do Saneamento Básico da cidade de Patos-PB**

**Justificativa:** a cidade de Patos-PB possui ineficiência e/ou ausência dos serviços de saneamento e é possível observar que há, em cada eixo, a prática de atividades antrópicas impactam significativamente, na qual se faz necessário o seu controle buscando prevenir ou mitigar os efeitos adversos no meio ambiente (SÁ, 2016).

**Objetivo:** definir mecanismos e procedimentos que permitam nortear as ações e empreender avaliações no campo do saneamento básico por meio de indicadores, nos quais será possível acompanhar as ações efetuadas, ao longo do tempo, para avaliar a evolução do saneamento básico, saúde e sustentabilidade no município (UFES, 2017).

#### **- Plano Integrado de Urbanização na cidade de Patos-PB**

**Justificativa:** a cidade de Patos-PB não possui uma gestão integrada da urbanização. O Programa Cidades Sustentáveis em parceria com CITInova (2020) mostra que no processo de gestão municipal, o planejamento é primordial para que haja uma integração eficiente de todos os interesses relativos à definição do uso e da ocupação do solo existentes nas cidades. O planejamento urbano integrado gera um desenvolvimento justo e sustentável das cidades brasileiras, pois considera a preservação ambiental e a inclusão social de forma transversal na gestão da infraestrutura urbana, habitação, mobilidade, equipamentos comunitários, economia urbana e mudança climática (PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS, [s.d.]).

**Objetivo:** gerar “um instrumento de desenvolvimento institucional e de planejamento regional, que deve procurar atender necessidades estratégicas requeridas pela metrópole e sua comunidade relativas a aspectos urbanos e ambientais, socioeconômicos ou de governança” (CEARÁ, 2018).

## 6 CONCLUSÃO

A delimitação da área de influência foi importante para uma análise adequada dos riscos ambientais presentes na área de estudo, servindo de base para o governo municipal entender o espaço geográfico que ele deve atuar. Por meio dela, criaram-se as medidas de controle ambiental e o plano e/ou programas ambientais adequados que previnem, mitigam ou compensam os efeitos adversos encontrados.

O processo de urbanização na cidade, especialmente na zona Leste, ocorre de forma inadequada e afetou/afeta diretamente o Riacho São Sebastião e seu entorno, devido às atividades antrópicas irregulares, destacando-se as agrícolas, domésticas, comerciais e da construção civil, desmatamento da mata ciliar, plantação de gramíneas, etc. Desse modo, as atividades acarretaram impactos significativos ao meio antrópico, biótico e físico da área de estudo.

O diagnóstico das condições atuais de drenagem urbana indicou que a drenagem da área de estudo é ausente e/ou ineficiente e não acompanhou o processo de urbanização, gerando transtornos tais como: inundações e alagamentos de avenidas e ruas que ficam nas áreas de várzeas, que não possuem pavimentação ou um escoamento adequado das águas pluviais.

Foram identificados 68 impactos ambientais, todos de natureza negativa e de grau elevado de significância. A maior parte deles pode continuar gerando efeitos sobre o meio ambiente por um longo tempo, entretanto 88,76% são mitigáveis e 43 são reversíveis.

A partir de tal situação, nortearam-se as principais medidas de controle ambiental a serem adotadas, podendo destacar: elaborar um Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU); implantar um sistema de macrodrenagem sustentável no Riacho São Sebastião; promover a ampliação e adequação sustentável do sistema de microdrenagem.

Os planos e programas ambientais propostos foram: Programa de Educação Ambiental voltado ao Saneamento Básico em Patos-PB; Plano de Monitoramento das Águas Pluviais na cidade de Patos-PB; Plano de Monitoramento da Qualidade das Águas dos Corpos Hídricos no município de Patos-PB; Programa de Controle e Monitoramento das Ações do Saneamento Básico da cidade de Patos-PB; Plano Integrado de Urbanização na cidade de Patos-PB.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho permitiu avaliar a situação ambiental do Riacho São Sebastião e suas adjacências, em que se constatou que as problemáticas identificadas na área de estudo são comuns em diversos centros urbanos, por não haver sustentabilidade no manejo de águas pluviais e drenagem urbana. A análise pôde ser aprofundada com as ferramentas de AIA, na qual se propôs medidas que contribuirão para o desenvolvimento sustentável da área de estudo, minimizando os transtornos sofridos pela população local.

