

UFPA

PPGEC

Universidade Federal do Pará



Brenda Lohana Teixeira de Moraes

Impactos do Alagamento e/ou Inundação do Rio Tapajós na Área Central da Orla do Município de Santarém - PA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Instituto de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Dissertação orientada pelo Professor José Almir Rodrigues Pereira

Belém – Pará – Brasil

2023



Brenda Lohana Teixeira de Moraes

IMPACTOS DO ALAGAMENTO E/OU INUNDAÇÃO DO RIO TAPAJÓS NA ÁREA CENTRAL DA ORLA DO MUNICÍPIO DE SANTARÉM-PA

Dissertação apresentada para obtenção do grau em Mestre em Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará.

Área de concentração: Engenharia Hídrica.

Linha de Pesquisa: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. José Almir Rodrigues Pereira.

Belém
2023

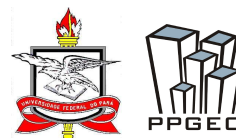
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)

M827i Moraes, Brenda Lohana Teixeira.
Impactos do alagamento e/ou inundação do rio Tapajós
na área central da orla do município de Santarém-PA /
Brenda Lohana Teixeira Moraes. — 2023.
133 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. José Almir Rodrigues Pereira
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil, Belém, 2023.

1. Drenagem Urbana. 2. Inundação em Área
Urbana. 3. Alagamentos Urbanos. I. Título.

CDD 628.9



IMPACTOS DO ALAGAMENTO E/OU INUNDAÇÃO DO RIO TAPAJÓS NA ÁREA CENTRAL DA ORLA DO MUNICÍPIO DE SANTARÉM-PA


AUTOR:

BRENDA LOHANA TEIXEIRA DE MORAES


DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL NA ÁREA DE ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.

APROVADO EM: 28 /04 / 2023


BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 JOSE ALMIR RODRIGUES PEREIRA
Data: 30/04/2023 20:34:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. José Almir Rodrigues Pereira
Orientador (UFPA)

Documento assinado digitalmente
 LINDEMBERG LIMA FERNANDES
Data: 29/04/2023 06:54:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Lindemberg Lima Fernandes
Membro Interno (UFPA)

Documento assinado digitalmente
 BRUNO DE OLIVEIRA FREITAS
Data: 28/04/2023 14:27:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Bruno de Oliveira Freitas
Membro Externo (UTFPR)

Visto:

Prof. Dr. Marcelo de Souza Picanço
Coordenador do PPGEC / ITEC / UFPA

RESUMO

A pesquisa enfoca na identificação dos impactos decorrentes de alagamento e/ou inundação do rio Tapajós na área central da orla do município de Santarém, localizado na região Oeste do estado do Pará. A mesma foi desenvolvida em quatro etapas. Inicialmente foram analisados legislações, planos, licitações, projetos, obras emergenciais e documentos técnicos relacionados ao sistema de drenagem urbana. Em seguida, foi realizado o mapeamento das áreas alagadas e/ou inundadas. Na terceira etapa foi realizada visita de campo, para avaliação a situação dos dispositivos de drenagem urbana e para aplicação de checklist. Na última etapa foram identificados os impactos ambientais, sociais e econômicos dos alagamentos e/ou inundações, com base no levantamento de notícias e reportagens da imprensa local, de trabalhos técnico científicos e de conversas com moradores e/ou trabalhadores da área estudada. Os alagamentos e inundações na área da orla dificultam a circulação de pessoas, veículos e mercadorias, provocando prejuízos ambientais, sociais e econômicos. Com a pesquisa foi identificado que, apesar do empenho do Poder Público, as ações adotadas precisam ser definitivas; que a área mais afetada fica na Avenida Tapajos, da Rua Lameira Bittencourt até a Travessa 15 de agosto, 15 de novembro e dos Mártires; que os dispositivos de drenagem precisam de manutenção e/ou limpeza; que ocorre acumulação inadequada de resíduos sólidos, alta concentração de águas residuárias nas vias e mau cheiro. Todas essas situações dificultam a movimentação normal na área da orla, afastando os visitantes e causando prejuízos aos comerciantes. Com a pesquisa foi verificada a importância dos estudos e planejamento para a estruturação do sistema de drenagem urbano adequado ao propósito de reduzir e/ou mitigar os impactos que a inundação e/ou alagamento causam ao ambiente, ao comércio e à sociedade de Santarém.

Palavras-chave: Drenagem Urbana, Inundação em Área urbana, Alagamentos Urbanos.

ABSTRACT

The research focuses on the identification of the impacts resulting from flooding and/or flooding of the Tapajós River in the central area of the waterfront of the municipality of Santarém, located in the western region of the state of Pará. It was developed in four stages. Initially, legislation, plans, tenders, projects, emergency works and technical documents related to the urban drainage system were analyzed. Then, the mapping of flooded and/or flooded areas was carried out. In the third stage, a field visit was carried out to assess the situation of urban drainage devices and to apply a checklist. In the last stage, the environmental, social and psychological impacts of the floods and/or floods were identified, based on the survey of news and reports from the local press, scientific technical work and conversations with residents and/or workers in the studied area. Floods and floods in the waterfront area make it difficult for people, vehicles and goods to circulate, causing environmental, social and health damage. With the research it was identified that, despite the commitment of the Public Power, the actions adopted need to be definitive; that the area is mostly suspended on Avenida Tapajós, from Rua Lameira Bittencourt to Travessa 15 de Agosto, 15 de Novembro and dos Mártires; that drainage devices need maintenance and/or cleaning; that occurs with solid waste, high concentration of wastewater in the roads and bad smell. All of these situations make it difficult for normal movement in the waterfront area, driving away visitors and causing losses to merchants. With the research it was verified the importance of studies and planning for the structuring of the adequate urban drainage system with the purpose of reducing and/or mitigating the impacts that the flood and/or flooding cause to the environment, to the commerce and to the society of Santarém.

Keywords: Urban Drainage, Flooding in Urban Area, Urban Flooding.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	07
LISTA DE FOTOGRAFIAS.....	08
LISTA DE GRÁFICOS.....	09
LISTA DE QUADROS.....	10
LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE SIGLAS.....	12
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1 BACIA HIDROGRÁFICA EM ZONA URBANA.....	17
3.2 ENCHENTES, INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS.....	23
3.3 SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA.....	30
3.4 PLANEJAMENTO NO SISTEMA DE DRENAGEM.....	35
3.5 AÇÕES DE DRENAGEM URBANA.....	39
3.6 IMPACTOS DAS INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS EM ÁREAS URBANAS.....	43
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	48
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	48
4.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	52
4.2.1 Etapa 1 - Análise da Situação Legal e dos Instrumentos Gerenciais do Sistema de Drenagem Urbana na Orla do Município de Santarém.....	53
4.2.2 Etapa 2 - Mapeamento das áreas alagadas devido ao alagamento e/ou inundação da área estudada.....	54
4.2.3 Etapa 3 - Avaliação da situação dos dispositivos de drenagem de águas pluviais na área central de Santarém.....	56
4.2.4 Etapa 4 - Identificação dos impactos sociais, econômicos e ambientais decorrentes de alagamento e/ou inundação da orla da área central do Município de Santarém.....	57
5 RESULTADOS.....	61
5.1 SITUAÇÃO LEGAL RELACIONADA AO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA NA ORLA DO MUNICÍPIO DE SANTARÉM.....	61
5.2 INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE SANTARÉM.....	64
5.3 INSTRUMENTOS GERENCIAIS DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DE SANTARÉM.....	67
5.4 MAPEAMENTO DAS ÁREAS INUNDADAS / ALAGADAS.....	72

5.4.1 Levantamento de dados pluviométricos e fluviométricos.....	72
5.4.2 Identificação de áreas inundadas / alagadas.....	77
5.5 AVALIAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS NA ÁREA CENTRAL DE SANTARÉM.....	80
5.5.1 Mapeamento dos dispositivos de drenagem.....	88
5.6 IMPACTOS DAS INUNDAÇÕES E/OU ALAGAMENTOS.....	90
5.6.1 Impactos ambientais.....	90
5.6.2 Impactos sociais.....	95
5.6.3 Impactos econômicos.....	104
6 CONCLUSÃO.....	116
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	118

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.....	21
Figura 2 - Relação uso e ocupação do solo e problemáticas das águas urbanas.....	26
Figura 3 - Representação dos fenômenos alagamento, enchente e inundação..	28
Figura 4 - Representação do Sistema Separador Absoluto.....	33
Figura 5 - Representação do Sistema unitário.....	34
Figura 6 - Localização do município de Santarém no estado do Pará.....	48
Figura 7 - Área da orla urbana do município de Santarém - PA.....	49
Figura 8 - Delimitação da área da pesquisa na orla do município de Santarém - PA.....	50
Figura 9 - Fluxograma das etapas.....	53
Figura 10 - Boletins de medição do Nível d'Água do rio Tapajós.....	69
Figura 11 - Mapeamento das áreas alagáveis.....	78
Figura 12 - Mapeamento dos dispositivos de drenagem na área de estudo.....	89

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Calçadão da orla de Santarém - PA.....	51
Fotografia 2 - Bombas utilizadas para bombeamento de água na orla do Município de Santarém.....	68
Fotografia 3 - Comporta em tubulação de drenagem no município de Santarém.	71
Fotografia 4 - Inundação da Avenida Tapajós em Santarém.....	79
Fotografia 5 - Inundação de ruas na Área Central do Município de Santarém	79
Fotografia 6 - Problemas Identificados em Guias na área da orla de Santarém...	81
Fotografia 7 - Problemas Observados em Sarjetas da Área Central de Santarém.....	82
Fotografia 8 - Resíduos Sólidos em Sarjetas da Área Central de Santarém.....	83
Fotografia 9 - Sarjetão da Rua 24 de Outubro em Santarém.....	84
Fotografia 10 - Boca de lobo de guia (244 cm) da Avenida Tapajós de Santarém.....	85
Fotografia 11- Boca de lobo com grade da Travessa 7 de setembro de Santarém.....	86
Fotografia 12 - Boca de lobo danificada da Travessa Silva Jardim de Santarém.	87
Fotografia 13 - Poços de Visita no Município de Santarém.....	88
Fotografia 14 - Coleta de resíduos das estruturas de drenagem.....	91
Fotografia 15 - Acúmulo de água contaminada em pontos da Orla do Município de Santarém.....	94
Fotografia 16 - Manutenção na orla de Santarém.....	95
Fotografia 17 - Danificação em um ponto da orla de Santarém.....	96
Fotografia 18 - Pedestre trafegando em ponte instalada na orla de Santarém.....	101
Fotografia 19 - Pontes instaladas na orla do Município de Santarém.....	105
Fotografia 20 - Bomba de Sucção na orla de Santarém.....	106
Fotografia 21 - Manutenção asfáltica em via de Santarém.....	108

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Visitas na orla de Santarém.....	98
Gráfico 2 - Acesso de pessoas na orla de Santarém.....	99
Gráfico 3 - Dificuldades de acesso á orla de Santarém.....	100
Gráfico 4 - Ações do poder público na orla de Santarém.....	102
Gráfico 5 - Danos causados pela inundação da orla de Santarém.....	103
Gráfico 6 - Doenças causadas pela inundação da orla de Santarém.....	103
Gráfico 7 - Alteração de horário de trabalho.....	108
Gráfico 8 - Rendimento mensal.....	109
Gráfico 9 - Interferências dos alagamentos nas atividades.....	110
Gráfico 10 - Impactos dos alagamentos nas atividades.....	111
Gráfico 11 - Possibilidade de deixar de trabalhar devido aos alagamentos.....	112
Gráfico 12 - Investimento es estruturas para melhorar o acesso.....	113
Gráfico 13 - Investimento em estruturas por parte do governo.....	113
Gráfico 14 - Opinião dos comerciantes sobre os iverstimentos do governo.....	113
Gráfico 15 - Faturamento das empresas.....	114

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Checklist para análise dos dispositivos de drenagem.....	56
Quadro 2 - Roteiro do Checklist da Situação Social.....	58
Quadro 3 - Roteiro do Checklist da Situação Econômica.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Elenco de Medidas para Gestão de Drenagem Urbana.....	42
Tabela 2 - Valores de precipitação e nível do rio no período estudado.....	73

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CBHs	Comitês de Bacias Hidrográficas
CDP	Companhia Docas do Pará
CMB	Conjuntos Motor e Bomba
CSO	Combined Sewer Overflow
IAS	Instituto Águas e Saneamento
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PDDU	Plano Diretor de Drenagem Urbana
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico de Santarém
RHN	Rede Hidrometeorológica Nacional
SDMAPU	Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas
SEMINFRA	Secretaria Municipal de Infraestrutura
SEMURB	Secretaria Municipal de Urbanismo e Serviços Públicas
SIMMA	Sistema Municipal do Meio Ambiente
SMAPU	Sistema de Manejo de Águas Pluviais Urbanas
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TFT	Terminal Fluvial Turístico

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano foi acelerado a partir do século XX, desencadeando grandes mudanças no meio ambiente. Com o espaço reduzido, agravou-se a competição pelos recursos naturais como água e solo (TUCCI, 2008). Essa ocupação desordenada tem provocado modificações no uso do solo que, por sua vez, interfere nos processos de infiltração e drenagem de águas pluviais. Decina e Brandão (2016) afirmam que o processo de urbanização no Brasil, principalmente a partir dos anos 80, foi realizado sem o planejamento adequado. Um importante desdobramento dessa realidade é a geração de impactos no meio ambiente, com prejuízos para a população que vive nas cidades, principalmente por deficiência na drenagem urbana.

Analisando essa questão em diferentes perspectivas, é notável que a preservação dos recursos hídricos se tornou uma temática necessária, ainda mais porque a história da relação entre homem e água sempre esteve relacionada com a construção de cidades, busca de trabalho e qualidade de vida em áreas com riqueza hídrica. Essa relação entre o homem e natureza ambiental resulta por vezes em pontos negativos ao ambiente, pois a população usufrui de bens e serviços da natureza e devolve, na maioria das vezes, resíduos e rejeitos que alteram a sua própria qualidade de vida (LOPES *et al.*, 2020).

Um dos resultados causados pela alteração no ambiente são as mudanças hidrológicas, que, por sua vez, causam as enchentes, inundações e alagamentos. Com relação a isso, é importante conhecer as características e definições de cada um. As inundações são caracterizadas pelo transbordamento das águas de um curso d'água, o qual atinge a planície de inundação ou área de várzea. As enchentes (ou cheias) são definidas como a elevação do nível de água em um canal de drenagem, devido, principalmente, ao aumento de vazão, que atinge a cota máxima do canal, mas sem extravasar. Já os alagamentos são definidos como o acúmulo momentâneo de água em locais que não possuem sistema de drenagem eficiente (LICCO e DOWELL, 2015).

Para mitigar ou mesmo solucionar esses problemas em ambientes urbanos, é necessário a implantação dos sistemas de drenagem, definidos pela Lei federal nº 11.445 de 2007 como os serviços e dispositivos projetados para operar, transportar, deter, reter, tratar e direcionar corretamente as águas pluviais. O sistema de drenagem

completo engloba a macrodrenagem - que melhora as condições de escoamento em córregos, rios e riachos - e a microdrenagem - que drena as águas pluviais em vias públicas (MARTINS 2012; SNIS, 2021).

Antes da implantação do sistema de drenagem de águas pluviais, é importante a realização do diagnóstico da área. Para auxiliar nesse processo, há o mapeamento, que, dentre outras funções, pode ser utilizado para identificação de áreas inundadas e /ou alagadas, verificação do nível de risco de cada área, relacionar o nível de água na bacia com o espaço a ser alagado, entre outros.

Por ser fundamental na interpretação do espaço geográfico e por constituir ferramentas computacionais que propiciam gerar novas informações espaciais, pela análise e representação do espaço ou dos fenômenos espaciais com agilidade e viabilidade econômica, as técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento tornaram-se indispensáveis no monitoramento da dinâmica de uso e ocupação das terras, pelo fato de propiciar maior frequência na atualização de dados, agilidade no processamento e viabilidade econômica (VAEZA *et al.*, 2010; FAUSTINO *et al.*, 2014).

Apesar da importância do uso de sensoriamento remoto no controle de inundações de bacias hidrográficas, nem sempre esse instrumento é utilizado para controle de eventos hidrológicos como inundações e alagamentos. Como é o caso da bacia do Tapajós no município de Santarém, estado do Pará. Todos os anos o município sofre com as cheias do rio Tapajós, que na cota máxima atinge as vias públicas, ocasionando transtornos aos comerciantes e à população que reside ou transita pelo local. Na ocorrência de chuvas intensas, esses eventos se tornam cada vez mais intensos, pois, mesmo que indiretamente, os alagamentos provocados por deficiências no sistema de drenagem nas vias do município contribuem para piorar a situação, afetando a economia, a saúde, a qualidade de vida da população e interferindo na mobilidade urbana.

Esses eventos costumam ocorrer em uma área de grande importância ao município, principalmente por ser um espaço altamente relacionado à economia local, tanto em questão de comércio quanto turismo, no caso o centro de Santarém. Por essa razão, é preciso identificar os prejuízos causados à população e ao meio ambiente, bem como prevenir eventos futuros, de modo que a população, comerciantes e agentes

públicos responsáveis pela gestão e fiscalização daquele local conheçam os possíveis problemas existentes.

Diante disso, surge a pergunta: De que forma as deficiências no sistema de drenagem urbana e a inundação do Rio Tapajós, que ocorre todos os anos, impactam a área central do município de Santarém?

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GERAL:

Analisar a influência e o impacto do aumento do nível de água do Rio Tapajós nas condições ambientais, sociais e econômicas da área central da orla do município Santarém, estado do Pará.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- a) Analisar a legislação vigente e a existência de instrumentos de planejamento, projetos e obras para o sistema de drenagem de águas pluviais e/ou de controle de inundações e/ou alagamentos na orla do município de Santarém - PA;
- b) Mapear as áreas alagadas / inundadas, verificando a situação das estruturas existentes do sistema de manejo e controle de águas pluviais na Bacia de Drenagem Urbana localizada na área central do município de Santarém - PA;
- c) Verificar os impactos do alagamento e/ou inundação e suas consequências ambientais, sociais e econômicas na área da Orla localizada no centro do município de Santarém - PA.

3 REVISÃO DE LITERATURA

A pesquisa foi centrada no estudo de drenagem urbana da orla na área central do município de Santarém, que, a cada ano, é afetada por alagamentos e inundações do rio Tapajós, impactando, direta ou indiretamente, nas condições sociais, econômicas e ambientais do local. Com isso, na revisão de literatura foi enfocados os temas: Bacias Hidrográficas; Enchentes, Inundações e Alagamentos; Sistema de drenagem e; Planejamento e Ações no Sistema de Drenagem.

3.1 BACIA HIDROGRÁFICA EM ZONA URBANA

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento da massa líquida para um único ponto de saída. Composta por um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório, a bacia hidrográfica pode ser então considerada um ente sistêmico, já que nela se realizam os balanços de entrada (proveniente da chuva) e saída de água (através do exutório), permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias, cuja interconexão se dá pelos sistemas hídricos (PORTO e PORTO, 2008).

As bacias hidrográficas urbanas, ao contrário das rurais - onde a rede hidrográfica fica à mostra e definida através da topografia do terreno - , apresentam os seus limites imperceptíveis, isso porque, as ruas tomam o lugar dos afluentes e a água só aparece quando chove ou quando é transportada nas tubulações de drenagem. (UFRJ, S/ ANO).

As características básicas de uma bacia hidrográfica são área, forma e declividade. De acordo com Tucci (1997), a área é fundamental para definir a potencialidade hídrica de uma bacia, podendo variar como bacia pequena (área inferior a 3 km²), bacias médias (área de 3 km² a 1000 km²) e bacias grandes (área superior a 1000 km²). Quanto à forma e declividade, Borsato e Martoni (2014) adotaram as definições de Linsley *et al.*, (1975), que viam a forma e declividade das bacias como parâmetro de grande interesse hidrológico, especialmente para as bacias pequenas, nas quais o escoamento superficial é determinante na forma do

hidrograma. Os autores ainda complementam afirmando que a declividade é um dos fatores principais que regulam a velocidade do escoamento de uma bacia, tendo influência nos processos de erosão e infiltração.

Pelo fato do meio urbano ser dependente de elementos socioeconômicos e culturais, o crescimento populacional tem resultado em espaços inadequados e/ou irregulares em relação às questões ambientais, não sendo acompanhado pela infraestrutura urbana geral e de saneamento básico em particular (SILVA, *et al.*, 2017). Porto e Porto (2008) afirmam que é no território definido como bacia hidrográfica que são desenvolvidas as atividades humanas, sendo que todas as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação fazem parte de alguma bacia hidrográfica.

Implementada em 1997, a Lei de nº 9.433, denominada Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelece que as bacias hidrográficas são unidades de estudos que necessitam de planejamento ambiental. A mesma lei determina algumas normas para a gestão de recursos hídricos (FAUSTINO *et al.*, 2014). Uma das normas é a incorporação aos municípios, juntamente com os usuários e as organizações civis, de uma gestão compartilhada e integrada, de modo que garanta um equilíbrio entre as forças dos comitês e dos conselhos de recursos hídricos.

No entanto, além da referida Lei que apenas estabelece a importância do compartilhamento da gestão, nenhum outro instrumento legal definiu com clareza como deve ser a relação entre a gestão das águas e o ordenamento do território, o que provoca indefinições quanto ao papel do município como formulador e implementador de políticas urbanas para gestão de recursos hídricos (CARNEIRO *et al.*, 2010).

Mesmo com a indefinição, a participação municipal na gestão de recursos hídricos tem sido fundamental na interação com órgãos públicos e privados relacionados à água. Essa participação não é maior porque a esfera administrativa municipal apresenta dificuldades para atuar de maneira mais objetiva. Alguns dos fatores que impossibilitam as ações é sua proximidade com as realidades sociais locais, que impede a atuação político-administrativa de forma sistêmica, e sua dependência por transferências financeiras dos outros níveis de governo, que

dificulta ou até mesmo inviabiliza uma participação mais efetiva na gestão das águas (CARNEIRO *et al.*, 2010).

Além do município, a legislação nacional propõe uma política participativa aberta aos diferentes atores sociais na gestão dos recursos hídricos, reunindo representantes dos governos federal, estadual, municipal, da sociedade civil e dos usuários de água, tais como empresas de saneamento básico, indústrias, e agricultores, os quais protagonizam a gestão descentralizada de cada bacia hidrográfica por meio dos Comitês de Bacias Hidrográficas - CBHs. Por meio dessa participação, os vários segmentos da sociedade podem contribuir para o processo de tomada de decisão e na possibilidade de influenciar e acompanhar os métodos de formulação e implementação de políticas públicas (DICTORO e HANAI, 2019).