Uma das maiores dificuldades desta pesquisa foi o acesso a alguns trechos da área de estudo, devido às péssimas condições em que se encontra o riacho e o seu entorno, o que impediu uma observação mais minuciosa do local. Outra dificuldade foi a escassa literatura sobre a utilização de ferramentas de AIA em estudos ambientais sobre rios e riachos urbanos impactados pela urbanização desenfreada, o que torna o presente trabalho um diferencial no meio acadêmico.

Frisa-se que o estudo realizado teria resultados mais precisos, caso fosse realizado em conjunto com uma equipe multidisciplinar, como é preconizado na literatura e na legislação ambiental.

O presente estudo pode servir de base, para a gestão municipal formar uma equipe multidisciplinar e habilitada para atuar na elaboração de estudos ambientais, que avaliem os impactos da urbanização nos corpos hídricos da cidade de Patos-PB, sobretudo, aqueles que não possuem um sistema de drenagem adequado. Tais estudos, poderão utilizar, além das ferramentas de AIA, a avaliação através de metas e descritores utilizados na literatura.

Os estudos ambientais elaborados pela equipe multidisciplinar e habilitada ajudarão no embasamento dos documentos e das reuniões realizadas para a solicitação de verba ao Governo Estadual ou Federal, como também na elaboração de políticas públicas sustentáveis que priorizem a conscientização da população e a minimização dos impactos ambientais causados pela falta de uma gestão adequada das águas urbanas.

Em síntese, sugere-se a concepção de outros trabalhos acadêmicos, como o dimensionamento da seção do canal e a modelagem dos sistemas de drenagem propostos. Almeja-se, ainda, que a pesquisa exposta neste trabalho seja replicada em outras cidades do país.

## REFERÊNCIAS

Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs). **Meteorologia - Chuvas - Gráfico - Município: Pato-PB**. Disponível em: < [http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas-grafico/?id\\_municipio=135&date\\_chart=2023-12-01&period=year](http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas-grafico/?id_municipio=135&date_chart=2023-12-01&period=year) >. Acesso em: 29 de out de 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental**. Disponível em: < <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas/regioes-hidrograficas/regiao-hidrografica-atlantico-nordeste-oriental> >. Acesso em: 20 de out. 2023.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Séries Históricas de Estações. HIDROWEB** versão 3.2.7 Disponível em: < <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas> >. Acesso em: 29 de out de 2023.

ALMEIDA, I. C. **Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana: Uma proposta para a Bacia Hidrográfica do Córrego São Pedro, em Juiz De Fora-MG**. 2020. 64 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora-MG, 2020. Disponível em: < <https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental//files/2020/10/TFC2-Isis-de-Castro-Almeida1.pdf> >. Acesso em: 5 de nov. 2023.

ALVES, P. B. R. **Simulações de Medidas Compensatórias Sustentáveis de Drenagem: propostas em duas microbacias urbanas**. Orientador: Dra. Iana Alexandra Alves Rufino e Dra. Patrícia Hermínio Cunha Feitosa. 2017. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

ARAÚJO, Camilla Jane de Sousa. **Avaliação de impactos ambientais nos serviços do saneamento básico da cidade de Aparecida - PB**. 2022. 108 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal), 2022.

ARAÚJO, D. K. L. **Avaliação Hidrológica e Estimativa de Vazão de Projeto para Macrodrenagem Urbana**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal De Campina Grande, Pomba-PB. 2021.

ARAÚJO, R. S. *et al.* Espaço Urbano e Impacto Ambiental: Reflexões a partir da Análise do Processo de expansão das cidades de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha-CE. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 1, n. 43, p. 104-126, 2021. 2176-5774.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 14.001: sistema de gestão ambiental: requisitos com orientação para uso: SãoPaulo, 2015. Disponível em: < <https://www.ipen.br/biblioteca/slr/cel/N3127.pdf> >. Acesso em: 20 de out. 2023.

AZEREDO, L. **A história da urbanização brasileira**. WRI BRASIL, 2019. Disponível em: < <https://www.wribrasil.org.br/noticias/historia-da-urbanizacao-brasileira> >. Acesso em: 20 de jan. 2023.