Para uma melhor integração no controle e planejamento ambiental urbano, é necessário considerar a evolução da paisagem ocorrida de forma funcional e sistêmica pelos processos ambientais modificados pelas estruturas antropogênicas. Vale ressaltar que a transformação gerada modifica quali e quantitativamente os processos ambientais. Portanto, entender essas modificações e os mecanismos de intervenção ligados a ela, é o desafio para um planejamento ambiental urbano mais eficaz e efetivamente sustentável (PEIXOTO e SILVEIRA, 2017).

Por sua grande relevância, alguns autores, como Schussel e Nascimento Neto (2015), acreditam que a inclusão de bacia hidrográfica nas unidades de planejamento é fundamental para elaboração de planos e projetos para a conservação e preservação das águas e para a integração das questões ambientais e antrópicas em um recorte territorial adequado, contribuindo para superação da visão setorializada ainda persistente na gestão pública. Os mesmos autores afirmam que alguns órgãos estaduais responsáveis pela gestão dos recursos hídricos, como o do Paraná, já passaram a exigir dos municípios a elaboração de Planos de Gestão de Recursos Hídricos Municipais, com a finalidade de compatibilizar dois objetivos: a qualidade e controle do uso da água (legislados pelos Planos de Bacia) e, o uso e ocupação do solo municipal (legislados pelos Planos Diretores Municipais).

No meio urbano, as bacias hidrográficas são marcadas pelo intenso processo de urbanização, ocasionando, dentre outras consequências, a redução da qualidade

dos recursos hídricos superficiais e alterações na dinâmica natural das drenagens (BONATO e SANTOS, 2013). Além do mais, à medida que a ocupação urbana na bacia aumenta, é provocado um expressivo aumento de áreas impermeáveis. Consequentemente, a ocorrência das perdas por infiltração, aumento do volume e velocidade de escoamento superficial, problemas de drenagem e enchentes se tornam mais frequentes (VAEZA *et al.*, 2010).

Atualmente tem sido observada uma grande ampliação e alteração ambiental no meio físico dessas bacias, ainda mais quando as mesmas não são consideradas como unidade de planejamento pelos órgãos públicos das cidades (BONATO e SANTOS). Com isso, as bacias hidrográficas urbanas têm atraído atenção especial, dado que o aumento populacional eleva o uso dos recursos hídricos e do ambiente em geral, ocasionando a degradação da qualidade da água, a descarga de águas residuárias, o transporte de sedimentos, a alteração da rede de drenagem e acúmulo de resíduos sólidos (LOPES, *et al.*, 2020).

Como as maiores alterações ocorrem em meio urbano, é importante conciliar o desenvolvimento das cidades com o desenvolvimento socioambiental. Um instrumento adotado na busca por essa conciliação é a criação de cidades sustentáveis. Cidade sustentável significa a concretização da justiça distributiva, o equilíbrio das relações de todos os atores sociais e implicação do desenvolvimento econômico compatível com a preservação ambiental e qualidade de vida dos seus habitantes, que se pudesse ser resumida em uma só palavra, seria equidade (CAVALLAZZI, 2007).

Para Nalini e Silva Neto (2017), uma cidade sustentável observa três interfaces da sustentabilidade em seu planejamento: ambiental, econômica e social. Isso incluiria, dentre outros, temas como licitação verde, construções sustentáveis, redes de transporte coletivo baseadas em fontes renováveis de energia e destinação adequada de resíduos sólidos e efluentes líquidos, sem deixar de lado a exclusão territorial e a ideia de vulnerabilidade, que se desdobra em vulnerabilidade socioeconômica e civil. Para a consolidação desses e de outros elementos em uma sociedade já construída, deve haver um projeto, a fim de que as políticas públicas sejam delineadas e, posteriormente, implementadas, tornando-se efetivas e abarcando, assim, as necessidades e os anseios da população com soluções

adequadas, eficazes e atuais (SOUZA e ALBINO, 2018).

Para isso, em 2012, a Organização das Nações Unidas (ONU) elaborou os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) com o propósito de contrabalançar a existência digna do ser humano sem colocar em risco a qualidade do meio ambiente. Com os ODSs pretende-se alcançar uma melhor distribuição da renda, uma melhor qualidade ambiental e um melhor índice de desenvolvimento por meio da implementação de cidades sustentáveis. Ao todo foram criados 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (GOMES e FERREIRA, 2018) (Figura 1).

Figura 1 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável



Fonte: ONU, 2014.

Dentre os 17 objetivos, encontra-se na 11ª posição o termo “Cidades e Comunidades Sustentáveis”, que se finaliza em “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” (GOMES e FERREIRA, 2018). Entre as garantias que o mesmo propõe, encontra-se algumas metas, como:

- Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e as capacidades para o planejamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados e sustentáveis, em todos os países;
- Até 2030, reduzir significativamente o número de mortes e o número de pessoas afetadas por catástrofes e substancialmente diminuir as perdas econômicas diretas causadas por elas em relação ao produto interno bruto global, incluindo os desastres relacionados à água, com o foco em proteger os pobres e as pessoas em situação de vulnerabilidade;
- Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros;
- Até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, particularmente para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência.

Os ODSs são importantes instrumentos para alcançar a proteção ambiental crescimento econômico, desenvolvimento social, proteção dos povos e promoção dos direitos humanos, sendo que o mesmo possui relação direta com a sustentabilidade e deve ser usado para obter o desenvolvimento sustentável das cidades, desde que haja a implantação de políticas públicas sustentáveis e adequadas ao desenvolvimento pautado na promoção e na efetivação dos ODS e das dimensões da sustentabilidade (GOMES e FERREIRA, 2018).

Diante disso, a bacia hidrográfica deve ser considerada como uma unidade especial de investigação e intervenção hidroambiental, devendo abranger a condição de “natureza transformada” da cidade. Até porque os objetos implementados no meio físico geram modificações em processos biogeofísicos, que, por sua vez, podem gerar uma série de problemas (PEIXOTO e SILVEIRA, 2017), como a ocorrência de enchentes, inundações e alagamentos.

3.2 ENCHENTES, INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS

As enchentes (ou cheias) são definidas como a elevação temporária do nível de água em um canal de drenagem, devido, principalmente, ao aumento de vazão, que atinge a cota máxima do canal, mas sem extravasar (LICCO e DOWELL, 2015).

Como um fenômeno geográfico, é importante ressaltar que as enchentes, também chamadas de cheias, ocorrem em um espaço natural e geometricamente delimitado, as bacias hidrográficas (WOLLMANN, 2015). Esse fenômeno é a principal causa da construção de obras hidráulicas como pontes, barragens, ediques e é através dela que ocorrem as inundações de terrenos marginais. Uma das causas do surgimento de cheias em bacias hidrográficas é o grande volume de precipitação sobre a bacia, seja na forma de chuva ou aguaceiros, originando, assim, escoamento superficial e caudais elevados (MADEIRA, 2005).

Estudando a enchente do rio Madeira em 2014, GERMANO *et al.*, (2015) concluíram que o elevado índice de precipitação na bacia afluente da cidade de Porto Velho foi o que ocasionou a ocorrência desse fenômeno no rio em outubro de 2013 a março de 2014. A precipitação média foi de 58% acima da média histórica.

Outro fator que condiciona a ocorrência de enchentes são as características geomorfológicas e fisiográficas das bacias hidrográficas. Isso porque a permeabilidade e cobertura vegetal influenciam na quantidade de precipitação infiltrada e escoada. Logo, esses fatores determinam o tempo de resposta para a bacia para se propagar em cheia (MADEIRA 2005).

Wollmann (2015) aponta mais fatores causadores para ocorrência de cheias em uma bacia hidrográfica, como a própria forma da bacia. Isso porque, quanto mais circular for a bacia, menores as chances de ocorrer grandes enchentes em seu interior. Isso pode ser justificado pelo fato da chuva, ao precipitar próximo aos divisores de água, leva o mesmo tempo para percorrer as vertentes até chegar ao canal principal. Assim, o tempo gasto para que o escoamento da água da chuva prossiga do interflúvio até o talvegue, também é tempo necessário para que o escoamento fluvial possa ocorrer, fazendo com que o rio incorpore a água da vertente sem elevar sua vazão, diminuindo as chances de ocorrência de enchentes.

Outro fator condicionante na formação de cheia citado por Wollmann (2015) é o relevo no interior da bacia. O escoamento superficial ocorre com maior velocidade para as partes mais baixas da bacia. Nesse momento também ocorre o escoamento subsuperficial que passa a encharcar o solo. Quando o solo é totalmente encharcado, a água deixa de se infiltrar, dando início às enchentes.

Tucci (1997) classifica as enchentes como ribeirinhas e urbanas. A primeira é caracterizada por ocorrer de forma aleatória, devido ao excesso de águas pluviais que não consegue ser drenado, inundando a várzea de acordo com a topografia das áreas próximas aos rios. A segunda ocorre com a impermeabilização do solo, que acelera o escoamento por meio de condutos e canais, fazendo com que a água chegue ao mesmo tempo no sistema de drenagem, produzindo inundações mais frequentes do que as que existiam quando a superfície era permeável.

As enchentes no Brasil têm causado intensa preocupação. Estima-se que cerca de 5 mil pessoas perderam a vida em enchentes e deslizamentos de terra ocorridos no país. Um exemplo é o que aconteceu recentemente em Recife. Em junho de 2022 na capital pernambucana ocorreram fortes chuvas, o que ocasionou alagamentos, quedas de árvores e diversos transtornos para a população (G1,2022).

O controle de enchentes em áreas urbanas é de fundamental importância no planejamento. Quando não são tomadas as medidas preventivas, as enchentes se transformam em inundações, tornando-se necessária a construção de estruturas que consomem muitos recursos, que nem sempre solucionam os problemas causados (OSTROWSKY e ZMITROWICZ , 1991).

As inundações são caracterizadas pelo transbordamento natural das águas dos cursos d'água para além de seu leito natural, atingindo áreas marginais (D'ÁVILA, 2018; SNIS, 2021).

De acordo Hora e Gomes (2009), as inundações representam um dos fenômenos naturais mais frequentes no mundo, afetando numerosas populações em todos os continentes, causando impactos desastrosos nas áreas afetadas e provocando perdas humanas e materiais. Seus impactos se iniciam a partir do momento em que o nível de água atinge a população (DICKEL e GODOY, 2016).

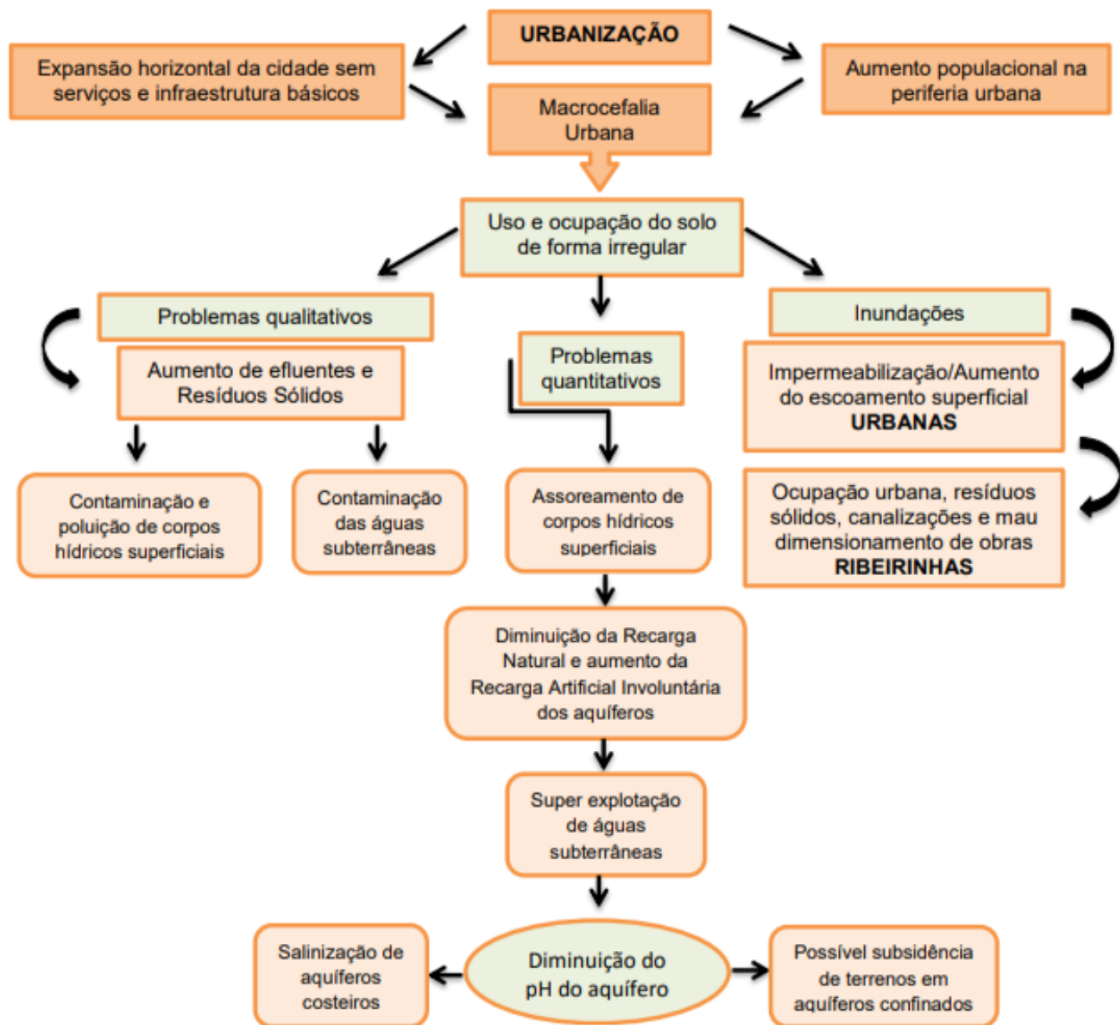
O fenômeno de inundação ocorre quando as águas dos rios, riachos, galerias pluviais saem do leito de escoamento, devido a falta de capacidade de transporte de um destes sistemas, e ocupa área onde a população utiliza para moradia, transporte (rua, rodovias e passeios), recreação, comércio, indústria, entre outros (TUCCI e BERTONI, 2003).

Magnano *et al.* (2015) classificam as inundações em graduais ou bruscas. As inundações graduais possuem sazonalidade e ocorrem lentamente, sendo associadas a grandes rios, podendo ser intensificadas por variações do clima, por alterações no relevo e por interferência antrópica. As inundações bruscas estão relacionadas às inundações que ocorrem em um curto intervalo de tempo, causadas por chuvas intensas concentradas, atingindo áreas suscetíveis e causando prejuízos ao meio ambiente e à população.

Os fatores que provocam as inundações, de acordo com Tucci (2007) e D'ávila (2018), são: a) estrangulamento da seção do rio devido a aterros e pilares de pontes, estradas, aterros, assoreamento do leito do rio e resíduos sólidos; b) remanso devido a macrodrenagem; c) erros de execução e projeto de drenagem de rodovias e avenidas, entre outros. O autor ainda relata que esses problemas ocorrem devido ao pouco controle sobre os dispositivos de infraestrutura, como o que ocorre, por exemplo, com as adutoras, geralmente projetadas sem considerar o impacto na drenagem, que a depender do fluxo de água, pode ser insuficiente para conduzir a água da chuva.

Peixoto *et al.* (2016), estudando o uso e ocupação do solo em meio urbano, constataram que os problemas de ordem hídrica estão diretamente relacionados à impermeabilização do solo e a resíduos sólidos, já que ambo diminuem a capacidade efetiva de drenagem. Os problemas relacionados a água de drenagem estão esquematizados na figura 2.

Figura 2 - Relação uso e ocupação do solo e problemáticas das águas urbanas



Fonte: Adaptado de Peixoto *et al.* (2016).

Conforme pode ser verificado na figura 2, as mudanças nos recursos hídricos ocorre com a urbanização, resultando na expansão horizontal da cidade sem serviços e infraestrutura básicos e aumento populacional, principalmente em periferias urbanas. Ambos os resultados formam a Macrocefalia urbana (concentração espacial de pessoas), ocasionando o uso e ocupação do solo de forma irregular, o que provoca problemas qualitativos e quantitativos, além das inundações (Peixoto *et al.*, 2016).

Os problemas qualitativos são caracterizados pelo aumento de efluentes e resíduos sólidos, provocando a contaminação de corpos hídricos superficiais e

subterrâneos. Os problemas quantitativos podem ser identificados pelo assoreamento de corpos hídricos superficiais; diminuição da recarga natural e aumento das recargas artificiais involuntárias, o que favorece o aumento da contaminação de águas subterrâneas e; super-exploração de águas subterrâneas de aquífero urbano, podendo resultar na perda de pH, o que interfere na salinização de aquíferos costeiros e numa possível subsidência de terrenos em aquíferos confinados (Peixoto *et al.*, 2016).

Já as inundações podem ser urbanas ou ribeirinhas. As primeiras possuem como causa principal a impermeabilização do solo, causando o aumento do escoamento superficial e, ainda a presença de resíduos sólidos, que podem contribuir com a diminuição da capacidade efetiva da drenagem. As inundações ribeirinhas são causadas pela ocupação das áreas urbanas, muitas vezes acompanhadas pela modificação antrópica dos canais naturais como a retificação, a construção de canais de drenagem em calhas de rios, implantando muitas vezes revestimentos que impede a infiltração da água, contribuição dos esgotos clandestinos, subdimensionamento de canais construídos, mal dimensionamento de obras e obstrução de canais devido aos resíduos sólidos (Peixoto *et al.*, 2016).

As inundações ocorrem pela ausência ou deficiência de planejamento. Porém há situações em que o inesperado passa a ser constante e, nesse caso, é necessário a aplicação de uma gestão eficiente.

A cidade de Itabuna, na Bahia, por exemplo, possui um vasto histórico relacionado às inundações urbanas provocadas pelas cheias do rio Cachoeira. De acordo com Hora e Gomes (2009), a primeira grande inundação registrada foi a de 1914 que levou à destruição de quase todas as casas situadas às margens do rio. Em 27 de dezembro de 1967 ocorreu a mais destrutiva de todas as inundações, segundo registros históricos todo o centro da cidade de Itabuna ficou alagado; o que ocasionou grandes prejuízos ao comércio local. Em dezembro de 2007, mais um episódio de inundação causou prejuízo e destruição em alguns bairros da cidade. Atualmente o estado da Bahia ainda sofre com a grande ocorrência de chuvas, que provocam inúmeros impactos ambientais, sociais e econômicos. Repetindo o histórico de inundação, Itabuna é um dos municípios baianos atingidos pelo fenômeno.

Na Amazônia, mesmo com o regime anual dos rios definido (VALE *et al.*, 2011), é comum a ocorrência de inundações na região. Em Manaus, Amazonas, os eventos de inundação são acompanhados por deslizamentos, que ocorrem com maior frequência nos meses mais chuvosos, caracterizando uma temporalidade quase sazonal desses riscos. Em 2007, por exemplo, as chuvas ocorridas no mês de abril estiveram entre os eventos climáticos que mais marcaram a memória dos moradores de áreas de risco. Foi decretado Estado de Emergência, pois, em um dia (09/04) o pluviômetro do Serviço Geológico do Brasil marcou 76mm, concentrados em três horas de chuva. Em 2009, outro evento de chuvas marcou o regime hidrológico que resultou na maior cheia do rio Negro do ano, o qual atingiu a cota máxima histórica de 29,77 metros (CRUZ e COSTA, 2012).

A ocorrência das inundações tem causado grandes desastres à população, principalmente em razão da ocupação desordenada no leito maior dos rios, seguida da impermeabilização do solo das bacias urbanas. Com isso, pode-se afirmar que a aplicação de uma política de monitoramento e controle das inundações pode evitar prejuízos e perdas nas cidades, que são ocasionados pelas faltas de planejamento do espaço ocupado, de conhecimento do risco das áreas passíveis de inundação e de interesse na solução desse problema (HORA e GOMES, 2009).

Os alagamentos estão associados aos processos de acúmulo de água em determinados locais, principalmente em baixadas, por ineficiência no sistema de drenagem (CALDANA *et al.*, 2018; SNIS, 2021). A ocorrência desse problema é ainda mais acentuada quando ocorre em paralelo com a cheia ou inundação de corpos d'água superficiais, como representado na Figura 3.

Figura 3 - Representação dos fenômenos alagamento, enchente e inundação



Fonte: Funasa, 2015.

Uma das maiores preocupações da comunidade científica atual é sobre as mudanças na intensidade e frequência dos eventos climáticos. Um desses eventos é a precipitação intensa em alguns municípios, pois este tipo de fenômeno causa diferentes efeitos nos centros urbanos, como é o caso dos alagamentos (SANTOS e HADDAD, 2014). De acordo com Tucci (2007), os alagamentos urbanos são caracterizados pelo acúmulo de água em vias públicas, devido, principalmente a ausência e/ou precariedade dos sistemas de drenagem.

Holanda *et al.*, (2019) afirmaram que o problema dos alagamentos é decorrente da descaracterização natural do solo, o que gera aumento no escoamento superficial. As áreas mais afetadas são as que se localizam próximas a rios, lagos e represas que, por apresentarem cotas mais baixas, deixam a camada superficial mais úmida, aumentando o escoamento superficial e deixando o local propício a alagamentos.

Essa realidade pode ser vista em praticamente todas as orlas praieiras do litoral Nordeste, onde a ocorrência de alagamentos é frequente. Nessas regiões, a cada estação chuvosa ou períodos isolados de ocorrência de chuvas intensas, surgem inundações, erosões pluviais, poluição das praias e de suas águas e em consequência os impactos derivados, como diminuição do fluxo turístico e queda no movimento no comércio local (SILVA *et al.*, 2008).

Os alagamentos provocam consequências em áreas urbanas de grande relevância, as quais atingem desde a saúde da população à valores de imóveis, infraestrutura de transporte, danos à propriedade e estresse psicológico (SANTOS, 2013). Analisando os impactos dos alagamentos em um centro econômico da cidade de Belém, Sousa (2016) observou um grande abalo na economia do município. Isso porque muitas ruas que dão acesso às lojas ficam intransitáveis e, com isso, muitos clientes não conseguem chegar aos estabelecimentos impedindo a venda de produtos, que acabam retidos na loja ou danificados pelos alagamentos (Sousa, 2016).

Ainda sobre os impactos dos alagamentos, em 2020, o SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) quantificou 218,4 mil desabrigados e/ou desalojados em áreas urbanas. Desses, 84,9 mil (38,9%) são da macrorregião

Norte. O índice de óbitos associados a inundações, enxurradas e alagamentos é estimado em 0,26 por 100,0 mil habitantes, alcançando 0,94 na macrorregião Sul (SNIS, 2021).

Vale ressaltar que nem sempre quem contribui para o alagamento sofre seus efeitos, uma vez que o aumento das vazões tem impacto à jusante de sua geração. Da mesma forma, nem sempre quem sofre com os alagamentos teve responsabilidade direta sobre a ampliação do escoamento superficial (SOUZA, 2013). A melhor solução para mitigação dos problemas relacionados aos alagamentos urbanos é a aplicação de sistemas e medidas de drenagem urbana, assunto discutido nos tópicos a seguir.

3.3 SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

Fazendo parte dos elementos que contemplam o sistema de saneamento básico no Brasil, o Sistema de Manejo de Águas Pluviais Urbanas (SMAPU) é definido na Lei Federal 11.445 de 2007. De acordo com a mesma, esse sistema é “constituído pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes” (BRASIL, 2007).

A Lei 14.026 de 2020 ressalta que nas áreas urbanas devem ser prestados os “serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, tratamento, limpeza e fiscalização preventiva das redes, adequados à saúde pública, à proteção do meio ambiente e à segurança da vida e do patrimônio público e privado”. A mesma lei cita os serviços públicos, combinados ou não, a serem considerados nesse sistema, os quais são: drenagem urbana; transporte de águas pluviais urbanas, detenção ou retenção de águas pluviais urbanas para amortecimento de vazões de cheias e tratamento e disposição final de águas pluviais urbanas (BRASIL, 2020).

O sistema em questão foi criado para evitar e atenuar impactos sociais, ambientais e econômicos resultantes de eventos hidrológicos importantes como

inundações, enxurradas e alagamentos em zonas urbanas (SNIS, 2021). Em um núcleo urbano habitacional, é mais fácil de comprovar sua ineficiência quando não projetado corretamente. Isso porque, logo após as intensas chuvas, problemas como inundações e alagamentos são facilmente identificados (FUNASA, 2004).

Um sistema geral de drenagem urbana é constituído pelos sistemas de microdrenagem e macrodrenagem (FUNASA, 2004). A microdrenagem (ou sistema inicial) compreende as estruturas de menor dimensão construídas para garantir o funcionamento do sistema viário e dar acesso aos lotes e habitações, ou seja, servem para drenar as águas pluviais em áreas públicas (lotes, ruas, calçadas, praças, dentre outros) de acordo com o traçado das ruas (MARTINS 2012; SNIS, 2021). De acordo com Tucci (2005), esse sistema deve ser capaz de captar e conduzir satisfatoriamente as águas pluviais durante e imediatamente após as chuvas, através de condutos pluviais até um coletor principal, seja galerias ou canais abertos (naturais ou não).

Um sistema tradicional de microdrenagem é composto pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, galerias de drenagem, sistemas de retenção e infiltração nos lotes e pavimentos, trincheiras e valas e muitos outros dispositivos relacionados ao viário (MARTINS 2012; SNIS, 2021). Normalmente, os primeiros dispositivos a receberem as águas pluviais, devido ao abaulamento da rua, são o meio-fio e as sarjetas. Caso a vazão escoada seja superior à capacidade hidráulica das sarjetas, havendo inundações maiores que o tipo de via consiga suportar, é necessário a captação dessa vazão excedente, utilizando-se as bocas-de-lobo, que captam as águas das sarjetas e as conduzem até às galerias, conectando os escoamentos da superfície com os das tubulações subterrâneas. Nas conexões entre as bocas-de-lobo e galerias são previstos poços de visitas para que, além de receber as águas pluviais, seja possível verificar também as condições das tubulações e realizar a manutenção das mesmas (BARBOSA, 2019).

Fochesatto (2017) em seu trabalho frisa que o bom desempenho do sistema de microdrenagem se sujeita fundamentalmente da realização minuciosa das obras (pavimentos das ruas, guias e sarjetas, e galerias de águas pluviais), além de conservação e manutenção freqüente, com limpeza e desobstrução das bocas de lobo e das galerias antes dos períodos chuvosos.

Já a macrodrenagem é referente às estruturas de maior dimensão com funções da malha hídrica original da bacia na qual córregos, riachos e rios foram substituídos por canalizações túneis, elevatórias, reservatórios de retenção e retenção, barragens e outros dispositivos (MARTINS 2012; SNIS, 2021). A macrodrenagem é a parte do sistema de drenagem que recebe a descarga d'água do sistema de microdrenagem e também é reservada ao escoamento final da água superficial, acarretada da chuva efetiva (ARAÚJO, 2021). Sendo assim, a macrodrenagem compreende a rede de drenagem natural, existente antes da ocupação. São obras de retificação, dimensionadas para grandes vazões e com maiores velocidades de escoamento (ARAÚJO, 2021).

Além de finalizar o escoamento das águas pluviais, as obras de macrodrenagem melhoram as condições desse escoamento de forma a evitar problemas com erosões, assoreamento e inundações ao longo dos talvegues (FUNASA, 2004).

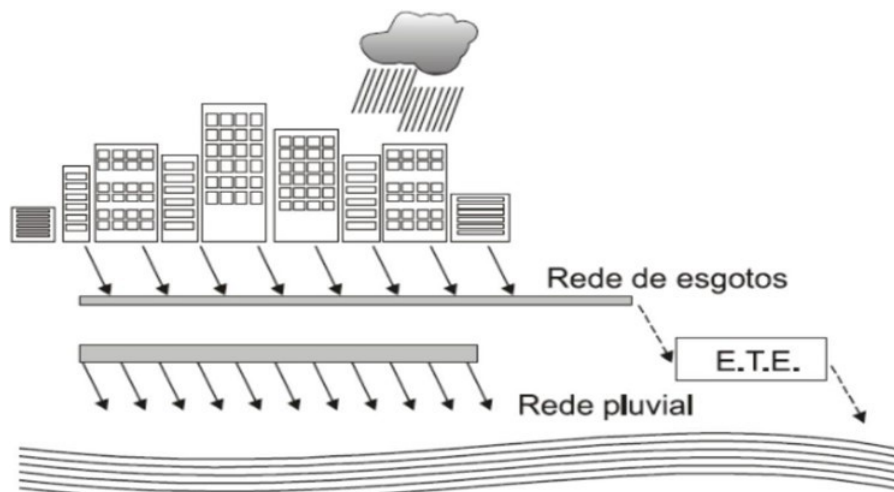
O Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas (SDMAPU) pode ser de três diferentes categorias: o exclusivo para drenagem de águas pluviais (separador absoluto), o unitário (misto com esgotamento sanitário) e o combinado (SNIS, 2021).

O Sistema separador absoluto é formado por estruturas que escoam, exclusivamente, águas pluviais (SNIS, 2021), conforme pode ser observado na figura 4. Nesse sistema as águas residuárias são transportadas separadamente das águas pluviais (FREIRE, 2014). Tsutiya e Bueno (2003) identificaram algumas vantagens quando se opta por esse sistema:

- Maior flexibilidade para a execução por etapas, de acordo com as prioridades (prioridade maior para a rede sanitária);
- Redução no custo de afastamento das águas pluviais, pelo fato de permitir o seu lançamento no curso de água mais próximo, sem a necessidade de tratamento;
- Redução da extensão das canalizações de grande diâmetro em uma cidade, pelo fato de não exigir a construção de galerias em todas as ruas.

No sistema separador absoluto coexistem o sistema de drenagem urbana e o sistema de esgotamento sanitário (HOEPERS, 2019).

Figura 4 - Representação do Sistema Separador Absoluto

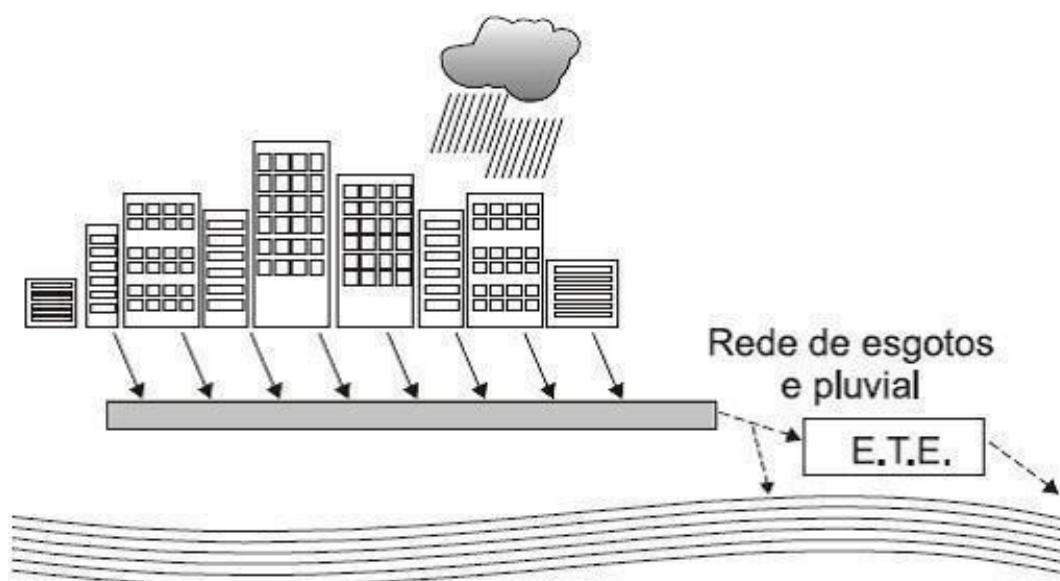


Fonte: Tsutya e Bueno, 2004.

O Sistema Unitário (Figura 5) transporta águas pluviais e esgotos urbanos (SNIS, 2021), ou seja, as águas pluviais, residuárias e de infiltração são veiculadas através de um único sistema. Freire (2014) relata em sua pesquisa que esse sistema não é muito utilizado no Brasil por exigir, inicialmente, elevados investimentos, devidos ao grande diâmetro das canalizações, bem como também por apresentar alguns inconvenientes, como:

- Dificuldade em controlar a poluição a jusante, o que aumenta o custo do tratamento, devido aos grandes volumes de esgotos coletados e transportados em épocas de chuvas;
- Exige altos investimentos na construção de grandes galerias necessárias ao transporte das vazões máximas do projeto;
- Riscos de refluxo do esgoto sanitário para o interior das residências, em épocas de cheias.

Figura 5 - Representação do Sistema unitário



Fonte: Aquafluxus, 2012.

O Sistema Combinado é caracterizado quando há uma combinação dos dois tipos de sistemas (exclusivo e unitário), onde cada tipo de configuração predomina em algum trecho da rede (SNIS, 2021). Assim como o separador absoluto, é constituído de redes de esgoto e de galerias de águas pluviais, porém apresentando algumas diferenças, pois no separador absoluto não é admitido o recebimento de águas das chuvas, enquanto que no sistema combinado a rede de esgoto é projetada para receber águas residuárias, uma parcela águas pluviais (águas que escoam de telhados, calçadas, etc.) e as águas de infiltração do subsolo. O restante das águas pluviais escoam em outra tubulação separada (FREIRE, 2014).

Hoepers (2019) acrescenta que sistema possui estruturas de regulação de vazão, nomeadas CSO - *Combined Sewer Overflow* - (extravasamento de vazão da rede combinada), cuja finalidade é promover o despejo direto no corpo receptor das vazões combinadas de águas pluviais e esgoto quando ocorrem eventos de chuvas intensas, cujas vazões escoando pela rede combinada possam ser maiores que a capacidade de escoamento da rede ou da estação de tratamento, o excedente é lançado diretamente no corpo receptor. Tsutiya e Sobrinho (2011) veem essa técnica como algo negativo, pois o efluente lançado no corpo receptor não é precedido de nenhum tipo de tratamento.

No Brasil os sistemas de drenagem das cidades são em sua grande maioria do tipo combinado, ou seja, recebem contribuição de esgoto cloacal domiciliar além das águas pluviais, o que agrega aos alagamentos uma complicação adicional. Com o extravasamento do sistema por falta de capacidade ou obstrução, a água acumulada apresenta grande quantidade de organismos patogênicos, que em contato com o indivíduo podem provocar doenças, como cólera, entre outras. A implantação de sistemas do tipo separador absoluto, mesmo que de forma lenta, já se encontra em execução (Cruz *et al.*, 2007).

Em todo e qualquer sistema é necessário a existência de planejamento, único instrumento capaz de prevenir e prever danos. O tópico a seguir descreve a importância desse instrumento e descreve o que a legislação ambiental diz a seu respeito.

3.4 PLANEJAMENTO NO SISTEMA DE DRENAGEM

O principal instrumento brasileiro que rege o planejamento dos sistemas de saneamento básico no país é a Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007. A referida lei, no seu capítulo IV, artigo 19, aborda a respeito do planejamento desses sistemas, afirmando que:

“A prestação de serviços públicos de saneamento básico observará plano, que poderá ser específico para cada serviço, o qual abrangerá, no mínimo:

I – diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas;

II – objetivos e metas de curto, médio e longo prazos para a universalização, admitidas soluções graduais e progressivas, observando a compatibilidade com os demais planos setoriais;

III – programas, projetos e ações necessárias para atingirem objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos, identificando possíveis fontes de financiamento;

IV – ações para emergências e contingências;

V - mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática a

eficiência e eficácia das ações programadas”.

O diagnóstico é importante para conhecer o objeto de estudo. Ele é obtido depois de estudar o que se pretende conhecer. Essa atividade pode ser comparada com o diagnóstico de doenças em indivíduos. Na medicina, o diagnóstico é usado para identificar os elementos que estão afetando a saúde das pessoas. Por conta dele, é estabelecido a melhor conduta para tratamento. No ambiente, esse processo não é diferente. É por intermédio do diagnóstico que são identificadas as negatividades e positivities existentes no ambiente.

Na drenagem, o diagnóstico está relacionado ao índice de precisão e disponibilidade de informações sobre a região, como cadastros, cartas topográficas, dados hidrológicos, legislação de uso do solo e características das bacias hidrográficas (CRUZ *et al.* 2007). A obtenção dessas informações é o primeiro passo para localização e/ou prevenção de riscos de alagamentos, enchentes e inundações (MANTIS e VAZ, 2019).

De acordo com o Dicionário Online de português (DICIO), meta significa “Aquilo que se pretende alcançar; objetivo, finalidade”, ou seja, as metas definem o objetivo a ser alcançado para resolução dos problemas encontrados no diagnóstico. A universalização dos serviços de saneamento, por exemplo, é uma meta redigida em lei. É importante que as metas constituam prazos, para assim assegurar o cumprimento das mesmas.

Os programas e ações objetivam minimizar e evitar impactos da intervenção humana. No plano de saneamento, alguns dos programas e projetos que devem ser contemplados são os voltados a operação e manutenção de sistemas, educação ambiental, treinamento de pessoal e monitoramento de informações hidrológicas. A prática dessas ações possibilita uma melhor regulação e gestão nos sistemas de saneamento (CRUZ *et al.* 2007; MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2011). Destes, cabe destaque a educação ambiental, que, em razão da sua função pública demanda uma forte gestão por meio da implementação de políticas, programas e ações orientadas para uma formação da cidadania sintonizada com a sustentabilidade em todas as proporções (MARTENS *et al.* 2022).

O Plano de Ação de Emergência fornece as diretrizes, dados e informações que propiciem as condições necessárias para a adoção de procedimentos lógicos, técnicos e administrativos, estruturados para serem desencadeados rapidamente em situações de emergência, para a minimização de impactos à população e ao meio ambiente. Essas ações devem ser definidas claramente, destacando as atribuições e responsabilidades dos envolvidos, além de prever os recursos humanos e materiais compatíveis com os possíveis acidentes a serem atendidos (CETESB, 2022). Tomadas pelo poder público, as ações de emergências e contingências são adotadas em casos em que são verificadas situações de risco ou perturbação da ordem e saúde pública ou ainda, episódios que causem ou possam causar danos ambientais (RIO DE JANEIRO, 2010).

A avaliação de eficiência refere-se à avaliação da rentabilidade econômica do projeto, estabelecendo uma relação entre o seu custo (esforços) e os resultados obtidos (eficácia) (Frasson, 2001), ou seja, a avaliação analisa os custos investidos em um programa e, posteriormente, conclui se os resultados obtidos com o mesmo justificam esses custos. A comparação entre custos e benefícios é um dos aspectos mais importantes para decidir a permanência, ampliação ou exclusão dos mesmos (FERREIRA, 2012).

Todas essas informações devem ser contidas no Plano de saneamento básico, ferramenta fundamental para se alcançar o acesso universal do saneamento básico, não só por estar mencionado em lei, mas também por ser uma condicionante para que os municípios possam receber verbas para obras de saneamento (TRATA BRASIL, 2021). A construção do mesmo deve levar em consideração os planos das bacias hidrográficas e os planos diretores dos municípios em que estiverem inseridos (BRASIL, 2007).

Por ser parte integrante do sistema de saneamento básico, a drenagem urbana é um dos componentes que deve estar no plano para garantir a segurança hídrica, prevenção de doenças, preservação do meio ambiente, ocupação adequada do solo e prevenção contra acidentes ambientais e eventos hidrológicos (TRATA BRASIL, 2021).

Outro instrumento legal que estabelece a gestão do sistema de drenagem

urbana e que deve possuir compatibilidade com o plano de saneamento é o Plano Diretor. Previsto na Lei 10.257, conhecida como a Lei que rege o Estatuto da Cidade, o Plano Diretor é parte integrante do processo de planejamento municipal, sendo que os outros planos, como o plurianual, devem ser elaborados levando em consideração o plano diretor e que esse instrumento deve conter, entre outros, medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres. Com esse propósito, surge o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU).

A regulamentação deste plano consiste de decreto municipal, o qual estabelece os critérios básicos para o desenvolvimento da drenagem urbana para novos empreendimentos na cidade. Esta regulamentação tem o objetivo de evitar que os impactos indesejáveis, devidos à implantação da edificação e parcelamento do solo com drenagem inadequada, sejam executados nas cidades (PORTO ALEGRE, 2005).

De acordo com Tucci (1997), o PDDU tem as seguintes funções: (i) planejar a distribuição da água no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana compatibilizando esse desenvolvimento e a infraestrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais; ii) controlar a ocupação de áreas de risco de inundação através de restrições na áreas de alto risco e; iii) convivência com as enchentes nas áreas de baixo risco.

Além das funções, Tucci (2003) descreve alguns princípios do PDDU: (i) os novos projetos desenvolvimentos não podem aumentar a vazão máxima de jusante; ii) o planejamento e controle dos impactos existentes devem ser elaborados considerando a bacia como um todo; iii) o horizonte de planejamento deve ser integrado ao Plano Diretor da cidade; iv) o controle dos efluentes deve ser avaliado de forma integrada com o esgotamento sanitário e os resíduos sólidos.

No SNIS (2021) é afirmado que o sistema de drenagem deve ser alinhado com outras políticas públicas, como o planejamento urbano, através do Plano Diretor de Uso e Ocupação do Solo, e a gestão de recursos hídricos. Esse planejamento deve levar em consideração o mapeamento de áreas de risco (Identificar regiões que podem ou não ser ocupadas no município); manutenção dos

sistemas (identificar e prevenir eventuais falhas para, então, corrigir os problemas existentes); sistemas de alerta de riscos hidrológicos (identificam eventos com antecedência, alertam a população e acionam o sistema de resposta, feitos geralmente pela Defesa Civil) e; monitoramento de dados hidrológicos (estabelece padrões de variáveis hidrológicas locais, como chuva e nível dos cursos d'água).

3.5 AÇÕES DE DRENAGEM

As águas pluviais escoam na superfície por caminhos naturais estabelecidos de acordo com o relevo das bacias hidrográficas. Nas cidades, devido às mudanças ocorridas no ambiente natural, esses caminhos podem sofrer alterações que interferem no ciclo da água e no processo natural de drenagem, demandando intervenções para minimizar impactos de eventos hidrológicos. Essas intervenções são conhecidas como medidas de controle e são formadas por ações, amparadas no item III do Art. 19 da Lei 11.445 (BRASIL, 2007).

Na drenagem urbana, essas ações são definidas como não estruturais ou estruturantes (diretrizes, normas legais, fiscalização, educação) e estruturais (intervenções físicas) (SNIS, 2021).

As medidas não estruturais são caracterizadas pela utilização de diretrizes, normas legais, fiscalização e educação (SNIS, 2021). Essas estratégias vão além da visão de previsão/prevenção e mitigação. Elas podem abranger a criação de diretrizes para recuperação e dispor de normas que visam a saúde ambiental da população bem como o meio em que é aplicada (TUCCI, 2007; DECINA e BRANDÃO, 2016; MARQUES, 2019).

Esse tipo de medida é pouco utilizada, pois quando o município passa pelo processo de inundação, a gestão decreta calamidade pública, o que muitas vezes resulta em repasse de recursos para obras, o prefeito costuma optar por esse tipo de medida para atender a vontade por obra da população. Além do mais, para aplicar medidas não estruturais, é necessário interferir em interesses de proprietários de áreas de risco, o que é politicamente complexo a nível local. Para modificar este cenário é preciso um programa estadual de educação da população,

além de atuação junto aos bancos que financiam obras em áreas de risco (TUCCI, 2002). Porém, mesmo não sendo valorizadas, as medidas não estruturais podem minimizar significativamente os prejuízos das inundações com um custo menor (TUCCI e BERTONI, 2003).

Em países desenvolvidos grande parte dos problemas de manejo de águas pluviais foram mitigados com o uso de medidas não estruturais (KAWATOKO, 2012). Tucci e Bertoni (2003) citam alguns tipos de medidas não estruturais:

- Zoneamento de áreas de inundação: Engloba as etapas de a) determinação de riscos de enchentes; b) mapeamento de áreas de inundação; c) levantamento da ocupação na área de risco; d) definição da ocupação das áreas de risco;
- Construções a prova de enchentes: Conjunto de medidas projetadas para reduzir as perdas de prédios localizados nas várzeas de inundação durante a ocorrência de cheias;
- Seguro de enchente: permite aos indivíduos ou empresas a obtenção de uma proteção econômica para as perdas decorrentes dos eventos de inundação;
- Previsão e alerta de inundação: previsão em tempo atual com modelo matemático e Plano de Defesa Civil, que envolve todas as ações individuais ou de comunidade para reduzir as perdas durante as enchentes.

Os autores (TUCCI e BERTONI, 2003) concluíram que a combinação dessas medidas permite reduzir os impactos das cheias e melhorar o planejamento de ocupação de áreas suscetíveis à inundação.

As medidas estruturais são obras para evitar que as inundações ocorram, ou seja, consistem na alteração natural de escoamento do curso d'água, podendo ser realizadas em nível de microdrenagem, como reservatórios subterrâneos, galerias, trincheiras de infiltração, etc., e no âmbito de macrodrenagem como diques, alargamento e desvios de canais, barragens, dentre outras (MENDES *et al.*, 2004;

TUCCI, 2012; MARQUES, 2019).

Enquanto as medidas estruturantes deixam de ser adotadas por não atraírem recursos para os municípios, as medidas estruturais não são muito utilizadas por terem custos econômicos mais elevados (TUCCI, 2012).