BAPTISTA, M. B *et al.* Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). **Águas pluviais: técnicas compensatórias para o controle de cheias urbanas: guia do profissional em treinamento: nível 2 e 3/Ministério das Cidades.** Belo Horizonte: ReCESA, 2007. 52 p.

BARBOSA, R. P. **Avaliação de Risco e Impacto Ambiental.** Distrito Federal: São Paulo (Cidade), 2014. 243 p.

BEDUSCHI, L. Secretaria de Planejamento Urbano. **Manual de Drenagem: caderno 1.** Blumenau: SEPLAN, 2020. 42 p.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento.** Brasília: FUNASA, 2019. Ed. 5. Disponível em: < <http://www.funasa.gov.br/site/publicacoes/> > Acesso em: 20 de jan. 2023.

BRASIL. **Lei n. 11.445, de 05 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm) >. Acesso em: 20 out. 2022.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 26 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.ºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n.ºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: < [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm) >. Acesso em: 20 out. 2022.

BRASIL. **Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm) >. Acesso em: 20 de out. 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). **Diagnóstico Temático - Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas: Visão Geral - ano de referência 2021.** Brasília: SNS e SNIS, 2022. Disponível em: < [https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos\\_PDF/Snis/AGUAS\\_PLUVIAIS/REPUBLICACAO\\_DIAGNOSTICO\\_TEMATICO\\_VISAO\\_GERAL\\_AP\\_SNIS\\_2022.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/Snis/AGUAS_PLUVIAIS/REPUBLICACAO_DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AP_SNIS_2022.pdf) >. Acesso em: 22 de jan. 2023.

BRASIL. **Resolução CONAMA n.º 001, de 23 de janeiro de 1986.** Disponível em: < <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8902#:~:text=A%20Resolu%C3%A7%C3%A3o%20CONAMA%20n%C2%BA%20005,poss%C3%ADvel%20identificar%20modifica%C3%A7%C3%B5es%20ambientais%20significativas.> >. Acesso em: 15 de jan. 2023.

BRASIL. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Ministério Das Cidades. **Manual para Apresentação de Propostas para Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável e de Manejo de Águas Pluviais.** Brasília: SNSA, 2023. PROGRAMA - 2218 Gestão de Riscos e Desastres. Disponível em: <

[https://www.gov.br/casacivil/novopac/selecoes/eixos/arquivos/manual-propostas-ogu\\_drenagem-urbana](https://www.gov.br/casacivil/novopac/selecoes/eixos/arquivos/manual-propostas-ogu_drenagem-urbana) > Acesso em: 5 de nov. 2023.

CANDIDO, D. H. C. *et al.* Simulações de Inundações com o Sistema de Gestão de Imagens de Alta Resolução e Alta Disponibilidade para a Defesa Civil. *In: Encontro Nacional de Desastres*, 1, 2018, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2018. Disponível em: < <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/79/END109.pdf> >. Acesso em: 30 de out. 2023.

CARDOSO, A. S. **Desenvolvimento de Metodologia para Avaliação de Alternativas de Intervenção em Cursos de Água em Áreas Urbanas**. Orientador: Prof. Márcio Benedito Baptista. 2008. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Belo Horizonte. 2008. Disponível em: < <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/REPA-7PUGSK/1/salescardoso.pdf> >. Acesso em: 20 de jan. 2023.

CARRERA, C. M. A. *et al.* **Soluções estruturais não convencionais em drenagem urbana**. 2016. 246 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 2016.

CEARÁ. PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DE POLOS REGIONAIS DO CEARÁ -VALE DO JAGUARIBE/VALE DO ACARAÚ (BR-L1176). Contrato de Empréstimo N. 2826/OC-BR. **Elaboração do Plano Diretor de Desenvolvimento Metropolitano (PDDM) da Região Metropolitana de Sobral**. [s.l.]: Secretaria das Cidades, 2018. Disponível em: < [https://drive.google.com/file/d/1XJOP4ZWk\\_9ccVtbzvQCRmT-WB6oNoHxW/view](https://drive.google.com/file/d/1XJOP4ZWk_9ccVtbzvQCRmT-WB6oNoHxW/view) >. Acesso em: 10 de jan. 2023.