Maia e Pitom (2009) e Tucci e Bertoni (2003) citam algumas medidas estruturais:

- Retificação do canal fluvial: eliminação de suas curvas, criando um novo leito utilizando o antigo como base;
- Canalização do rio: concretagem das muretas laterais e do talvegue. O conjunto de rios canalizados forma as galerias que podem ser abertas ou fechadas;
- Controle da cobertura vegetal: caracterizado no reflorestamento de bacias, já que o amortecimento do solo interfere no processo de escoamento;
- Controle de erosão do solo: também vinculado à área de escoamento do rio, é caracterizado no reflorestamento, estabilização das margens e práticas agrícolas corretas;
- Reservatórios: retém parte do volume da enchente, reduzindo a vazão natural, procurando manter no rio uma vazão inferior aquela que provoca extravasamento do leito;
- Diques ou polders: muros laterais de terra ou concreto que protegem as áreas ribeirinhas contra o extravasamento.

O dimensionamento racional da rede de drenagem nas cidades deve ser considerado, levando em conta as necessidades futuras e a minimização dos problemas como o das enchentes pontuais. Na tabela 1 são apresentadas as principais medidas estruturais e não estruturais:

Tabela 1: Elenco de Medidas para Gestão de Drenagem Urbana

Medidas Estruturais	Medidas Estruturantes
Diques, muros e floodwalls	Bombas hidráulicas ativadas por sensores
Canalizações	Flood Barries
Reservatórios	Barreiras portáteis
Trincheiras de Infiltração	Sistemas de realidade virtual
Bacias de retenção, detenção e infiltração	Sistemas de controle à distância
Pavimentos permeáveis	Softwares de modelagem de escoamento
Sistemas de Captação	Controle do uso do solo fora da área de inundação
Armazenamento ou desvio das águas amontante da região sujeita a inundações	Educação Ambiental
Alterações em pontes e travessias	Estruturas a prova de inundação
Bacias de sedimentação, retenção de detritos e lixo	Sistema de Previsão, antecipação e alerta
Wetlands e áreas de depuração in situ	Tratamento das populações em encostas e áreas baixas
Parques lineares	Programa de manutenção e inspeção do sistema de drenagem
Repermeabilização e permeabilização artificial do solo	Programa de ação emergencial
Relocação e demolição de estruturas	Manual de Drenagem e de gestão da drenagem

Fonte: Adaptado de Martins, 2012.

Tucci (2012) afirma que a escolha da ação a ser implantada depende do cenário da área, em área ainda não construída devem ser utilizadas as medidas não estruturais, como legislação, fiscalização, controle e mecanismos de incentivos econômicos. Para as áreas construídas são adotados as medidas estruturais, pois priorizam o amortecimento do escoamento na fonte ou na macrodrenagem. No entanto, o instrumento de planejamento deve ser levado em consideração na aplicação de ambas as medidas que, para ser consistente, deve contemplar uma integração harmoniosa entre medidas estruturais e não estruturais, seguindo sempre o critério fundamental de que não se deve ampliar a cheia natural do curso d'água (DECINA e BRANDÃO, 2016).

A ausência dessas ações, somadas à falta de planejamento e alterações no meio ambiente devido ao uso inadequado do solo, constituem pontos favoráveis à geração de impactos e problemas urbanos.

3.6 IMPACTOS DAS INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS EM ÁREAS URBANAS

As inundações e as enchentes têm sido um risco presente em toda a história do Brasil, principalmente em áreas que foram ocupadas de forma desordenada (SWISS, 2011). A ocorrência desse processo, causa alguns efeitos que, ao não serem previstos a tempo, podem resultar em significativos impactos no ambiente, população e economia.

A frequência com que ocorrem as inundações vem aumentando gradativamente, causando grandes prejuízos nos locais em que ocorrem. SILVEIRA *et al.* (2014) comentam que, devido a esse aumento, ao longo da última década, ampliaram-se as pesquisas voltadas para o conhecimento, a previsão e o controle de desastres naturais bem como a definição de áreas de risco.

O mapeamento e o monitoramento dessas áreas são importantes para estudos de processos hidrológicos, ecológicos, geomorfológicos, biogeoquímicos, avaliação de danos resultantes de desastres naturais e provocados, manejo de recursos hídricos e definição de uso sustentável dessas áreas (NOVO e COSTA, 2009).

O mapeamento de áreas de risco de inundações, enchentes e alagamentos é importante para reduzir a ocorrência destes eventos ao fornecer informações seguras aos gestores responsáveis pelas ações emergenciais e ao público em geral. A identificação das áreas propícias a esses fenômenos é fundamental para o planejamento urbano e mitigação das consequências de chuvas intensas (LIMA *et al.*, 2019).

Várias das cidades brasileiras passam constantemente por problemas relacionados à drenagem urbana de águas pluviais, o que provoca impactos ao meio ambiente e, conseqüentemente, à sociedade que está inserida no mesmo. Esses impactos são advindos de variadas causas e associados a alguns aspectos, ocasionando diversos problemas e prejuízos à população urbana (MONTES e LEITE, s/ ano).

A precipitação, considerada um fenômeno meteorológico importante para os estudos climáticos, é uma das fenômenos causadores de impactos nos diversos

setores da sociedade, pois quando ocorrem em excesso podem ocasionar, entre outros, enchentes, escorregamentos de barreiras e alagamentos, e quando são escassas podem resultar em secas e assoreamento dos rios, afetando os setores econômicos, sociais e ambientais de uma região (SOUZA *et al.*, 2012).

Como consequência de episódios extremos de precipitação, esses acontecimentos são definidos como fenômenos da natureza, que transformam a paisagem e o espaço geográfico. Quando intensificados em meio social, geram situações de perigo, podendo causar óbitos e danos materiais com prejuízos de difícil reparo (CALDANA *et al.*, 2018).

Santos (2013) em sua pesquisa descreve os principais impactos causados pela deficiência do sistema de drenagem de uma das principais cidades brasileiras. Estudando os efeitos das chuvas em São Paulo, o autor relata que em vários pontos da cidade há ocorrência de alagamentos que, além das perdas e transtornos, provocam danos que ultrapassam os limites da capital, refletindo em setores econômicos do estado e do país. Sousa (2013) destaca que os eventos hidrológicos em grande escala afetam famílias, atividades industriais e comerciais, serviços públicos e privados, sistema de transporte urbano, valores de imóveis, saúde humana, danos à propriedade e estresse psicológico.

Tucci *et al.*, (1995) expõem alguns impactos ambientais provocados pela falta de planejamento nos sistemas de drenagem urbana, como o aumento da produção de sedimentos e degradação da qualidade de água devido à disposição inadequada dos esgotos cloacais, pluviais e resíduos sólidos nas cidades. Isso porque, durante o desenvolvimento urbano, com as construções, limpezas de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, rodovias e avenidas, a bacia hidrográfica produz sedimentos em grande quantidade. A produção desses sedimentos causam assoreamento da drenagem (com redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e lagos urbanos) e transporte de substância poluente agregada ao sedimento, que, na ocorrência de inundações, enchentes e alagamentos, se unem às substâncias existentes na água de lavagem das ruas e contaminam aquíferos urbanos.

O principal elemento que interfere na eficiência do sistema de drenagem

existente é a disposição inadequada de resíduos sólidos que provoca entupimento nos dispositivos de drenagem e interfere no escoamento das águas urbanas. De acordo com Allison *et al.* (1998), os fatores que influenciam no carreamento de resíduos sólidos urbanos em sistemas de drenagem são:

- tipos de ocupação do solo: comercial, industrial, residencial e parques;
- população urbana;
- práticas de gerenciamento, como serviços de limpeza pública, forma de acondicionamento dos resíduos, regularidade da limpeza e coleta dos resíduos, existência de programas de triagem;
- programas de sensibilização e educação da população local;
- período de tempo sem precipitações pluviométricas;
- características dos eventos de precipitação, tamanho, geometria e localização das bocas de lobo e condutos da rede de microdrenagem;
- características físicas da bacia hidrográfica, como tamanho, declividade, características da superfície e vegetação;
- percentual e tipo de pavimento utilizado;
- variações sazonais e;
- intensidade e direção do vento.

Os corpos hídricos superficiais também correm risco de serem poluídos- interferindo nas fontes de abastecimento urbano, deteriorando sua qualidade - e assoreados, com a deposição de sedimentos em leitos de rios ou fundo de lagos –, o que incrementa a ocorrência de inundações urbanas.

Outro setor que sofre interferência dos alagamentos é a infraestrutura por mobilidade. Ambos, além de dificultar o transporte da população, potencializam o surgimento de doenças de veiculação hídrica e proliferação de vetores e patógenos. Em grande intensidade, podem, ainda, danificar e destruir habitações,

principalmente em regiões construídas sem o devido planejamento (IPEA, 2021).

Souza *et al.* (2012) relatam que, além dos danos à saúde humana, a frequência desses eventos podem provocar danos à saúde psicológica da população, devido ao “stress” causado pelas situações enfrentadas nos momentos das enchentes e inundações. As flutuações climáticas podem levar a eventos meteorológicos extremos e consequentemente a acidentes e traumas em áreas de ocupação humana.

Economicamente, as inundações provocam grandes perdas materiais e humanas e interrupção de atividade econômica e social nas áreas inundadas. (MENDES, 2005). Ainda sobre os aspectos econômicos, esses eventos causam perdas provenientes de lucros cessantes bem como a crescente sobrecarga sobre os orçamentos público e pessoal (SWISS, 2011).

Atualmente há algumas técnicas adotadas para identificar e mapear áreas alagáveis como a simulação digital e os dados de radar, por meio do sensoriamento remoto. A simulação digital auxilia na tomada de decisões sobre o uso e ocupação do solo nas esferas pública e privada, a qual evita futuros problemas de calamidade devido às cheias e previne a ocorrência de danos sociais, econômicos e ambientais que esses eventos podem causar. Com essa identificação é possível adotar medidas não-estruturais nas áreas de risco, como o zoneamento, proporcionando melhores avaliações sobre o território, bem como a definição de propostas de uso e ocupação do solo mais adequadas às características topográficas de cada área (SILVA, 2007).

Com os dados de radar é possível obter informações adicionais e características exclusivas da interação com os alvos da superfície terrestre em relação aos sensores ópticos. Em regiões inundáveis e em período chuvoso, é muito comum a presença de nuvens, apresentando assim grandes influências nas imagens ópticas devido às condições atmosféricas. O uso de dados de radar se destaca em mapeamentos de cobertura vegetal, na determinação de biomassa vegetal, no monitoramento de desastres naturais, nas mudanças de cobertura terrestre. Porém, seu uso eficiente depende das características do sistema, da vegetação, da amplitude e da extensão da inundação (CECHIM JÚNIOR *et al.*, 2020).

Ao longo do rio Vacacaí, na área de São Gabriel, por exemplo, ocorreu o

processo de ocupação urbana que provocou fenômenos de inundação no município. A partir da determinação de as áreas urbanas ocupadas que poderiam ser afetadas pelo processo de inundação do rio Vacacaí, Silveira (2014), estabeleceu um zoneamento e um mapeamento das áreas suscetíveis e de perigo. Com a pesquisa do autor, foi possível determinar as ações viáveis a serem implantadas de acordo com as condições encontradas. Nas áreas determinadas como suscetíveis, o autor aconselha a implementação de ações que evitem a ocupação ou estabeleçam ali um uso restrito. Já nas áreas de perigo, o mesmo opta por ações que mitiguem as perdas. Sendo que, em todas as situações e ações é indispensável a participação da população no planejamento.

Um dos métodos utilizados por Tucci (2003) para definir as zonas de inundação é a utilização de mapas, que definem as áreas e grau de risco, favorecendo uma ocupação planejada e regulamentada. Adotando esse método em Itabuna, Bahia, Hora e Gomes (2009) identificou que as inundações estão associadas às ocupações informais, fruto da expansão urbana descontrolada. A população que reside em áreas não planejadas são as que enfrentam os maiores impactos, principalmente em função da localização às margens do rio.

Para Toniolo *et al.* (2022) os problemas de inundação, alagamentos e enchentes podem ser mitigados com a implantação de obras de drenagem urbana, mas é indispensável, antes de tudo, o estudo da área usando técnicas de geoprocessamento, principalmente para delimitar a área de risco. A identificação e análise da área de risco. Contudo, o autor ressalta, que as técnicas de geoprocessamento possuem limitações e devem ser escolhidas com cautela para cada finalidade.

Assim, é importante o conhecimento da realidade de cada local, já que o alagamento e/ou inundação acaba trazendo transtornos sociais, ambientais e econômicos para a população da área.

4 MATERIAL E MÉTODOS

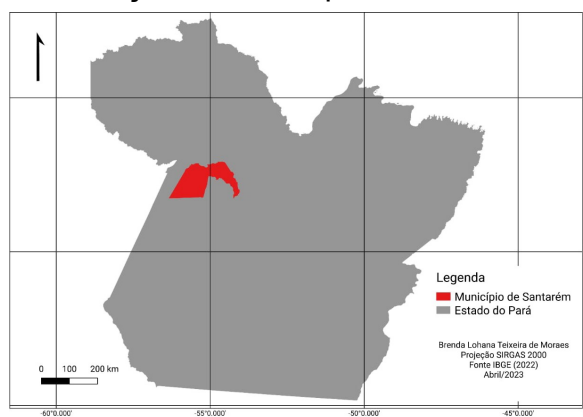
O tipo de pesquisa utilizada no desenvolvimento do trabalho foi a exploratória, descritiva e explicativa. De acordo com Gil (2008), a pesquisa exploratória tem o objetivo de proporcionar uma visão geral sobre determinado fato, com a finalidade de desenvolver e esclarecer conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos. Habitualmente, nessa etapa é realizado o levantamento bibliográfico e documental, entrevistas e estudos de caso.

A pesquisa descritiva busca apresentar as características de determinada população ou fenômeno. Uma de suas características mais significativas é a utilização de técnicas padronizadas de coletas de dados (GIL, 2008). Já as pesquisas explicativas são as que se preocupam em identificar os fatores que determinam ou contribuem para ocorrência dos fenômenos. Nesse tipo de pesquisa ocorre o aprofundamento do conhecimento com a realidade, pois explica a razão e o porquê das coisas estarem acontecendo (GIL, 2008).

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo foi a orla da zona central da área urbana do município de Santarém, que é localizado na região Oeste do estado do Pará, tendo população estimada pelo IBGE (2021) em 308.339. Na Figura 6 é representada a localização do município de Santarém no estado do Pará.

Figura 6 - Localização do município de Santarém no estado do Pará



Fonte: Autor, 2023.

Em relação ao contingente populacional, o município de Santarém é o 3º município de maior população no estado do Pará e o 8º da Região Norte, com área de 17.898,389 km², sendo 97 km² em perímetro urbano (IBGE, 2022).

A orla da zona urbana do município de Santarém tem grande extensão e é localizada na Av. Tapajós, iniciando na Av. Cuiabá e finalizando na Rua Inácio Corrêa, conforme representado na Figura 7. No caso da presente pesquisa foi utilizada como área de estudo a porção da orla localizada na área central, que é a zona com grande número de estabelecimentos comerciais.

Figura 7 - Área da orla urbana do município de Santarém - PA

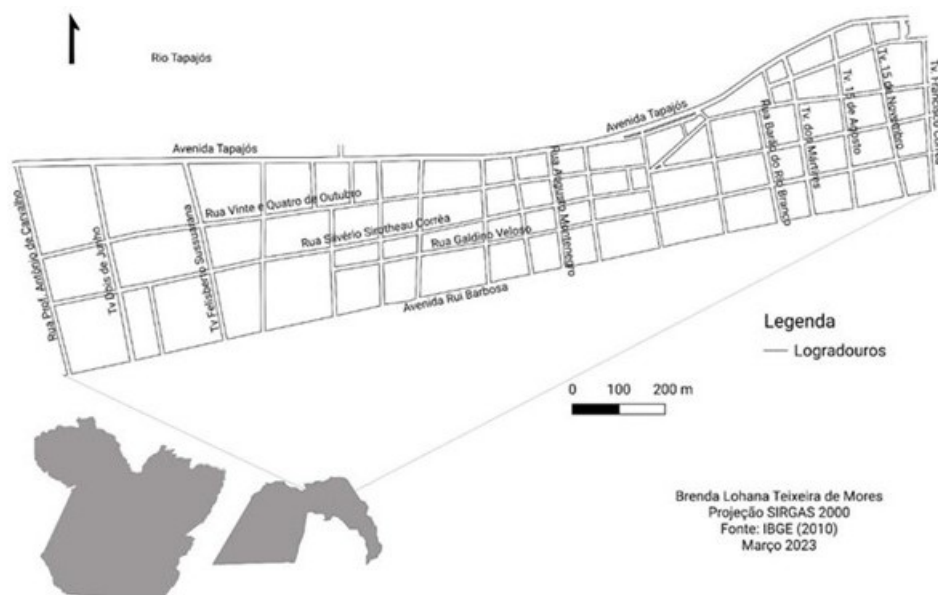


Fonte: Autor, 2023.

A parte da orla estudada é localizada na margem direita do rio Tapajós, estando entre a Travessa Professor Antônio Carvalho, a Travessa Francisco Corrêa, a Avenida Rui Brabosa e a Avenida Tapajós, correspondendo a cerca de 783 km² representados na Figura 8. Nessa área foram analisados os efeitos do alagamento

por problemas no sistema de drenagem e/ou da inundação da orla pelas águas do rio Tapajós.

Figura 8 - Delimitação da área da pesquisa na orla do município de Santarém - PA



Fonte: Autor, 2023.

O local investigado é formado por um grande calçadão de aproximadamente 2 km de extensão (Fotografia 1). Esse espaço é um dos principais pontos turísticos de Santarém, sendo, geralmente, o escolhido para realização de eventos, passeios turísticos e atividades econômicas, como a venda de diferentes espécies de peixes no mercado do peixe. Na rua principal da orla (Av. Tapajós) e nas ruas próximas são encontrados estabelecimentos comerciais, como lojas de roupa, de sapatos, de artesanatos, bem como restaurantes e serviços (chuveiros, copiadoras, etc).

Fotografia 1 - Calçada da orla de Santarém



Fonte: Classe Turista, 2020.

O sistema de drenagem da área pesquisada tem influência do Rio Tapajós, que faz parte da Bacia do Tapajós e é uma das cinco maiores sub-bacias de todo o sistema amazônico, com extensão de quase 500 mil quilômetros quadrados (8% da bacia da Amazônia), sendo a quarta sub-bacia em termos de drenagem líquida com descarga média anual de 13.500 m³ de água por segundo. Os principais rios que compõem essa bacia são o Tapajós e seus dois rios formadores (Juruena e Teles Pires) e alguns afluentes como Jamanxim e Arapiuns (ROCHA *et al.*, 2022).

Assim como acontece com os outros rios amazônicos, o Tapajós tem uma dinâmica hidrológica bem acentuada, dividida pela época da enchente e da vazante, a depender do volume de chuvas anuais, o que vem a ser chamado de “pulso de inundação”. Na parte mais a montante, o rio começa a subir em setembro ou início

de outubro, alcançando os máximos níveis em março ou abril. Já em Santarém, próxima a sua foz, o período de vazante tem início um pouco mais tarde e se prolonga até o mês de novembro, sendo que os níveis máximos do rio ocorrem nos meses de maio e/ou junho (ROCHA *et al.*, 2022).

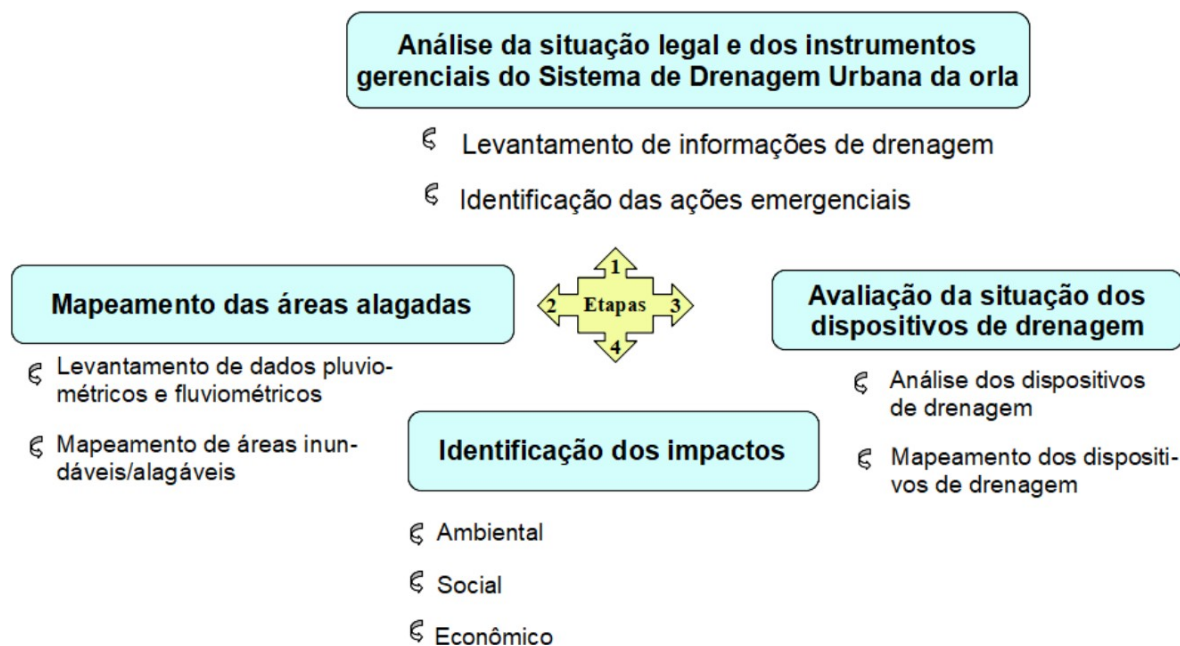
O clima que caracteriza a região que abrange essa bacia é quente e úmido e o período das chuvas, conhecido como “inverno” na linguagem regional, acontece entre os meses de janeiro a junho. O “verão”, período mais seco, ocorre entre os meses de julho a dezembro, com seu pico em setembro e outubro, o que pode sofrer variações a depender da região da bacia.

4.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O trabalho foi desenvolvido nas quatro etapas representadas na Figura 9, no caso a:

- Etapa 1: Análise da Situação Legal e dos instrumentos gerenciais do Sistema de Drenagem Urbana na Orla do Município de Santarém;
- Etapa 2: Mapeamento das áreas alagadas devido ao alagamento e/ou inundação da área estudada;
- Etapa 3: Avaliação da situação dos dispositivos de drenagem de águas pluviais na área central de Santarém;
- Etapa 4: Identificação dos impactos sociais, econômicos e ambientais decorrentes de alagamento e/ou inundação da orla da área central do Município de Santarém.

Figura 9 - Fluxograma das etapas



Fonte: Autor, 2022.