**Cheia faz prefeitura de Patos decretar situação de emergência**. O Bê a Bá do Sertão, 2009. Disponível em: < [https://obeabadosertao.com.br/portal/2009/04/15/Cheia-faz-prefeitura-de-Patos-decretar-situacao-de-emergencia/?utm\\_source=rss&utm\\_medium=rss&utm\\_campaign=Cheia-faz-prefeitura-de-Patos-decretar-situacao-de-emergencia](https://obeabadosertao.com.br/portal/2009/04/15/Cheia-faz-prefeitura-de-Patos-decretar-situacao-de-emergencia/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=Cheia-faz-prefeitura-de-Patos-decretar-situacao-de-emergencia) >. Acesso em: 10 de dez. 2023.

**Chove 130 Milímetros em Patos, bairros ficam alagados e Canal do Frango não suporta enchente**. Blog do Toscano Neto, 2014. Disponível em: < <http://blogdotoscanoneto.blogspot.com/2014/03/chove-130-milimetros-em-patos-bairros.html> >. Acesso em: 20 de jan. 2023.

**Conteúdo Básico do Plano Diretor Integrado**. Programa Cidades Sustentáveis, [s.d.]. Disponível em: < [https://www.cidadessustentaveis.org.br/institucional/planejamento-integrado\\_conteudo-basico](https://www.cidadessustentaveis.org.br/institucional/planejamento-integrado_conteudo-basico) >. Acesso em: 15 de dez. 2023.

COORDCOM. **Maior obra de Macrodrenagem do interior do Nordeste será inaugurada. Patos, 2023**. Disponível em: < [https://patos.pb.gov.br/noticias/p2\\_articleid/3775](https://patos.pb.gov.br/noticias/p2_articleid/3775) >. Acesso em: 19 de dez. 2023.

CREMONEZ, F. E. *et al.* Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil. **Revista Monografias Ambientais - REMOA**, v.13, n.5, 2014. Disponível em: < <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/14689/pdf> >. Acesso em: 20 de jan. 2023.

CRUZ, F. C. et al. Identificação e Avaliação de Impactos Ambientais: um estudo de caso. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET**, Santa Maria, Vol II, p. 777-791, 2014.

CRUZ, M. A. S. *et al.* Controle da Drenagem Urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade. *In: Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos*, 17, 2007, Porto Alegre. **Anais [...]**. São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2007. Disponível em: < [https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/19/931f07c4c229bbc1b9c1603fa24b7e12\\_6826f37881689d99197aef832b946486.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/19/931f07c4c229bbc1b9c1603fa24b7e12_6826f37881689d99197aef832b946486.pdf) >. Acesso em: 20 de jan. 2023.

CURADO, A. L. *et al.* **Caderno de caracterização**: Estado da Paraíba. Distrito Federal: Codevasf, 2022. 129 p.

DANTAS, M. G. **Avaliação de Impactos Ambientais dos Serviços de Saneamento Básico em Catolé Do Rocha-PB**. 2023. 114 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Pombal-PB, 2023

EBERT, L. A. **Licenciamento, avaliação e controle de impactos ambientais**. Indaial: Uniasselvi, 2013. 187 p. ISBN 978-85-7830- 673-1.

FCTH. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais**: gerenciamento do sistema de drenagem urbana. São Paulo: SMDU, 2012. 168 p. v.1. ISBN: 978-85-66381-01-6.

FCTH. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais**: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos. São Paulo: SMDU, 2012. 128 p. v.3. ISBN: 978-85-66381-03-0.

GUTIERREZ, A. I. R.; RAMOS, I. C. **Drenagem urbana sustentável para a concretização de metas de ODS/ONU**. 2019. Disponível em: < <https://www.archdaily.com.br/br/920314/drenagem-urbana-sustentavel-para-a-concretizacao-de-metas-de-ods-onu> >. Acesso em: 5 de nov. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Panorama. 2022. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/patos/panorama> >. Acesso em 21 de out. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Guia de Avaliação de Impacto Ambiental**: Relação Causal de Referência de Sistema de Transmissão de Energia. Brasília: Centro Nacional de Monitoramento e Informações Ambientais, 2020. 37 p. Disponível em: < [https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2020/ibama-lanca-guia-de-avaliacao-de-impacto-ambiental-para-licenciamento-de-linhas-detransmissao/20201229Guia de Avaliacao de Impacto Ambiental.pdf](https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2020/ibama-lanca-guia-de-avaliacao-de-impacto-ambiental-para-licenciamento-de-linhas-detransmissao/20201229Guia_de_Avaliacao_de_Impacto_Ambiental.pdf) >. Acesso em: 22 de jan. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Avaliação de Impacto Ambiental**: agentes sociais, procedimentos e ferramentas. Brasília: Centro Nacional de Monitoramento e Informações Ambientais, 1995.