4.2.1 Etapa 1 - Análise da Situação Legal e dos Instrumentos de Planejamento e Gerenciamento do Sistema de Drenagem Urbana na Orla do Município de Santarém

Essa primeira etapa foi dividida em 3 fases, no caso a análise da Situação Legal do Sistema de Drenagem do Município de Santarém (Fase 1.1); Análise dos Instrumentos de Planejamento do Sistema de Drenagem do Município de Santarém (Fase 1.2) e; Identificação dos Instrumentos Gerenciais do Sistema de Drenagem (Fase 1.3).

Na primeira fase foi realizada pesquisa por legislações e normas que tratam do sistema de saneamento de Santarém, em especial o sistema de drenagem de águas pluviais. A pesquisa por essas diretrizes foi realizada online em bancos de dados disponíveis em site da prefeitura e governamentais.

Na segunda fase foram identificados e analisados os documentos que tratam de ações que devem ser adotadas a logo prazo em caso de ocorrência de

inundações e/ou alagamentos, como o plano de saneamento básico do município e plano de emergência ou, mesmo, ações planejadas que devem ser adotadas para mitigar e/ou eliminar o surgimento ou avanço das inundações e/ou alagamentos no local.

Na fase seguinte foram pesquisadas as ações, técnicas e projetos adotados pelo município nos casos em que ocorre o agravamento dos riscos de alagamentos e/ou de inundações na área de estudo. Essas informações foram obtidas no site da prefeitura de Santarém, em conversas com técnicos responsáveis pela infraestrutura da orla de Santarém, em licitações e em noticiários locais.

4.2.2 Etapa 2 - Mapeamento das áreas alagadas devido ao alagamento e/ou inundação da área estudada

Essa etapa foi dividida em duas fases. A Fase 2.1 foi caracterizada pelo levantamento de dados pluviométricos e fluviométricos da bacia em estudo e a Fase 2.2 foi para determinar as áreas alagáveis e alagadas.

Os dados da Fase 2.1 foram obtidos no site da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), que possui sistema de medição instalado no porto da Companhia Docas do Pará (CDP) de Santarém. Para isso, foram realizadas consultas aos dados de medição no portal HidroWeb, que é ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e oferece acesso ao banco de dados que contém as informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), reunindo dados de níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos.

Na pesquisa foram levantados os dados de interesse para atender ao objetivo, no caso os dados de nível do rio Tapajós e da precipitação pluviométrica na área que foram registrados no Sistema Hidro-Telemetria, que realiza a aquisição, qualificação e gestão dos dados hidrometeorológicos, transmitidos no SNIRH a cada 15 minutos, 24 horas por dia.

Na análise desses dados foram consideradas as medições realizadas nos últimos três anos (2020, 2021 e 2022), com o propósito de identificar se o aumento

do nível do rio poderia ter alguma relação com a inundação da área estudada da orla.

Como os dados de precipitação são transmitidos em milímetros (mm) a cada 15 minutos, todas as medições registradas foram somadas semanalmente para a obtenção do valor precipitado por dia e por semana. Os meses estudados foram os de março, abril, maio e junho, que são os que apresentam maiores incidência de inundação e alagamento na área de estudo. Os mesmos foram divididos em semanas completas, sendo em cada semana realizada a soma dos valores disponibilizados no sistema. O mesmo procedimento foi utilizado para as demais semanas do mesmo mês e para os outros meses estudados.

Os dados fluviométricos também foram analisados semanalmente, sendo a diferença para os dados de precipitação é que neste foi realizada a média aritmética de todos os registros lançados na plataforma. Portanto, os meses analisados (março, abril, maio e junho) foram divididos em semanas e, em cada semana, foi determinada a média aritmética de todos os dados coletados. Isso ocorreu pelos dados fluviométricos serem disponibilizados a cada 15 minutos, ou seja, em uma hora se tem 4 registros de medição.

Assim, multiplicando os valores das 4 coletas por 24 do dia foram obtidas 96 coletas por dia, valor que multiplicado por 7 dias da semana resulta em 672 dados. Com esses 672 registros foi obtida média aritmética simples, resultando no dado que representa a semana do mês analisado. O mesmo procedimento foi feito para as outras semanas do mesmo mês e dos outros meses.

Os resultados das informações de precipitação e da variação do nível de água do rio são apresentados em forma de tabela.

Na segunda fase foi realizada a análise temporal da área com o levantamento de imagens do local de estudo dos meses de março, abril, maio e junho dos anos de 2020, 2021 e 2022, com o propósito de identificar, analisar e comparar, através das imagens do Google Earth, os pontos em que ocorre inundação. As informações coletadas foram transferidas para um mapa desenvolvido na plataforma Qgis, sendo destacadas as áreas com ocorrência de inundação, concluindo, portanto, a etapa 2.

4.2.3 Etapa 3 - Avaliação da situação dos dispositivos de drenagem de águas pluviais na área central de Santarém

A Etapa 3 foi realizada para a identificação e análise da situação dos dispositivos de drenagem urbana na área da orla estudada. Para isso, foram realizadas visitas de campo, com o propósito de obter informações de identificação, localização e verificação das condições dos dispositivos de drenagem existentes na área da orla estudada, como: sarjetas, bocas de lobo, guias, etc.

Nas visitas de campo foram preenchidos checklist (Quadro 1) e tiradas fotografias dos dispositivos, sendo, em seguida, elaboradas tabelas no programa Excell com as informações da situação dos dispositivos de drenagem na área de estudo.

Posteriormente, essas informações foram transferidas para mapa elaborado no programa QGis, quando foram destacadas as principais condições dos dispositivos verificados nas visitas de campo. Entre as informações categorizadas no referido mapa estão: presença ou não de resíduos sólidos, estado de conservação e localização.

Quadro 1: Checklist para análise dos dispositivos de drenagem

Ponto de alagamento: _____		
Boca de lobo	<input type="checkbox"/> Presente	<input type="checkbox"/> Ausente
Dimensões: _____		
Estrutura:	<input type="checkbox"/> Não danificado	<input type="checkbox"/> Danificado
Manutenção:	<input type="checkbox"/> Ausência de resíduos	<input type="checkbox"/> Presença de resíduos
Está coletando a água existente?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Não há água
Poço de visita	<input type="checkbox"/> Presente	<input type="checkbox"/> Ausente
Estrutura:	<input type="checkbox"/> Não danificado	<input type="checkbox"/> Danificado
Sarjetas e Guias	<input type="checkbox"/> Presente	<input type="checkbox"/> Ausente
Estrutura:	<input type="checkbox"/> Não danificado	<input type="checkbox"/> Danificado
Manutenção:	<input type="checkbox"/> Ausência de resíduos	<input type="checkbox"/> Presença de resíduos

Fonte: Autor, 2022.

4.2.4 Etapa 4 - Identificação dos impactos sociais, econômicos e ambientais decorrentes de alagamento e/ou inundação da orla da área central do Município de Santarém

Essa etapa foi dividida em duas fases, sendo a identificação dos impactos sociais, econômicos e ambientais dos alagamentos e/ou inundações (Fase 4.1) e a sugestão de soluções que possam mitigar ou evitar esses impactos (Fase 4.2).

Os impactos ambientais foram considerados nos tipos de contaminação e poluição existente na área. Também foram identificadas mudanças ocasionadas no local devido à ocorrência de inundação e/ou alagamento, comentando os riscos que essas mudanças podem provocar.

Os dados utilizados na análise dos impactos ambientais foram obtidos no levantamento de notícias e reportagens da imprensa local, em trabalhos técnico-científicos e em conversas com moradores e/ou trabalhadores da área estudada.

Os prejuízos sociais foram identificados por meio dos transtornos que as inundações e/ou alagamentos provocam à população, como dificuldade de transitar nas vias inundadas / alagadas ou pelo risco de propagação de doenças. Para isso, foram analisados relatórios, documentos e notícias que continham informações relacionadas. Também foi elaborado o checklist mostrado no Quadro 2, para a indagação de pessoas que residem ou trabalham na área.

Quadro 2: Roteiro do Checklist da Situação Social

<p>1- Quantas vezes na semana você costuma frequentar a orla/centro? () 1 a 2 vezes () 3 a 4 vezes () 5 a 6 vezes () Todos os dias () Raramente</p> <p>2- A quantidade de visitas ao local são reduzidas no período de cheia? () Sim () Não</p> <p>3- Como costuma ser o acesso às lojas/orla em período de cheia? () Difícil, incomoda () Difícil, mas não incomoda () Não vejo diferença</p> <p>4- Quais as principais dificuldades ao transitar nos espaços inundados? () Caminhar () Falta de acesso aos locais () Risco de sofrer acidente () Mau cheiro () Redução dos espaços para andar () Nenhuma</p> <p>5- Sobre as ações que o poder público realiza para amenizar os impactos da inundação, você considera: () Suficientes () Insuficientes () Podem fazer mais</p> <p>6- Você já sofreu algum dano físico/econômico devido às inundações? () Sim, descreva _____ () Não</p> <p>7 - Você já vivenciou algum tipo de infecção / doença devido a inundação e/ou alagamento? () Sim, descreva _____ () Não</p>
--

Fonte: Autor, 2022.

Os dados obtidos nessa etapa foram sistematizados e apresentados em gráficos, para facilitar a identificação de quais foram os impactos mais persistentes e prejudiciais na percepção dos frequentadores da orla.

Na avaliação dos riscos econômicos foram consideradas informações de documentos oficiais, como de licitações constantes no site da prefeitura, para identificar os investimentos aplicados pela prefeitura para mitigar os impactos do alagamento e/ou inundação da orla de Santarém. Também foi elaborado checklist (Quadro 3) para o entendimento da opinião dos lojistas e de pessoas que desenvolvem atividades econômicas no local da pesquisa, sendo os resultados sistematizados para facilitar o entendimento das consequências provocadas pela inundação do rio Tapajós nas atividades comerciais realizadas na área do estudo.

Quadro 3: Roteiro do Checklist da Situação Econômica

1- Você costuma alterar seu horário de trabalho nos períodos chuvosos?		
<input type="checkbox"/> Sim, Por que/ Como? _____		
<input type="checkbox"/> Não		
2 - Você acha que as condições climáticas afetam seu rendimento mensal?		
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
3- Você acha que os alagamentos afetam suas atividades neste local?		
<input type="checkbox"/> Sim, afetam positivamente	<input type="checkbox"/> Sim, afetam negativamente	<input type="checkbox"/> Não afetam
4- Quais são os principais impactos que os alagamentos causam sobre suas atividades?		
<input type="checkbox"/> Reduz a jornada de trabalho	<input type="checkbox"/> Aumenta o número de vendas	
<input type="checkbox"/> Diminui o fluxo de clientes	<input type="checkbox"/> Aumenta demanda de seu produto	
<input type="checkbox"/> Reduz seu faturamento	<input type="checkbox"/> Aumenta seu faturamento	
<input type="checkbox"/> Traz danos materiais e financeiros	<input type="checkbox"/> Favorece o preço do seu produto	
<input type="checkbox"/> Impossibilita a realização de sua atividade	<input type="checkbox"/> Não sofre alterações	
5- Você já ficou algum dia sem trabalhar ou já precisou fechar seu estabelecimento por causa dos alagamentos nesta área?		
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
6- Você costuma investir em estruturas para melhorar o acesso de seus clientes ao seu estabelecimento em período de cheia?		
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
7- O governo costuma investir em estruturas para melhorar o acesso de pessoas aos estabelecimentos?		
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
Se sim, você acha suficiente?		
<input type="checkbox"/> Não, por que? _____		
<input type="checkbox"/> Sim, por que? _____		
8 - Você diria que os meses de cheia são os que sua empresa:		
<input type="checkbox"/> Mais ganha	<input type="checkbox"/> Menos ganha	<input type="checkbox"/> Mantém estável

Fonte: Autor, 2022.

Com as principais informações econômicas obtidas foram elaborados gráficos, para destacar as respostas mais frequentes durante a pesquisa. No caso da pergunta de número 4, foi facultado ao entrevistado escolher mais de uma resposta, situação essa que possibilita diferentes combinações de respostas.

Para o cumprimento da segunda fase (aplicação de soluções) foi realizado levantamento bibliográfico em artigos, teses e dissertações que abrangem o tema de inundações em áreas urbanas localizadas às margens de rios ou que apresentam problemas de alagamentos decorrentes do sistema de drenagem urbana. As

propostas identificadas foram citadas ao longo da apresentação dos problemas identificados.

5 RESULTADOS

5.1 SITUAÇÃO LEGAL RELACIONADA AO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA NA ORLA DO MUNICÍPIO DE SANTARÉM

A situação legal abrange legislações relacionadas com o os serviços de saneamento básico, em especial o de drenagem de águas pluviais. Foram identificados 3 normas municipais que, em algum ponto, mencionam o sistema de drenagem no município de Santarém, no caso a Lei nº 17.894/2004, que institui o Código Ambiental do Município de Santarém; Lei Orgânica de Santarém e; Lei nº 20.876/2019, que trata da Política Municipal de Saneamento de Santarém.

Na pesquisa foi verificado que relacionado ao setor de drenagem estão a Lei 17.894/2004 (Código Ambiental do município de Santarém) e a Lei Orgânica Municipal.

A Lei nº 17.894 de 15 de dezembro de 2004: Código Ambiental do município de Santarém é destinada a “regular a ação do Poder Público Municipal e sua relação com os cidadãos, organizações não governamentais e instituições públicas e privadas, na preservação, conservação, defesa, melhoria, recuperação e controle do meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de natureza difusa e essencial à qualidade de vida” (SANTARÉM, 2004).

Com essa lei foi criado o Sistema Municipal do Meio Ambiente (SIMMA), responsável pelo planejamento, implementação, controle e fiscalização de políticas públicas, serviços ou obras que afetam o meio ambiente, bem como da preservação, conservação, defesa, melhoria, recuperação, controle do meio ambiente e administração dos recursos ambientais do município. Esse sistema é composto por alguns órgãos: Órgão Superior; Órgão Deliberativo e Consultivo; Órgão Central e; Órgãos Seccionais. Desses, o que vai coordenar, controlar e executar a política municipal de meio ambiente é o Órgão Central. Uma das responsabilidades deste, é a execução, direta ou indiretamente, de projetos ambientais de interesse do Município (SANTARÉM, 2004).

Um ponto importante dessa Lei é o planejamento, denominado de instrumento da Política Ambiental que estabelece as diretrizes visando o desenvolvimento

sustentável do Município”, sendo um “ processo dinâmico, participativo, descentralizado e lastreado na realidade sócio-econômica e ambiental local que deve levar em conta as funções da zona rural e da zona urbana” (SANTARÉM, 2004).

Esse planejamento ambiental deve elaborar o diagnóstico ambiental e definir as metas anuais e plurianuais a serem atingidas para a qualidade da água, do ar, do parcelamento, uso e ocupação do solo e da cobertura vegetal.

Entre os fatores preocupantes estavam os que causam a poluição do ar, água, solo, fauna, flora e como deve ser feito o controle de ruídos, das atividades perigosas e transporte de cargas perigosas.

Em relação ao sistema de drenagem, consta na Lei nº 17.894 de que toda ação ou omissão que viole as regras jurídicas de uso, gozo, promoção, conservação, preservação e recuperação do meio ambiente, é considerada infração administrativa ambiental, e será punida de acordo com as sanções indicadas na legislação, como advertência e multa simples, diária ou cumulativa. Entre os elementos que estão suscetíveis a aplicação dessas sanções estão:

- executar serviços de limpeza de fossas, filtros e redes de drenagem pluvial, sem prévio cadastramento junto ao órgão ambiental municipal ou mediante a utilização de veículos e equipamentos sem o código de cadastro;
- obstruir passagem superficial de águas pluviais;
- obstruir drenos ou canais subterrâneos que sirvam de passagem às águas pluviais, bem como tubulações que se constituam em rede coletora de esgoto;
- depositar resíduos da limpeza de galerias de drenagem em local não permitido;
- lançar esgotos "in natura" em corpos d'água ou na rede de drenagem pluvial, provenientes de edificações.

Nota-se, pela legislação, que naquela época o município já se preocupava com as questões relacionadas com a drenagem urbana. No entanto, como será exposto em outra parte do presente trabalho, mesmo a Lei nº 17.894 incentivando a fiscalização e prevendo a aplicação de penalidades, as medidas implementadas não foram efetivas no decorrer das décadas.

Também na Lei Orgânica de Santarém, elaborada em 2004 constam as disposições inseridas nas Constituições Federal e Estadual, que tratam, detalhadamente, da Saúde Pública e do Saneamento Básico, realçando, no texto desta Lei Orgânica, alguns pontos fundamentais e de responsabilidade do município, como:

- promover programas de construção de moradias populares, de melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico, em especial nas áreas de risco articulando-se com órgãos do Estado e da União;
- instituir um Plano Municipal de Saneamento em consonância com o Plano Diretor, visando:
 - a) assegurar os benefícios do saneamento à totalidade da população;
 - b) estabelecer a política tarifária;
 - c) ações de saneamento que deverão ser compatíveis com a proteção ambiental:
- executar obras de drenagem fluvial e pluvial;
- levantar as áreas inundáveis especificando o uso e a ocupação bem como a capacidade de infiltração do solo logo autorizando a criação de comissão técnica para, em certo prazo, apresentar Plano para Drenagem Urbana, articulado com os sistemas de água, de tratamento de esgoto, viário e outros de interesse público ou social;
- implantar sistemas de alerta e defesa civil para garantir a segurança e a saúde das pessoas, e, se possível, das demais formas de vida atingidas, quando de intempéries, eventos hidrológicos críticos e eventuais acidentes

que caracterizem riscos ou danos por meio dos cursos de água ou dos recursos hídricos.

Essa situação ocorre mesmo com a Lei nº 20.876/2019, que institui a política municipal de saneamento de Santarém, criando o sistema municipal de saneamento, fundamentada na Lei Nacional nº 11.445 de 2007. Contudo, assim como as outras normas municipais, a Lei nº 20.876 não revela nenhuma novidade para a gestão dos serviços de saneamento, apenas apresenta as informações já prestadas nas Leis anteriores como: Sistema Municipal de Saneamento, Plano Municipal de Saneamento, Conselho Municipal de Saneamento, Fundo Municipal de Saneamento e Sistema Municipal de Informações em Saneamento (SANTARÉM, 2019).

Apesar da grande importância das normas para gerir os serviços básicos de saneamento, há pouca legislação que trata do sistema de drenagem urbana no município e, ainda, do que é tratado, pouco é colocado em prática para implantação desse sistema em Santarém, o que enriquece a necessidade não só da criação e implantação de normas voltadas ao sistema de manejo de águas pluviais, mas também da prática dessas normas.

5.2 INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE SANTARÉM

Na pesquisa também foram analisados o Plano Municipal de Saneamento Básico de Santarém e o Plano de Emergência.

O Plano Municipal de Saneamento Básico de Santarém (PMSB) foi elaborado com vigência de 2020-2023, porém, ao contrário da Lei Orgânica do município que diz que o plano deveria apresentar ações para garantir a implantação dos quatro componentes do saneamento básico, no documento consta poucas informações de drenagem urbana e apenas apresenta propostas nos seguintes itens:

- diminuição do volume de águas direcionadas a seus sistemas de drenagem por meio de incentivo ao aumento da permeabilidade do solo, especialmente de estacionamentos e passeios públicos;

- cobrança pelo serviço de drenagem de águas aos proprietário de lotes urbanos de grandes empreendimentos que, por terem seus solos impermeabilizados, direcionarem suas águas ao sistema público de drenagem das águas pluviais;
- realização de estudo planialtimétrico para identificação de bacias hidrográficas e igarapés, bem como definindo os talvegues naturais de convergências de águas pluviais, além de definição de cota máxima de ocupação de morros e serras no entorno, no prazo de 24 meses a partir da aprovação do plano de saneamento;
- elaboração do plano diretor de drenagem para o município, levando em consideração suas características de relevo, identificadas no estudo realizado, prevendo a instalação de grandes empreendimentos na zona urbana do município e;
- criação de projeto contínuo de preservação, desocupação e recuperação das margens de igarapés e mananciais urbanos, dando às áreas ciliares uma destinação social e econômica.

Outro aspecto importante é que o PMSB de Santarém foi elaborado apenas para o período de 2020 – 2023, diferente do estabelecido na Lei 11.445/2007 – Política Nacional de Saneamento Básico, que estabelece o período de 20 anos. (BRASIL, 2007).

Assim, o PMSB é bastante resumido quanto ao sistema de drenagem de águas pluviais, não tendo informações de alternativas de concepção, de projetos ou de obras nas diferentes áreas do município de Santarém.

Além das deficiências do instrumento de planejamento (PMSB), no município de Santarém não são disponibilizados os Planos de Emergência em situações de risco, como de inundação e/ou alagamento. Com isso, a população não tem acesso à esses instrumentos no site da Prefeitura de Santarém.

O controle de situações de risco é de responsabilidade da Defesa Civil, tendo a Secretaria Municipal de Infraestrutura da Prefeitura de Santarém (SEMINFRA) informado ao Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS), em 2020,

que os instrumentos de controle e monitoramento dos eventos de inundação são o pluviômetro e a régua, os mesmos utilizados pela ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico), que realiza as medições e disponibiliza as informações em seu portal (INFOSANBAS, 2020).

Vale citar que, em janeiro de 2022, vários pontos da cidade foram afetados por alagamentos e, por esse motivo, o prefeito de Santarém decretou situação de emergência (PREFEITURA DE SANTARÉM, 2022).

O documento de decreto de estado de emergência foi desenvolvido de acordo com o decreto do Governo do Estado, de nº 2.119, de 15 de janeiro de 2022, e com o parecer técnico da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil, autorizando:

- a mobilização de todos os órgãos municipais para atuarem sob a direção da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil;
- a convocação de voluntários para reforçar as ações de resposta o desastre;
- a realização de campanhas de arrecadação de recursos junto à comunidade, entre outras medidas.

A pesquisa identificou como instrumento de planejamento o PMSB e as ações de emergências (não baseadas em planos de emergências). No entanto, a existência dos mesmos não compõe ações específicas de drenagem. Devido a isso, é perceptível a necessidade de instrumentos específicos de drenagem, tanto em relação ao planejamento, quanto em relação à prática, ainda mais por se tratar de um dos elementos do sistema de saneamento básico estabelecidos na Lei 11.445/ de 2007.

5.3 INSTRUMENTOS GERENCIAIS DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DE SANTARÉM

Na pesquisa foi identificado apenas um projeto com o propósito de evitar ou mitigar as inundações e/ou alagamentos na área de estudo. Esse projeto é conhecido como Projeto da nova orla de Santarém tendo, de acordo com a ordem de serviço de construção assinado em 2017, pelo então prefeito Nélio Aguiar, junto ao ministério da Integração Nacional (AGÊNCIA SANTARÉM, 2022).

A obra fazia parte do saneamento integrado, inserida no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), com investimento de R\$ 7,34 milhões. Essa etapa fez parte da ampliação da orla do Rio Tapajós e preveu beneficiar 2.570 famílias (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2022).