136 p. Disponível em: < <http://www.blogdocancado.com/wp-content/uploads/2011/02/AIA.pdf> >. Acesso em: 22 de jan. 2023.

LEITE, J. C. A. Professor da disciplina “**Avaliação de Impactos Ambientais**” - Nota de Aula, 2014. Curso de Engenharia Civil da UACTA/CCTA/UFCEG, *Campus* de Pombal, Paraíba, cursado em 2021.

MEDEIROS, L. G. **A Análise Espacial entre e correlação da incidência de casos da Covid19 e o acesso aos serviços de Saneamento Básico no Município de Patos (PB)**. 2021. 66 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, Pombal - PB. 2021.

MENDONÇA, E. C. **Metodologia para Avaliação de Desempenho de Sistemas de Drenagem Urbana**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Brasília, 195 p. 2009.

NITERÓI. Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Públicos. **PMSB-Plano Municipal de Saneamento Básico: Diagnóstico, descrição e análise crítica do sistema de drenagem e manejo das águas pluviais**. Niterói: SMCS, 2015. 207 p.

OLIVEIRA, V. S. M. **Dimensionamento De Canal Utilizando Como Modelo Chuva Vazão e o Método Santa Bárbara**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal De Campina Grande, Pomba-PB. 2021.

OPEN COURSEWARE FOR GIS. **Tutorial: Delimitação de Rios e Bacias Hidrográficas**. Disciplina: QGIS Para Aplicações Hidrológicas. Disponível em: < <https://courses.gisopencourseware.org/mod/book/tool/print/index.php?id=279#ch553> >. Acesso em: 20 de nov. 2023.

**Patos-PB após fortes chuvas em 2009**. O Blog Patoense, 2013. Disponível em: < <http://patoense.blogspot.com/2013/06/patos-pb-apos-fortes-chuvas-em-2009.html> >. Acesso em: 20 de jan. 2023.

PIRES, R. **2 mil pessoas estão desabrigadas em Patos (PB) por causa das chuvas**. Blog Robson Pires, 2009. Disponível em: < <https://robsonpiresxerife.com/2-mil-pessoas-estao-desabrigadas-em-patos-pb-por-causa-das-chuvas/> >. Acesso em: 20 de jan. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PATOS-PB. **Lei n. 3.486, de 9 de maio de 2006**. Institui o Código de Meio Ambiente do Município de Patos e dispõe sobre o Sistema Municipal de Meio Ambiente - SISMMMA. Disponível em: < <http://camarapatos.pb.gov.br/files/2006/3.486-2006.pdf> >. Acesso em: 05 de nov. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PATOS-PB. **Lei n. 3.503, de 6 de outubro de 2006**. Define o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do Município de Patos, e dá outras providências. Disponível em: < <https://patos.pb.gov.br/admin/tinyfinder/assets/uploads/file/foa5gm7x.pdf> >. Acesso em: 05 de nov. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PATOS-PB. **Lei n. 4.554, de 24 de dezembro de 2015**. Dispõe sobre a Política Municipal de Saneamento Básico de Patos, seus instrumentos e dá outras providências. Disponível em: <

[https://camarapatos.pb.gov.br/leis/index.php?page=49&quick\\_filter=4554&quick\\_filter\\_operator=Contains](https://camarapatos.pb.gov.br/leis/index.php?page=49&quick_filter=4554&quick_filter_operator=Contains) >. Acesso em: 05 de nov. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PATOS-PB. **Sobre Patos**. 2023. Disponível em: < [https://patos.pb.gov.br/governo\\_e\\_municipio/cidade](https://patos.pb.gov.br/governo_e_municipio/cidade) >. Acesso em: 22 de jan. 2023.