O Projeto consiste na implantação de 6 píeres com flutuantes para atracação de embarcações; construção de 1.640 metros de muro de contenção e de duas casas de bombas e; projeto de ampliação e urbanização do espaço, que consiste no ‘embelezamento’ da área com a colocação de ladrilho em todos os 1.600 metros de extensão, parte elétrica, quiosques, bancos e abrigos, postes de iluminação em LED, lixeiras, guarda-corpo, pintura e jardinagem (PREFEITURA DE SANTARÉM, 2022).

Os dois sistemas de bombeamento da água das vias estão localizados à margem da orla do município de Santarém e possuem dois e três conjuntos motor e bomba (CMB) submersos, respectivamente (Fotografia 2). Além desses 5 CMBs, no município ainda existem outras duas bombas instaladas em pontos da orla e apenas utilizados em situações críticas de inundação.

Fotografia 2 - Bombas utilizadas para bombeamento de água na orla do Município de Santarém



Fotografia 2a - Bomba submersa (fixa)



Fotografia 2b - Bomba móvel

Fonte: Autor, 2023.

Os CMBs são acionadas manualmente em períodos de inundação, para bombeamento da água das vias que entram nos poços úmidos para o rio Tapajós.

A nova orla foi oficialmente inaugurada no dia 22 de junho de 2022. Como o período de inundação do rio ocorre entre os meses de março a junho, ainda não foi possível analisar sua eficiência quanto à detenção de águas do rio Tapajós. No entanto, em notícias publicadas na página web do município é citada a eficiência da obra para evitar a inundação e/ou alagamentos em períodos de chuvas intensas na região.

Em abril de 2022 (dois meses antes da inauguração do projeto orla), a Prefeitura realizou licitação para locação de equipamentos em caráter de urgência, devido às inundações de áreas pelas águas dos rios Tapajós e Amazonas. O fato de a própria prefeitura necessitar de equipamentos para conter os danos das inundações em áreas de orla apenas dois meses antes da inauguração, precisa ser avaliado com cautela em relação a real eficiência da obra.

As instalações do Projeto Nova Orla, até o momento, ainda não foi testado.

Isso porque os equipamentos foram implantados no ano de 2022 (ano passado). O ano em que poderia comprovar a eficiência do projeto (2023), o nível d'água do rio Tapajós está menor quando comparado com a dos anos anteriores, o que impede avaliar o Projeto “Nova Orla”, conforme mostra alguns dos Boletins Diários divulgados pela Defesa Civil, via instagram da prefeitura.

Figura 10 - Boletins de medição do Nível d'Água do rio Tapajós



Fonte: Instagram de Santarém, 2023.

No município de Santarém também já tinha sido realizadas licitações emergenciais pelo poder público, com o propósito de minimizar as inundações e/ou alagamentos na área da orla de Santarém.

As Licitações de equipamentos são realizadas nos períodos de inundação, sendo comum a implantação de equipamentos às margens da orla para amenizar os danos provocados nas vias públicas, como a instalação de bombas, para captação de água das vias e despejo das mesmas no rio Tapajós.

Em documento disponibilizado pela Prefeitura em abril de 2022, a licitação emergencial tem como objeto:

“Dispensa de licitação na locação de equipamentos em caráter de urgência, para auxiliar no sistema de drenagem da orla da cidade de Santarém-PA, decorrente da enchente de grande proporção dos rios

Tapajós e Amazonas” (PREFEITURA DE SANTARÉM, 2022).

No documento é relatado que o município estava enfrentando uma das maiores enchentes da região, na qual as águas estavam invadindo a Avenida Tapajós, além de outras travessas e também vários estabelecimentos comerciais.

Alguns dos serviços, equipamentos, obras e serviços solicitados foram:

- construção de passarela;
- instalação de bomba de sucção;
- a contratação de empresas especializadas para a locação de motor bombas;
- bombas submersíveis e;
- grupos geradores.

Ainda é oportuno citar que, em maio de 2021, também foram contratados equipamentos para amenizar os impactos das inundações do rio Tapajós nas margens da orla de Santarém, sendo especificados geradores de 75 Kva, Cabinado, com motor 4TNV 106T diesel, com alternador WEG 75 KVA (para suportar o funcionamento das motobombas" já instaladas na Av. Tapajós) e com caráter de urgência para auxiliar no sistema de drenagem da orla da cidade de Santarém (PREFEITURA DE SANTARÉM, 2021).

Pelas licitações realizadas, é possível supor como o município gerencia os problemas das inundações no local, no caso com a equipamentos, obras e serviços para amenizar os danos. O problema é que, como esse fenômeno é recorrente, o ideal seria a implantação de serviço definitivo, como o próprio projeto Nova Orla (que ainda não foi operado sob as condições que foram propostas).

Vale citar que as inundações do rio Tapajós, apesar de caracterizadas como caso de emergência, ocorrem todos os anos na região. Portanto, o ideal é observar o estabelecido na legislação e elaborar o instrumento de planejamento do setor de

drenagem urbana, para que as ações venham a ser definitivas, evitando, então, a rotina anual de licitação meses antes do ocorrido ou mesmo o desenvolvimento de planos de emergência que não solucionam efetivamente o problema de inundação da orla de Santarém pela elevação do nível de água do Rio Tapajós.

Em uma conversa com o Engenheiro responsável pelo sistema de drenagem da orla de Santarém foi repassado que algumas técnicas são adotadas com o intuito de reduzir a quantidade da água do rio que invade as vias públicas. Até o ano de 2022, uma dessas técnicas era a implantação de sacos de areia nas entradas das bocas de lobo para evitar o refluxo das águas do rio. Isso foi justificado pelo fato de as águas do rio, quando atingem grande intensidade, entrarem nas tubulações de drenagem e acabarem saindo nas bocas de lobo, que, quando abertas, permitem que essas águas retornem e invadam as ruas.

Assim, os sacos de areia instalados nas entradas das bocas de lobo dificultariam o refluxo das águas da chuva, minimizando os problemas de inundações nas vias. Com isso, os CMBs instalados na área da orla realizariam o bombeamento das águas da chuva para o rio Tapajós.

Recentemente, os sacos de areia foram substituídos por comportas (Fotografia 3) instaladas no ponto de jusante da algumas tubulações de drenagem. O fechamento dessas comportas ocorrem pela pressão da água do rio Tapajós.

Fotografia 3 - Comporta em tubulação de drenagem no município de Santarém



Fonte: Autor, 2023.

Contudo, é oportuno verificar o resultado das obras do Projeto Orla na elevação do nível de água do Tapajós no ano de 2023, sendo que, enquanto isso, deve ser dada atenção aos instrumentos para a gestão e controle dos risco de inundação e/ou alagamento na área da Orla do município de Santarém.

De acordo com o site do Instituto Águas e Saneamento (IAS) (2020), que transmite informações do SNIS do ano de 2020, Santarém possui um mapeamento parcial de suas áreas de risco de inundação, mas não tendo, ainda, sistema de alerta de riscos hidrológicos. Apesar de não ser de conhecimento público, outra informação do IAS é que o município tem plano diretor de drenagem e cadastro técnico das obras de drenagem.

Contudo, na pesquisa realizada não foi encontrada nenhuma informação oficial disponível no site e nem o mapeamento de áreas de risco de inundação. Vale citar que foi realizado contato com a prefeitura e com a Secretaria de Infraestrutura (SEMINFRA), porém, até o momento, nenhuma resposta foi dada sobre essas informações do IAS.

5.4 MAPEAMENTO DAS ÁREAS INUNDADAS/ALAGADAS

Nessa etapa foi realizado o levantamento de informações de nível do rio Tapajós e dos valores de precipitação pluviométrica na área da orla de Santarém suscetível á inundação e/ou alagamento.

5.4.1 Levantamento de dados pluviométricos e fluviométricos

No portal Hidroweb é apresentado tanto os dados de precipitação quanto de nível do rio, no entanto, o sistema apresenta algumas falhas, sendo que, em alguns períodos, esses dados não foram coletados. Nessa pesquisa, como o foco é o período de inundação do rio Tapajós, é apresentado os meses onde esse fenômeno costuma acontecer, iniciando em março e terminando em junho, portanto, os meses analisados são: março, abril, maio e junho, totalizando 4 meses analisados. Os resultados obtidos no levantamento estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Valores de precipitação e nível do rio no período estudado

Mês	Semanas	Data	Precipitação (mm)	Nível do rio (cm)
Março/2020	1	01/03/2020 - 07/03/2020	134,8	566,2
	2	08/03/2020 - 14/03/2020	37,4	586,3
	3	15/03/2020 - 21/03/2020	46,8	610,4
	4	22/03/2020 - 28/03/2020	44,6	628,2
	5	29/03/2020 - 04/04/2020	128,0	641,1
Abril/2020	1	05/04/2020 - 11/04/2020	69,0	654,0
	2	12/04/2020 - 18/04/2020	266,8	671,2
	3	19/04/2020 - 25/04/2020	113,2	674,8
	4	26/04/2020 - 02/05/2020	83,4	696,1
Maio/2020	1	03/05/2020 - 09/05/2020	42,4	710,3
	2	10/05/2020 - 16/05/2020	20,4	721,2
	3	17/05/2020 - 23/05/2020	-	715,4
	4	24/05/2020 - 30/05/2020	-	727,3
	5	31/05/2020 - 06/06/2020	-	729,0
Junho/2020	1	07/06/2020 - 13/06/2020	-	726,6
	2	14/06/2020 - 20/06/2020	-	713,6
	3	21/06/2020 - 27/06/2020	-	702,4
	4	28/06/2020 - 04/07/2020	-	693,9
Março/2021	1	07/03/2021 - 13/03/2021	93,2	675,0
	2	14/03/2021 - 20/03/2021	15,2	702,5
	3	21/03/2021 - 27/03/2021	65,2	715,8
	4	28/03/2021 - 03/04/2021	39,6	737,9
Abril/2021	1	04/04/2021 - 10/04/2021	29,4	753,2
	2	11/04/2021 - 17/04/2021	9,46	762,6
	3	18/04/2021 - 24/04/2021	65,6	765,4
	4	25/04/2021 - 01/05/2021	62,0	723,9
Maio/2021	1	02/05/2021 - 08/05/2021	69,6	-
	2	09/05/2021 - 15/05/2021	18,2	-
	3	16/05/2021 - 22/05/2021	33,9	-
	4	23/05/2021 - 29/05/2021	19,4	-
	5	30/05/2021 - 05/06/2021	19,8	569,2
Junho/2021	1	06/06/2021 - 12/06/2021	55,2	-
	2	13/06/2021 - 19/06/2021	64,4	783,1
	3	20/06/2021 - 26/06/2021	16,6	780,2
	4	27/06/2021 - 03/07/2021	51,6	774,4
Março/2022	1	06/03/2022 - 12/03/2022	113,0	645,0
	2	13/03/2022 - 19/03/2022	-	-
	3	20/03/2022 - 26/03/2022	-	-
	4	27/03/2022 - 02/04/2022	41,8	723,7
Abril/2022	1	03/04/2022 - 09/04/2022	39,6	760,4
	2	10/04/2022 - 16/04/2022	14,8	777,9
	3	17/04/2022 - 23/04/2022	4,2	795,5
	4	24/04/2022 - 30/04/2022	4,4	796,9
Maio/2022	1	01/05/2022 - 07/05/2022	3,2	802,6
	2	08/05/2022 - 14/05/2022	1,8	796,6
	3	15/05/2022 - 21/05/2022	1,6	796,8
	4	22/05/2022 - 28/05/2022	0,6	-
	5	29/05/2022 - 04/06/2022	-	830,0
Junho/2022	1	05/06/2022 - 11/06/2022	0,2	-
	2	12/06/2022 - 18/06/2022	0,0	822,6
	3	19/06/2022 - 25/06/2022	0,0	771,1
	4	26/06/2022 - 02/07/2022	11,4	755,6

Legenda:  - Cota de alerta (inundação)  --Nível regular

Fonte: Autor, 2023.

Conforme pode ser verificado na tabela 2, a intensidade da cheia do rio Tapajós se inicia no mês de março. Percebe-se que, em 2020, houve uma grande incidência de precipitação no local e, juntamente com essa quantidade de chuva precipitada, o nível do rio aumentou em grandes proporções. No mês de março de 2020, a quantidade total de chuva precipitada foi de 391,6mm e o rio atingiu a cota de 641,1 cm, não resultando em inundação, já que o fenômeno de inundação na área de estudo ocorre quando o rio atinge uma cota, denominada pela defesa civil do município como “cota de alerta”, de 7,10 metros (ALDEIA NEWS, 2021).

Em março de 2021, houve um aumento maior no nível do rio, quando comparado com o mesmo período do ano anterior, no entanto, a quantidade de chuva foi 178,4 mm menor. Nesse período, ao contrário de 2020, o rio atingiu a cota de alerta, ultrapassando o valor de 710 cm e alcançado 715,8 cm, ou seja, iniciando o fenômeno da inundação do rio Tapajós na orla de Santarém. Os valores de nível do rio não coincidiram com os de precipitação, que obteve valores menores quando comparado com o ano de 2020 (total de 213,2 mm).

Infelizmente, em 2022, a disponibilidade dos dados do mês de março se encontra incompleta no sistema, porém, mesmo com a pouca quantidade de dados, é possível notar que, assim como no ano de 2021, a inundação se iniciou no mês de março. Na primeira semana, o nível do rio avançou de 645 cm (6,45m) finalizando o mês com 723,7 cm (7,23m), ou seja, com a cota de alerta atingida. Como os dados de precipitação estão incompletos, não é possível calcular a quantidade total de chuva no mês de março de 2022.

Analisando os dois anos que possuem informações completas (2020 e 2021), foi possível perceber que o índice de precipitação reduziu de um ano para outro e o nível do rio aumentou. Fato que pode comprovar a não relação da precipitação na bacia local com o aumento e/ou redução do nível do rio.

Analisando o mês de abril foi observado que 2020 é o único ano que não apresenta inundação nesse mês, fato que só aconteceu em maio do referido. Em 2020 o nível do rio variou entre 654 cm (6,54 m) a 696,1 cm (6,96 m). A precipitação teve um volume maior na segunda e terceira semana. Percebe-se pela tabela 2 que o rio teve um aumento de nível maior entre a terceira e última semana (aumento de

21,3 cm), portanto, não sendo completamente influenciado pela quantidade de precipitação, que teve um volume total de 552,4 mm no mês. Já o nível do rio alcançou a cota de 696,1 cm de altura.

Em abril de 2021 o nível do rio ultrapassou a cota de alerta, caracterizando o fenômeno de inundação durante todo o mês. A cota máxima atingida no período foi de 765,4 cm. Apesar de ser marcado por cotas altas, o mês obteve uma redução no volume de precipitação, quando comparado com o ano anterior. A quantidade total de precipitação que incidiu no período foi de 166,46 mm.

Assim como em 2021, em abril de 2022 a cota do rio ultrapassou a cota de alerta, sendo que a mínima no mês foi a da semana 1, com 760,4 cm, e a máxima na semana 4, com 796,4 cm. A quantidade de chuva precipitada foi de 63 mm, volume considerado pequeno se considerado o valor da cota e a quantidade precipitada em abril de 2020.

Percebe-se que o volume de precipitação, no decorrer dos três anos, foi reduzindo, ao contrário do nível do rio, que a cada ano, apresentava um volume maior quando comparado ao ano anterior.

O mês de maio é o que mais apresenta deficiência na coleta e disponibilidade de dados, porém, por ser um dos meses que mais apresenta incidência de chuvas e aumento do nível do rio, não poderia deixar de ser apresentado nessa pesquisa.

Em 2020 os dados de precipitação não foram completamente disponibilizados, mas é possível notar que houve uma redução da precipitação nesse período. A cota de alerta para a ocorrência de inundação ocorreu neste mês, que iniciou com uma medição de 710,3 cm, aumentando no decorrer das semanas. A respeito do nível de inundação, o aumento ocorreu no decorrer das semanas, atingindo o valor máximo de 729,0 cm na quinta e última semana.

Em maio de 2021 os dados de nível do rio não foram completamente disponibilizados, mas foi possível compreender que o volume de água no rio foi menor quando comparado com o ano anterior, já que o dado informado aponta uma cota de 569,2 cm. Os dados de precipitação foram significativos no período, totalizando no mês uma quantidade total de 160,8 mm.

O mês de maio de 2022 se iniciou com uma cota de 802,6 cm, no entanto, nas duas semanas seguintes (segunda e terceira) houve uma redução desse nível, que apresentou uma medição de 796,6 cm e 796,8 cm, respectivamente. Essa redução foi interrompida na quinta semana (na quarta semana não foi disponibilizado o dado de nível do rio), que constou a medição de 830 cm. A precipitação total incidente no período (considerando apenas os valores disponibilizados) foi de apenas 7,2 mm.

O mês de junho é caracterizado pela redução do nível do rio e, conseqüentemente, pelo fim das cheias e inundação do rio Tapajós. Nas duas primeiras semanas de junho de 2020, ainda constava situação de alerta na área de estudo. Fato que deixou de existir a partir da terceira semana, quando o rio apresentou medição abaixo de 710 cm. Os valores de precipitação não foram disponibilizados em nenhuma semana.

Em junho de 2021, apesar de haver redução na cota do nível do rio no decorrer das semanas, nenhum valor disponibilizado foi abaixo da cota de alerta, ou seja, a inundação do rio ocorreu durante todo o mês. O valor máximo apresentado foi de 783,1 cm e o mínimo de 744,4 cm. A precipitação total incidente no local foi de 187,8 mm.

Em março de 2022, a primeira semana também apresentou falhas na coleta de dados, mas é perceptível a redução do nível no decorrer das semanas. Assim como no ano de 2021, em junho de 2022 o rio permaneceu na cota de alerta, com cota máxima de 822,6 cm e mínima de 755,6 cm. Por duas semanas seguidas, não houve precipitação na área. Considerando os dados de chuva disponibilizados, o volume total do período foi de apenas 11,6 mm.

A análise mostra que em março, abril e maio ocorre a elevação do nível do rio, ao contrário de junho, quando ocorre a redução.

Quanto as diferenças identificadas nos meses estudados, foi observado que em abril de 2020 o mês iniciava com uma cota de 654 cm, ou seja, sem a incidência de inundação. Já em 2021 o mesmo mês continha uma cota de 753,2 cm, valor acima da cota de alerta, ou seja, houve inundação das vias pelo rio Tapajós. Em 2022, abril iniciou com uma cota maior do que a do ano anterior, com um valor de 760,4 cm. Com base nessas informações pode-se concluir que a cheia do rio

Tapajós possui variação de intensidade nos diferentes anos.

Quanto a relação da precipitação e nível do rio, pode-se comprovar que ambos não possuem relação entre si, já que há meses com pouca precipitação e aumento na cota do rio. De acordo com Monteiro (2011), o rio Tapajós sofre grande influência de outros rios, como o Amazonas, Juruena e Teles. Além do mais, esse rio depende não só das chuvas precipitadas em sua própria bacia, mas também das que incidem nessas outras já citadas, ou seja, a precipitação incidente na bacia estudada não tem relação direta com o nível do rio.

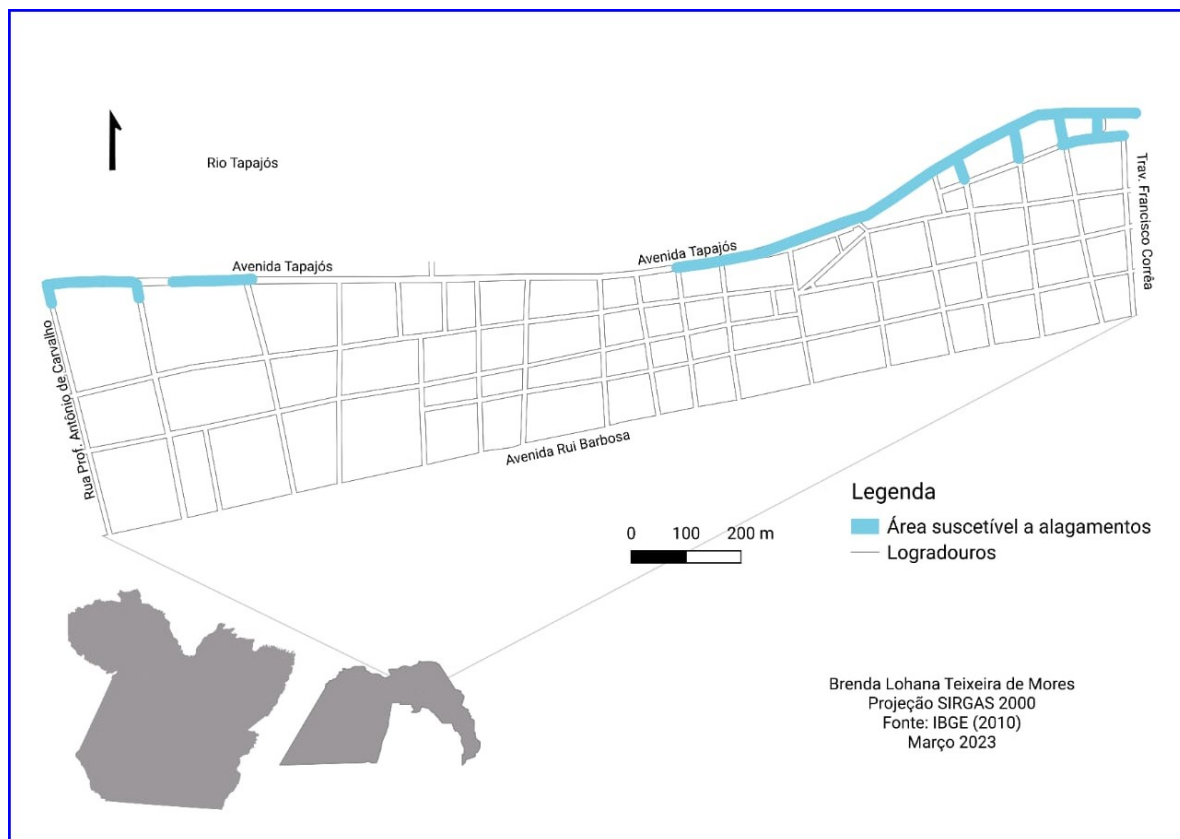
Importante destacar que para um resultado mais consistente é necessário uma pesquisa com análise temporal de, pelo menos, 30 anos, como a realizada por rocha *et al.* (2022) que analisando quarenta anos de série meteorológica (1982-2012), a bacia do Tapajós, constatarem uma precipitação média de 1.920 mm e um balanço hídrico caracterizado por maior evapotranspiração potencial (1.054 mm) que drenagem das águas (866 mm), refletindo uma relação evaporação/precipitação de 55%. Esta maior evapotranspiração em relação à vazão das águas é característica das principais sub-bacias da margem direita do rio Amazonas (ROCHA *et al.*, 2022).

5.4.2 Identificação de áreas inundadas / alagadas

A identificação das áreas inundadas / alagadas foi realizada em reuniões com técnicos da Prefeitura e nos relatos de comerciantes e da população nas visitas realizadas na área.

Em seguida, os dados das áreas alagáveis identificadas foram verificados na plataforma Google Earth e representadas em azul na figura 11.

Figura 11 - Mapeamento das áreas inundáveis/ alagáveis



Fonte: Autor, 2023.

O local mais afetado por inundação / alagamento é a Avenida Tapajós, entre as Travessas Professor Carvalo e Felisbelo Sussuarana e a Rua Augusto Monte Negro e Travessa Francisco Corrêa. Isso é explicado por essas Avenidas serem localizadas próximas às margens do Rio Tapajós e de o ponto de jusante das tubulações de drenagem da área central do município de Santarém. Na Fotografia 4 é possível verificar a situação da Av. Tapajós no mês de abril de 2021.

Fotografia 4 - Inundação da Avenida Tapajós em Santarém



Fonte: GloboPlay, 2021.

No entanto, também foram identificadas a ocorrência de alagamento / inundação na Travessa 15 de agosto, na Travessa 15 de novembro e na Travessa dos Mártires, bem como em pequena extensão da Rua Lameira Bittencourt, conforme pode ser observado nas Fotografia 5.

Fotografias 5 - Inundação de ruas na Área Central do Município de Santarém



Fotografia 5a: Inundação da Travessa 15 de Agosto.



Fotografia 5b: Inundação da Travessa 15 de Novembro.



Fotografia 5c: Inundação da Travessa dos Mártires

Fonte: Autor, 2021.



Fotografia 5d: Inundação da Rua Lameira Bittencourt

5.5 AVALIAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS NA ÁREA CENTRAL DE SANTARÉM

O sistema de drenagem da área central de Santarém é constituído por guias, sarjetas, sarjetões, bocas de lobo, galerias e poços de visita.

Em Santarém, a alta concentração de vegetação é o principal problema encontrado nas guias, o que acaba interferindo também nas sarjetas, conforme pode ser observado na Fotografia 6.

Fotografia 6 – Problemas Identificados em Guias na área da orla de Santarém



Fotografia 6a – Guia da Rua 24 de Outubro.



Fotografia 6b – Guia da Travessa Felisbela Sussuarana.

Fonte: Autor, 2022.

Vale observar que as guias funcionam em conjunto com as sarjetas e têm a função de limitar o passeio e o leito carroçável (ruas, avenidas, rodovias), sendo produzidas a partir de concreto simples, normalmente pré-moldado, e comumente chamadas de meio-fio (SANTOS JUNIOR, 2014). Em geral as guias têm 0,15 m de altura e se admite um enchimento máximo de 0,13 m (BOTELHO, 1998). A declividade transversal da via pública de 3% pode ser adotada para rua de 10 m de largura (caso comum) (NETTO *et al.*, 1998).

Contudo, a acumulação de vegetação acaba dificultando o escoamento da água pluvial para as sarjetas e também arrastando parte da vegetação, naturalmente, prejudicando a eficiência do sistema de drenagem urbana.

Essa situação altera o funcionamento das sarjetas, que é a parte entre a guia e o leito carroçável por onde corre a água até chegar a uma boca de lobo (EBANATAW, 2020). São utilizadas para a fixação das guias e para escoar a água da

chuva, conduzindo-as até os pontos de coleta (SANTOS JUNIOR, 2014).

A largura mais utilizada da sarjeta é de 40 centímetros, sendo que larguras maiores oferecem capacidade maior de condução das águas, porém crianças e pessoas idosas têm dificuldade de passar por cima dessas sarjetas em dias de chuva. Além disso, quando a água da chuva transbordar para fora da sarjeta, invadindo parte do leito carroçável, é sinal de que a sarjeta foi mal calculada ou mal construída e, então, deve ser refeita (EBANATAW, 2020).

Na área central de Santarém, foi percebido que as sarjetas também são utilizadas para o escoamento de águas servidas e de esgoto das residências até um ponto de saída ou, até mesmo, até as bocas de lobos, onde direcionam o efluente às galerias (Fotografia 7a). Algumas sarjetas estão em estado de deterioração (Fotografia 7b), o que pode ser resultado desse contato com os efluentes das residências.

Fotografia 7 - Problemas Observados em Sarjetas da Área Central de Santarém



Fotografia 7a – Sarjeta da Travessa Professor Antônio Carvalho



Fotografia 7b – Sarjeta da Rua Lameira Bittencourt

Fonte: Autor, 2023.

Outro aspecto identificado, nas sarjetas e na maioria dos dispositivos de drenagem, é o lançamento indevido de resíduos sólidos (Fotografia 8a e 8b). Entre os principais materiais encontrados estão papelão, plástico, folhas de árvores. A ocorrência desses materiais dificulta o escoamento das águas e provoca risco de obstrução de alguns dispositivos.

Fotografia 8 – Resíduos Sólidos em Sarjetas da Área Central de Santarém



Fotografia 8a – Sarjeta da Travessa Professor Antônio Carvalho



Fotografia 8b – Sarjeta da Travessa Professor Antônio Carvalho

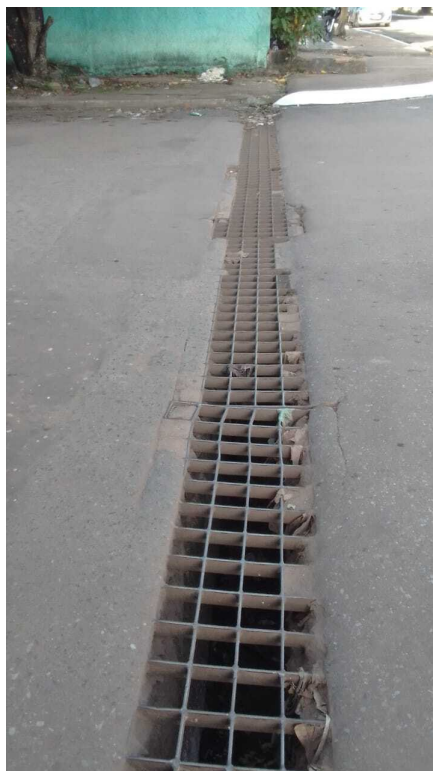
Fonte: Autor, 2023.

Em alguns pontos as sarjetas estavam preservadas para cumprir sua função, no entanto, as interferências no escoamento da água pluvial pela presença de resíduos ou por sua deterioração, resulta em alagamento das vias.

Cabe frisar que os problemas nas sarjetas e guias dificultam o escoamento pluvial até as bocas de lobo e galerias, resultando no alagamento das vias ou na acumulação de água em alguns pontos, formando os alagamentos.

Outro dispositivo que auxilia no escoamento da água até as bocas de lobo e sarjetas é o sarjetão (CETESB, 1979). Geralmente, esse dispositivo é construído entre ruas de menor fluxo de veículos, de forma transversal (BOTELHO, 1998). No centro de Santarém, essa estrutura é encontrada em pouca quantidade. Sobre seu estado de conservação, além da presença de resíduos, não foi identificado nenhum caso que possa interferir em sua eficiência (Fotografia 9).

Fotografia 9 - Sarjetão da Rua 24 de Outubro em Santarém



Fonte: Autor, 2023.

As bocas de lobo são de dois tipos, boca de lobo de guia e boca de lobo de sarjeta (com grelha). Em Santarém utiliza-se a boca de lobo de guia (Fotografia 10) e, as mesmas não apresentam um padrão, portanto, possuem tamanhos diferenciados, que variam entre 122 cm e 366 cm, o que depende da quantidade de água a ser captada. Esses dispositivos são localizados nas sarjetas para a captação

das águas que nelas escoam, quando se esgota sua capacidade hidráulica (NETTO *et al.*, 1998). A captação principal da água de sarjeta é feita horizontalmente. Usualmente são instaladas com um espaçamento máximo de 60 metros até a próxima boca de lobo. É conveniente que estas sejam alocadas ligeiramente a montante de cada faixa de cruzamento utilizada pelos pedestres, próximo às esquinas (PEREIRA *et al.*, 2019).

Fotografia 10 - Boca de lobo de guia (244 cm) da Avenida Tapajós de Santarém



Fonte: Autor, 2023.

Entre os problemas encontrados, são destacados:

- a) Má localização;
- b) Presença de resíduos;
- c) Obstruções;
- d) Falta de acesso para limpeza.

O primeiro ponto identificado é a má localização desses dispositivos. Pesquisadores e profissionais afirmam que deve haver uma boca de lobo a cada 60 metros no máximo para evitar que a enxurrada forme uma lâmina mais funda do que a capacidade de escoamento da sarjeta. Em ruas largas, as distâncias entre as bocas de lobo devem ser menores, pois o volume da enxurrada é maior

(EBANATAW, 2020). Na Av. Tapajós, algumas vias possuem bocas de lobo em ambos os lados da via, no entanto, a maioria apresenta uma escassez quanto a esse dispositivo.

A próxima análise nesse dispositivo é sobre a presença ou não de resíduos sólidos dentro de sua estrutura. Quando foi realizado o mapeamento das bocas de lobo, foi analisado o estado em que se encontram esses dispositivos, ou seja, identificado se havia obstruções (relatado logo em seguida) e, a presença de resíduos.

Em um trabalho feito por Ferro *et al.* (2013), foi realizado um levantamento sobre o estado de conservação dos dispositivos de microdrenagem de uma avenida em Aracaju (SE). Com a pesquisa foi constatado que a maior parte das obstruções em bocas de lobo é devido ao acúmulo de resíduos e/ou vegetação que cobre o dispositivo. Esse problema poderia ser evitado, ou ao menos reduzido, se esses dispositivos fossem providos de grades em sua abertura, para impedir a entrada de resíduos.

No centro de Santarém, pouquíssimas bocas de lobo na área de estudo possuem grades em sua estrutura (Fotografia 11).

Fotografia 11 - Boca de lobo com grade da Travessa 7 de setembro de Santarém



Fonte: Autor, 2023.

Quanto às danificações, a maioria é resultado da presença de resíduos, como já informado, e pela falta de manutenção e cuidado por parte da prefeitura (Fotografia 12).

Fotografia 12 - Boca de lobo danificada da Travessa Silva Jardim de Santarém



Fonte: Autor, 2022.

Algumas bocas de lobo não possuem acesso para limpeza por ser revestida de concreto (como a boca de lobo a direita da fotografia 10). Isso facilita o acúmulo de resíduos nesses dispositivos, já que a limpeza destes é dificultada pela falta de acesso.

Um dispositivo que facilita a visita técnica para manutenção e limpeza dos dispositivos é o poço de visita. Sua função principal é permitir o acesso às galerias por inspeção e desobstrução. Para facilitar esse objetivo, é conveniente a sua localização nos pontos de reunião dos condutos (cruzamento de ruas) e nas mudanças de seção, declividade e direção (NETTO *et al.*, 1998), ponto este que foi considerado na projeção de localização dos poços de visita em Santarém.

Foi identificado apenas um dispositivo danificado (Fotografia 13a), mas o restante encontra-se em boas condições (Fotografia 13b).

Fotografia 13 - Poços de Visita no Município de Santarém



Fotografia 13a - Poço de visita danificado na Avenida Tapajós



Figura 13b - Poço de visita conservado na Avenida Tapajós

Fonte: Autor, 2023.

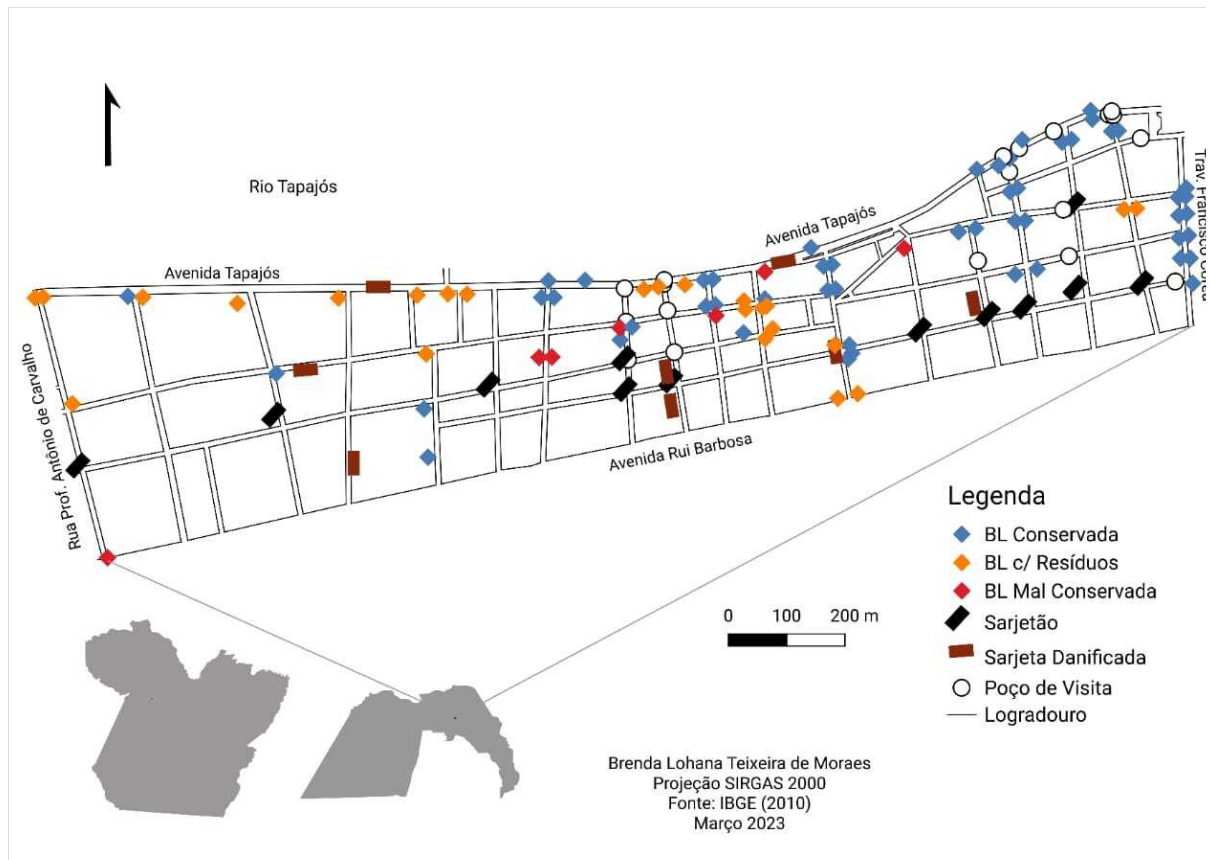
5.5.1 Mapeamento dos dispositivos de drenagem

As estruturas de drenagem da área de estudo estão mapeadas na Figura 12. A mesma apresenta informações sobre:

- bocas de lobo: divididas em bocas de lobo conservadas; com resíduos (aquelas que estão em bom estado, mas precisam passar por um processo de manutenção e limpeza) e; mal conservadas (as que possuem obstruções em suas estruturas);
- sarjetão
- sarjetas: presentes em todas as vias, no mapeamento estão identificadas as que apresentam danificações;

- poço de visita.

Figura 12 - Mapeamento dos dispositivos de drenagem na área de estudo



Fonte: Autor, 2023.

Foi possível constatar que os maiores problemas envolvidos dos dispositivos de drenagem estão relacionados com a ausência de manutenção dessas estruturas, seja pela falta de limpeza ou preservação destas. Alguns dispositivos, como bocas de lobo, deveriam ser protegidas com grades, com o propósito de evitar a acumulação de resíduos, no entanto, a maioria se encontra desprotegida. Nas sarjetas e guias, o problema é evidenciado com a grande presença de vegetação, o que acaba dificultando o escoamento de água nesses dispositivos. Em uma visão geral, disposição de estruturas é considerada satisfatória, necessitando apenas de manutenção e cuidado com as mesmas.

5.6 IMPACTOS DAS INUNDAÇÕES E/OU ALAGAMENTOS

Os resultados obtidos a respeito dos impactos causados pelo aumento do nível do rio foram divididos em impactos ambientais, sociais e econômicos.

5.6.1 Impactos ambientais

Os impactos ambientais identificados nas visitas técnicas, em documentos, em reportagens da imprensa e no check list aplicado são a acumulação de resíduos sólidos nos dispositivos de drenagem, aumento da quantidade de águas residuárias nas vias, mau cheiro, obstruções estruturais e contaminação hídrica:

Na pesquisa foi constatado que a presença de resíduos sólidos na orla é maior no período de inundação em relação ao período da seca. Isso se deve ao fato, principalmente, dos resíduos descartados serem transportados na direção do curso d'água. Esse lançamento indevido de resíduos sólidos dificulta o serviço dos agentes de limpeza pública e de manutenção dos dispositivos de drenagem, resultando em entupimento de bueiros e agravando o acúmulo de água pluvial no local. Fonseca *et al.* (2019) mencionam que a disposição incorreta dos resíduos sólidos resulta no transporte para as galerias pluviais e caixas públicas receptoras, causando a obstrução desses elementos, além de ocasionar entupimento do sistema de drenagem.

Dependendo da velocidade do curso d'água, principalmente em período chuvoso, o resíduo sólido pode ser produzido em um ponto e conduzido para outro. Se em vários pontos os resíduos forem direcionados dessa forma, é provável o acúmulo do mesmo em apenas em um ponto, no local de cota mais baixa.

Em 2021, a equipe da Secretaria Municipal de Urbanismo e Serviços Públicos (SEMURB), executou serviços de desobstrução das galerias da Orla Fluvial, para otimizar o sistema de drenagem ao longo da Avenida Tapajós. As atividades se centraram na retirada de resíduos e entulhos que se acumularam em virtude da subida do nível do rio Tapajós decorrente do 'inverno amazônico', período em que se registra o maior índice de chuvas na região e que provoca o transbordamento das canaletas e por consequência o avanço das águas para o leito da via (PREFEITURA

DE SANTARÉM, 2021).

Em 2022, muitos problemas foram detectados na orla de Santarém pelo acúmulo de resíduos na entrada de galerias do sistema de drenagem das águas pluviais (Fotografia 14). Os resíduos acumulados provocaram o impedimento do curso natural das águas da chuva para o sistema de drenagem. Os agentes de limpeza tiveram que intervir e realizar a coleta dos resíduos. A prefeitura municipal, por meio da Secretaria Municipal de Urbanismo e Serviços Públicos (Semurb) solicitou, na época, que aos moradores das áreas centrais da cidade evitassem colocar os resíduos na rua para que ele não seja arrastado para as entradas das galerias, gerando o acúmulo de lixo no sistema de drenagem e provocando os transtornos registrados.

Fotografia 14 - Coleta de resíduos das estruturas de drenagem



Fonte: Prefeitura de Santarém, 2022.

Os problemas com resíduos também são relacionados diretamente com o apoio da população. Por se tratar de um espaço que atrai diariamente centenas de pessoas, é previsível que ocorra grande produção de resíduos. Diante disso, dois fatores devem ser levados em consideração na gestão de resíduos sólidos em espaços públicos: Educação ambiental e coleta seletiva, sendo que esta última depende da primeira.

Em junho de 2022 foi realizada uma ação de educação ambiental não-formal para alertar a população sobre o descarte correto do resíduo na orla de Santarém, com o tema “Seu lixo, sua responsabilidade”. Os coordenadores da ação reconheceram que o descarte incorreto dos resíduos tem sido uma das principais causas de alagamento em um trecho da orla da cidade. Com as fortes chuvas registradas em Santarém, os resíduos, como entulho, pedaços de madeira e até utensílios domésticos são arrastados pelas águas, entupindo as entradas das galerias do sistema de drenagem, impedindo a vazão das águas pluviais, danificando as bombas de drenagem da orla e, gerando, por consequência, os alagamentos. O objetivo geral do projeto foi buscar apoio da população e dos comerciantes do centro da cidade por meio da conscientização (PREFEITURA DE SANTARÉM, 2022).

Considerando a necessidade de reduzir o crescente impacto ambiental associado à geração de resíduos sólidos, foi estabelecido o sistema de coleta seletiva, instrumento da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Esse sistema estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva (CONAMA nº 275/2001).

Mesmo com a importância do sistema, Santarém, atualmente, não dispõe do mesmo. Em 2015, o município participou de um projeto que proporcionava a coleta seletiva, contemplando alguns bairros, entre eles o centro da cidade. No entanto, não foi divulgado resultados sobre o mesmo. Apesar de não dispor do sistema de coleta seletiva, a coleta regular realiza o trabalho de remoção dos resíduos sólidos, o que já auxilia na não acumulação de resíduos em vias e estruturas de drenagem.

Outro impacto ambiental observado na pesquisa é o aumento da quantidade de águas residuárias nas vias. Isso se deve a alguns fatores, quais são:

- a) mistura da água da chuva com águas provenientes de algumas residências, que despejam águas servidas às vias públicas;
- b) junção de água com resíduos, como areia;
- c) formação de limo, considerado processo natural.

Uma opção de mitigação desse impacto seria o não encaminhamento de efluentes para vias públicas, até porque, atualmente, há outros métodos para destinação desses resíduos. A prefeitura de Santarém já procurou resolver o problema de águas servidas no município. Em 2018, por exemplo, a Secretaria Municipal de Infraestrutura (Seminfra) notificou 167 moradores de Santarém, oeste do Pará, por causa das águas servidas de suas casas que escorrem diretamente pelas ruas, que causam lamas, sujeiras e, em decorrência, mau cheiro e risco para a saúde das pessoas. A solução parcial é que essas águas sejam destinadas para um sumidouro (G1, 2018).

No centro da cidade, a água das casas, empresas e comércios escorre de forma constante pelas sarjetas, nas esquinas das ruas causando mau cheiro. Isso ocorre por Santarém não possuir rede de esgoto que abrange todos os bairros da cidade. O ideal é que ele seja instalado logo quando está sendo feito o alvará de construção da casa, mas em muitos casos isso não ocorre (G1, 2018).

Vale ressaltar que os esgotos podem ser combinados (cloacal e pluvial num mesmo conduto) ou separados (rede pluvial e cloacal separadas). Teoricamente, a legislação estabelece o sistema separador, mas na prática isto não ocorre devido às ligações clandestinas e à falta de rede cloacal. A falta de capacidade financeira de algumas prefeituras para ampliação da rede cloacal tem permitido o uso da rede pluvial para transporte do esgoto, no entanto, isso é uma solução inadequada, já que esse efluente não é tratado. Quando o sistema cloacal é implementado a grande dificuldade envolve a retirada das ligações existentes da rede pluvial, o que na prática resulta em dois sistemas misturados com diferentes níveis de carga (TUCCI, 2002).