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS. **Guia de Introdução ao Planejamento Urbano Integrado**. [s.l.]: Programa Cidades Sustentáveis e CITInova, 2020. Disponível em: < <https://www.cidadessustentaveis.org.br/arquivos/link/guia-planejamento-integrado.pdf> >. Acesso em: 15 de dez. 2023.

SÁ, B. G. **Avaliação dos Impactos Ambientais Resultantes da Gestão do Saneamento Básico na Cidade de Pombal-PB**. 2016. 106 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB, 2016.

SÁ, T. D. Relatório de Impacto Ambiental - RIMA. **Complexo Ecoturístico Reserva Garaú Conde/PB**. Fortaleza: Consultoria, Geologia & Meio Ambiente Ltda, Vol. II, 2010. Disponível em: < <https://sudema.pb.gov.br/consultas/downloads> >. Acesso em: 20 de jan. 2023.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos**. São Paulo: Oficina de texto, 2013. 911 p.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental** - Teoria e Prática. 1ª Ed., Editora: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

Secretaria de Infraestrutura (SEINFRA). Prefeitura Municipal de Patos - PB, 2023.

SILVEIRA, A. L. L. **Drenagem Urbana: Aspecto e Gestão**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1ed., 2002. 70 p.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE O SANEAMENTO (SNIS). Mapa de Indicadores de Água. 2021 Disponível em: < [http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua\\_esgoto/mapa-agua](http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-agua) >. Acesso em: 21 de jan. 2023.

SUDERHSA. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Manual De Drenagem Urbana: Região Metropolitana de Curitiba - PR**. Curitiba: SUDERHSA, 2002. 150 p.

**Sustainable Drainage**. Susdrain, 2023. Disponível em: < <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/background/sustainable-drainage.html> >. Acesso em: 10 de dez. 2023.

THE FLOOD HUB. **An Introduction to Sustainable Drainage Systems (SuDS)**. The Flood Hub e New Ground, 2021. Disponível em: < <https://thefloodhub.co.uk/wp-content/uploads/2018/09/An-Introduction-Sustainable-Drainage-Systems-SuDS-booklet.pdf> >. Acesso em: 10 de dez. 2023.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295>. Acesso em: 27 out. 2023.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**, v.7, n.1, 2002. Disponível em: < [https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/99/6137a1ef8fc1c04f81a9a6b46a3093dd\\_c80b83451c8ed0911a8b63bc1f8850cd.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/99/6137a1ef8fc1c04f81a9a6b46a3093dd_c80b83451c8ed0911a8b63bc1f8850cd.pdf) >. Acesso em: 05 de nov. 2023.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da drenagem urbana**. Distrito Federal: Ipea e Cepal, 2012. Disponível em: < [https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/38004/LCBRSR274\\_pt.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/38004/LCBRSR274_pt.pdf) >. Acesso em: 20 out. 2021.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades - Global Water Partnership - World Bank - UNESCO, 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRÍTO SANTO. **Plano Municipal de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Fundão**. Fundão: UFES, 2017. Disponível em: <<https://lagesa.ufes.br/sites/lagesa.ufes.br/files/field/anexo/Plano%20Municipal%20de%20Saneamento%20Básico%20e%20Gestão%20Integrada%20de%20Resíduos%20Sólidos%20de%20Fundão.pdf> >. Acesso em: 15 de nov. 2023.

VAZ, Valéria Borges. **Drenagem Urbana**. 2004. Disponível em: < <http://www.comitepardo.com.br/boletins/2004/boletim05-04.html> >. Acesso em: 20 out. 2021.

VILAR, G. **Moradores do São Sebastião em Patos, pedem urgência no conserto de galeria estourada há mais de 4 dias; prefeitura diz que demanda será atendida**. Patos Online, 2023. Disponível em: < <https://www.patosonline.com/moradores-do-sao-sebastiao-em-patos-pedem-urgencia-no-conserto-de-galeria-estourada-ha-mais-de-4-dias/> >. Acesso em: 15 de nov. 2023.

**Prefeito Nabor Wanderley acompanha obras do Canal do Frango e de pavimentação no bairro dos Estados**. Vitrine Patos, 2023. Disponível em: < <https://vitrirepatos.com.br/noticia/15123/prefeito-nabor-wanderley-acompanha-obras-do-canal-do-frango-e-de-pavimentacao-no-bairro-dos-estados> >. Acesso em: 19 de dez. 2023.