A poluição natural acontece com a formação do limo. Esse processo ocorre com a mínima presença de umidade, fazendo com que em alguns locais seja

praticamente impossível impedir a criação dessa substância (AGRO 2.0, 2020). A poluição natural é a principal responsável pela contaminação das águas acumuladas no centro de Santarém, conforme é possível observar nas figuras 15a e 15b. O limo, por ser uma formação natural é praticamente impossível evitar seu aparecimento em superfícies úmidas, portanto, a solução principal seria evitar ocorrências de umidade, porém como essa alternativa é inviável nas vias do centro da cidade, ainda mais na orla que sofre influência direta da inundação do rio Tapajós, a proposta é reforçar a eficiência do sistema de drenagem, de modo que escoar toda a água e impeça o aparecimento dessa substância.

Fotografia 15 - Acúmulo de água contaminada em pontos da Orla do Município de Santarém



Fotografia 15a - Acúmulo de água contaminada na Travessa 15 de Novembro.



Fotografia 15b - Acúmulo de água contaminada na Travessa 15 de Agosto.

Fonte: Autor, 2021.

A contaminação da água de alagamentos e/ou inundações ocorre quando há acúmulo de água, portanto, o correto seria evitar esses acúmulos, por meio de

instalação e manutenção do sistema de drenagem da orla do município de Santarém.

Também apontado pelos frequentadores da orla, a dificuldade de escoamento da água pluvial, aliada ao lançamento de resíduos sólidos e de esgoto sanitário, resultam na degradação da matéria orgânica e na liberação de gases desagradáveis, como o gás sulfídrico, o que resulta em cheiro desagradável em muitos locais da orla de Santarém.

Um impacto identificado nos noticiários locais são as obstruções físicas em algumas estruturas da orla de Santarém, devido, principalmente, à presença de água nas mesmas. Em janeiro de 2022, por exemplo, três pontos passaram por manutenção com obras civis na busca de amenizar esses danos: o primeiro foi próximo ao Terminal Fluvial Turístico (TFT); o segundo em frente ao prédio da Caixa Econômica Federal e; o terceiro em frente ao prédio da Receita Federal (Fotografia 16). De acordo com os técnicos responsáveis, os locais sofreram a ação do tempo e da natureza com a enchente e vazante dos rios (O IMPACTO, 2022).

Fotografia 16 - Manutenção na orla de Santarém



Fonte: O Impacto, 2022

Analisando a estrutura da orla, o engenheiro civil e mestre em Processos Construtivos e Saneamento Urbano, Sérgio Gouvêa, afirmou que é necessário uma manutenção detalhada a cada 10 anos no local, no entanto até a data de seu relato, em janeiro de 2022, isso ainda não tinha sido feito. Segundo o profissional, as ações realizadas nos últimos 4 anos eram apenas paliativas, colocadas em práticas apenas quando um problema era manifestado. Sérgio ainda menciona que o problema da orla está atrelado à falta de manutenção preventiva em sua construção, que até então é apenas corretiva, ou seja, feita depois do aparecimento de um problema, que dentre eles se encontram os processos de obstrução das vedações, ou seja, parte do material da estrutura está sendo levada pelas águas da chuva. Isso acontece porque o material de aterro, com as águas das chuvas e sobe-desce do rio, é levado pelo rio, ocasionando vazios na estrutura, aumentando o risco de rachaduras, como mostra a Fotografia 17 (O LIBERAL, 2022).

Fotografia 17 - Danificação em um ponto da orla de Santarém



Fonte: G1, 2019.

Por fim, pode-se presumir que houve a contaminação hídrica. Em período de grandes inundações, na orla de Santarém é realizado o bombeamento de água das vias para o rio Tapajós. Esse sistema de coleta de água não diferencia a água do rio “pura” com a água contaminada, transferindo, portanto, tudo o que é coletado para o rio.

Esse tipo de prejuízo causado ao corpo hídrico é citado por diversos autores. Tucci (2022) considera que a contaminação da água pela inundação de depósitos de material tóxico é um dos principais impactos em período de cheia do rio. De acordo com o autor, isso acontece porque a rede de águas pluviais, geralmente, apresenta dois problemas:

- a) além de transportar o esgoto que não é coletado e tratado, também transporta a contaminação do escoamento pluvial (carga orgânica, tóxicos e metais);
- b) a construção excessiva de canais e condutos que apenas transferem as inundações de um local para outro dentro da cidade, a custos insustentáveis para os municípios.

Londe *et al.* (2014) afirmam que a água proveniente das inundações se mistura a detritos, fezes e urina de animais, animais mortos, chorume e outros poluentes e toda esta mistura é transportada através do escoamento superficial para casas, rios, lagos, reservatórios e pode também atingir aquíferos e unidades de tratamento de água. Esses autores ainda complementam que os problemas decorrentes deste processo não incluem apenas os setores ambientais (piora da qualidade da água), mas também de saúde (aumento na incidência de doenças) e econômico (aumento nos custos de tratamento de serviços de suprimento de água potável e de limpeza de espaços públicos).

Para Tucci (2002) não existem soluções únicas e milagrosas para evitar o escoamento da água contaminada com materiais tóxicos, mas soluções adequadas e racionais para cada realidade. O ideal é buscar conciliar a coleta e tratamento do esgotamento sanitário somado a retenção e tratamento do escoamento pluvial dentro de uma visão integrada de tal forma que tanto os aspectos higiênicos como ambientais sejam atendidos. Essa proposta de solução busca obter a redução dos impactos ambientais negativos.

5.6.2 Impactos Sociais

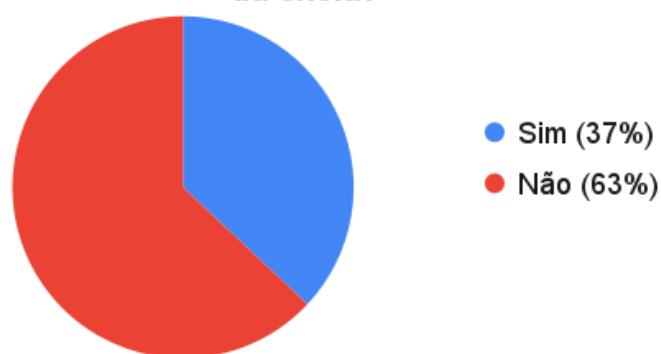
Os impactos sociais ocasionados pela inundação do rio Tapajós na orla foram

identificados por meio do checklist respondido por 100 (cem) pessoas afetadas pela inundação e/ou alagamento da orla de Santarém.

Das 100 pessoas que participaram da pesquisa, 37% informaram que visitam menos o local no período de cheia do Tapajós. Isso porque, no período, o local não fica muito agradável para quem quer apenas caminhar.

Apesar de não esperado, 63% dos entrevistados responderam que aumentam a visita ao local, tendo relatado que costumam ir mais vezes à orla nesse período para praticar a pesca no local, que só é possível com a cheia do rio. As respostas dos entrevistados são representadas no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Visitas na orla de Santarém
A quantidade de visitas são reduzidas no período da cheia?



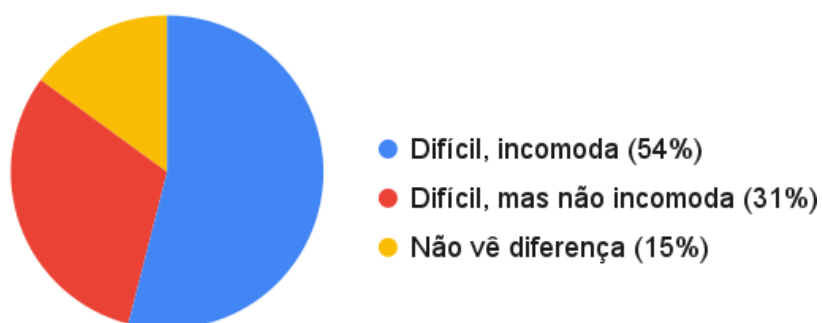
Fonte: Autor, 2023.

Vale comentar que os impactos de inundações são classificados em diretos e indiretos. Os diretos resultam do contato direto de águas de inundação, sendo, portanto, relacionados à deterioração física de bens e risco à saúde. Os danos indiretos são originados de perturbações causadas ao sistema produtivo, tendo como consequência a redução da atividade econômica, assim como perdas de arrecadação de impostos, custos de serviços de emergência e de defesa civil, custos de limpeza de áreas atingidas, perdas de valor de propriedades, aumentos em valores de seguros, quando existentes para cobrir dano de inundações desempregos, redução de salários, entre outros (SILVA *et al.*, 2017).

Problemas nos sistemas de drenagem e manejo das águas pluviais podem desencadear impactos diretos e indiretos sobre a vida da população nas áreas urbanas. Em Santarém, 6,9% dos domicílios estão sujeitos a risco de inundação. De 2013 a 2020 foram registradas 37 enxurradas, inundações ou alagamentos (INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO, 2020).

A segunda pergunta respondida pelos entrevistados foi a dificuldade de acesso tanto na orla como nas lojas localizadas no centro da cidade (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Acesso de pessoas na orla de Santarém
Como costuma ser o acesso à orla/ lojas no período de cheia?

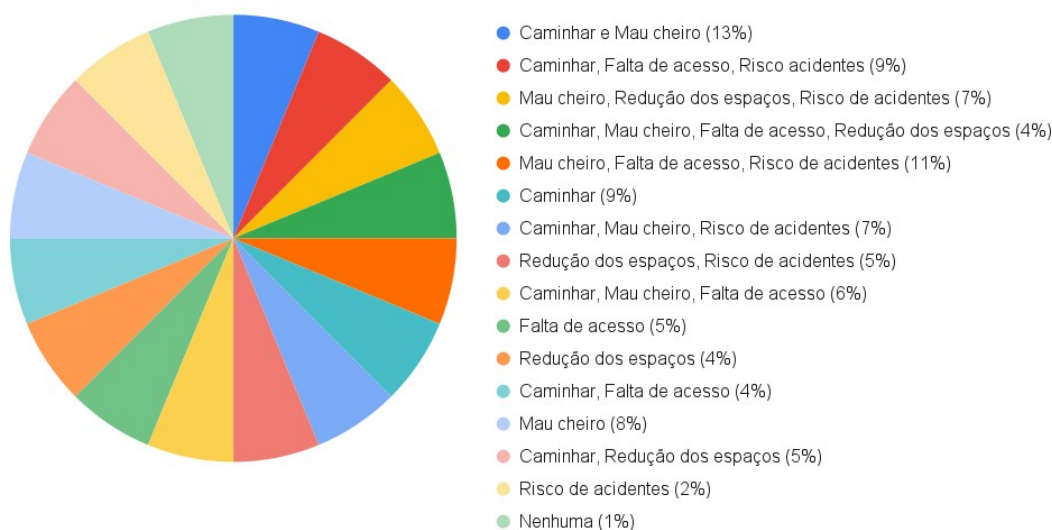


Fonte: Autor, 2023.

Mais da metade dos entrevistados (54%) que participou da pesquisa informou que o acesso é difícil e que essa situação incomoda, devido à dificuldade de transitar nos espaços, que acabam sendo limitados com a presença de água nas vias e calçadas. Das que responderam, 31% disseram que o acesso é difícil, mas que não incomoda e 15% relataram que é indiferente.

A próxima pergunta foi referente às principais dificuldades dos visitantes ao visitarem a orla / centro da cidade, tendo diversas respostas, conforme pode ser observado no Gráfico 3 .

Gráfico 3 - Dificuldades de acesso á orla de Santarém
Quais as principais dificuldades ao visitar a orla/centro em períodos de alagamentos e/ou inundações?



Fonte: Autor, 2023.

Os entrevistados informaram mais de um problema referente a esse assunto, o que ocasionou uma combinação de respostas, no caso:

- i. Dificuldade em caminhar e mau cheiro (1,3%)
- ii. Dificuldade em caminhar, Falta de acesso aos locais e Risco de acidentes (9,0%)
- iii. Mau cheiro, Redução dos espaços para caminhar e Risco de acidentes (7,0%)
- iv. Dificuldade em Caminhar, Mau cheiro, Falta de acesso aos locais e Redução dos espaços para caminhar (4,0%)
- v. Mau cheiro, Falta de acesso aos locais e Risco de acidentes (11,0%)
- vi. Dificuldade em Caminhar (9,0%)
- vii. Dificuldade em caminhar, Mau cheiro e Risco de acidentes (7,0%)
- viii. Redução dos espaços para caminhar e Risco de acidentes (5,0%)
- ix. Dificuldade em caminhar, Mau cheiro e Falta de acesso aos locais (6,0%)

- x. Falta de acesso aos locais (5,5%)
- xi. Redução dos espaços para caminhar (4,0%)
- xii. Dificuldade em caminhar e Falta de acesso aos locais (4,0%)
- xiii. Mau Cheiro (8,0%)
- xiv. Dificuldade em caminhar caminhar e Redução dos espaços para caminhar (5,0%)
- xv. Risco de acidentes (2,0%)
- xvi. Nenhuma dificuldade (1,0%)

No geral, as dificuldade mais citadas foram as de caminhar (citada em 8 das 15 combinações) e mau cheiro (citada em 7 das 15 combinações).

Como as águas do rio Tapajós ocupam grande espaço nas vias públicas, a dificuldade em transitar nesses espaços é grande. A solução encontrada pela prefeitura foi a instalação de pontes nos pontos mais críticos (Fotografia 18).

Fotografia 18 - Pedestre trafegando em ponte instalada na orla de Santarém



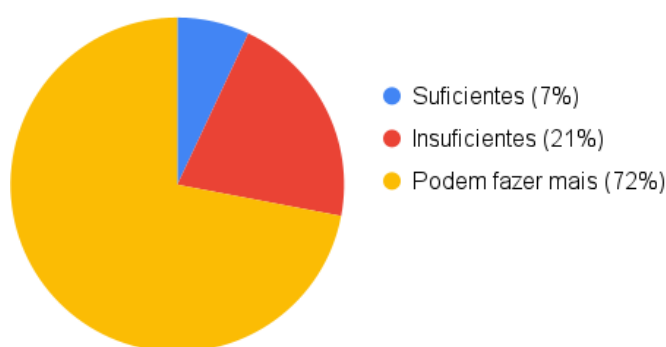
Fonte: Prefeitura de Santarém, 2022.

A solução mais eficiente seria reparar as deficiências do sistema de drenagem

para, assim, evitar o acúmulo de água, porém, na falta dessa ação, a solução é continuar com as pontes, pois mesmo com as dificuldades e riscos, ainda permitem o acesso e trânsito de pessoas no local. Essa solução, porém, não garante a segurança das pessoas que utilizam das pontes para transitar, já que o risco de ocorrência de acidentes é grande.

Em seguida, foi questionado sobre as ações do poder público (Gráfico 4):

Gráfico 4 - Ações do poder público na orla de Santarém
Sobre as ações do poder público, você considera...



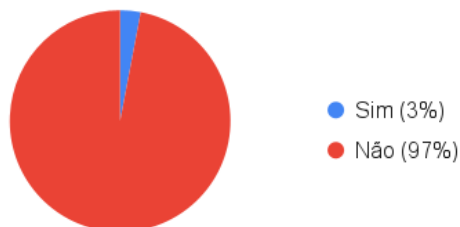
Fonte: Autor, 2023.

Apenas 7% dos entrevistados consideram as ações do poder público suficientes, 21% insuficientes e 72% acreditam que o governo pode fazer mais. Os que consideram ações suficientes argumentaram que, por se tratar de um fenômeno da natureza, não há muito o que se fazer, a não ser se adaptar às inundações. Já os que consideram as ações insuficientes e que é possível fazer mais, comentaram que o problema ocorre todo ano, então o poder público poderia se planejar e prevenir que alguns danos deixassem de ocorrer.

As últimas perguntas foram relacionadas aos prejuízos econômicos (Gráfico 5) e doenças por veiculação hídrica (Gráfico 6).

Gráfico 5 - Danos causados pela inundação da orla de Santarém

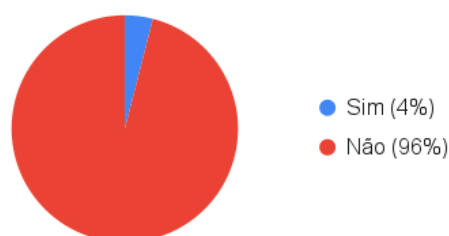
Você já sofreu algum dano físico/econômico devido aos alagamentos e/ou inundações?



Fonte: Autor, 2023.

Gráfico 6 - Doenças causadas pela inundação da orla de Santarém

Você já vivenciou alguma doença/ infecção devido aos alagamentos e/ou inundações?



Fonte: Autor, 2023.

Apenas uma pequena parcela da população relataram esses problemas. Na primeira, sobre dano econômico, as pessoas que responderam sim (3%) relataram algumas situações:

1 “ Numa noite de muita chuva, fiquei ilhada dentro do carro”. A pessoa informou que o carro não conseguia sair do lugar, devido ao alagamento no local. Apesar do problema não ser resultado de inundação, mas sim de alagamento, o mesmo poderia ser evitado com um sistema de drenagem eficiente.

2 - Outra resposta foi de uma pessoa que reside próximo ao local. A mesma informou que, em casos de dias com chuvas intensas, passa por dificuldade de ir ao trabalho, principalmente para sair de casa e ir até o ponto de ônibus. A entrevistada informou que, em uma das vezes, precisou retornar em casa para trocar os sapatos, que ficaram encharcados após pisar em ponto de alagamento.

3 - A última pessoa que disse que sofreu um dano com as inundações relatou que tropeçou em uma espécie de mangueira que se encontrava no meio da orla. O objeto fazia parte dos equipamentos utilizados pela prefeitura para bombear a água da via e retorná-la ao rio. Felizmente, segundo a mesma, o tropeço não passou de um susto.

As pessoas que responderam sim (4%) para a pergunta de ter contraído

alguma doença ou infecção, devido ao contato com a água foram: dor de barriga e coceira. Apesar de haver essa possibilidade, ou seja, é possível a ocorrência de ambas apenas com o contato de água contaminada, não é possível concluir que essas infecções foram resultados diretos da inundação e/ou alagamento da orla do rio Tapajós. Para isso, seria necessário estudo mais aprofundado desse tema.

Em 2019, o Banco Mundial lançou um relatório que aponta os impactos sociais provocados por inundações e alagamentos. O estudo foi desenvolvido por 1,5 mil domicílios caracterizados com alta vulnerabilidade socioeconômica e serem suscetíveis aos desastres causados pelo excesso de água. Entre as pessoas ouvidas pela pesquisa, 57% tiveram as residências afetadas pelas águas. Além disso, 47% declararam que pelo menos um morador da casa perdeu dias de trabalho. Em 44% dos domicílios levantados, alguém da família sofreu um problema de acesso às aulas ou à creche (ONU, 2019).

Por ser uma área praticamente comercial, pelo menos nos pontos críticos de inundação, na orla de Santarém foram apontados poucos problemas sociais, porém, é válido destacar que os problemas decorrentes de inundações e alagamentos vão além da dificuldade de acesso a um local ou de caminhar no mesmo. Em muitos locais esse fenômeno causa danos sociais imensuráveis, como indica a pesquisa do Banco Mundial.

5.6.3 Impactos Econômicos

Os impactos econômicos ocasionados pela inundação do rio Tapajós na orla foram identificados por meio do levantamento de dados em documentos oficiais e noticiários locais e por checklist respondido por 30 (trinta) comerciantes afetados pela inundação e/ou alagamento da orla de Santarém.

Além disso, no levantamento dos dados foi identificado o impacto econômico do custo de utilização anual de obras e equipamentos para captar as águas de alagamentos e/ou inundação e das ações emergenciais para o deslocamento de pessoas no local.

As obras e instalações de equipamentos são feitas nas vias da orla na

tentativa de amenizar os impactos decorrentes das inundações. A questão é que, em todos os anos, esses mesmos serviços são realizados na busca de evitar maiores prejuízos com os alagamentos. Todo esse investimento poderia ser utilizado em outro serviço, com outro objetivo. Alguns documentos (licitações) e noticiários revelam que as obras e serviços são instalados na orla todos os anos em período de cheia do rio Tapajós:

a) Pontes: Todos os anos são implantadas pontes com o propósito de auxiliar na locomoção de pedestres na área (Fotografia 19).

Fotografia 20- Pontes instaladas na orla do Município de Santarém



Fotografia 20a - Pontes instaladas na Avenida Tapajós em Santarém



Fotografia 20b - Pontes instaladas na Avenida Tapajós em Santarém

Fonte: Autor, 2021.

Ao todo, segundo a Defesa Civil, aproximadamente 200 metros de pontes são instalados por todas as áreas atingidas pela cheia. As pontes são construídas na sede da Secretaria Municipal de Infraestrutura (Seminfra) e levadas para serem montadas nos pontos alagados (PORTAL DA NAVEGAÇÃO, 2022).

b) Bombas de Sucção

Além das passarelas, algumas bombas de sucção são instaladas. Em 2021 foram utilizados 10 equipamentos que funcionavam 24 horas por dia, na Avenida Tapajós (Fotografia 20) (SANTARÉM, 2021). Em março de 2022, foi feito, por parte da prefeitura, uma justificativa técnica para dispensa de licitação na contratação direta para locação de bombas. Foram identificadas a locação de 10 CMB para sucção da água do Tapajós nas vias da orla de Santarém (PREFEITURA DE SANTARÉM, 2022).

Fotografia 20 - Bomba de Sucção na orla de Santarém



Fonte: Autor, 2021.

Como já relatado, o poder público costuma, todos os anos, investir em estruturas e equipamentos com o propósito de promover o trânsito de pessoas nas vias públicas e reduzir o acúmulo de água proveniente do rio Tapajós. Muitas das solicitações para essas obras e equipamentos são realizadas com a dispensa de licitação, ação comum quando se trata de eventos emergenciais. No entanto, a cheia

do rio Tapajós e seus impactos nas vias do centro da cidade de Santarém é previsível em todos os anos, por se tratar de um evento natural e sazonal.

Esse fenômeno costuma ocorrer entre os meses de dezembro e junho, período em que a gestão pública volta sua atenção para a causa, o que não acontece nos outros meses, que deveriam ser utilizados para construção de planejamento para os eventos futuros, como a implantação de técnicas mais eficazes e de longo prazo para conter, o máximo possível, das águas que inundam as vias. Seria o caso, por exemplo da manutenção constante das estruturas de drenagem, principalmente bocas de lobo que, grande parte, está ocupada por resíduos; criação do plano diretor de manejo de águas pluviais, com identificação e mapeamento de áreas suscetíveis a inundações e alagamentos; implantação de medidas não estruturais, como educação ambiental. Outras medidas poderiam ser implantadas, mas para isso deveria haver uma análise econômica e ambiental para a instalação das mesmas, como: pavimento permeável e semipermeável; reservatório de detenção e retenção; trincheira de infiltração e; vala e valeta de infiltração (AGOSTINHO e POLETO, 2012).

c) Manutenção asfáltica

As fortes chuvas em Santarém aumentam a demanda por manutenção asfáltica (Fotografia 21). Ocorre que, além de danos ao asfalto e ao sistema de drenagem, as chuvas atrasam o cronograma de obras civis que precisa ser interrompido (PREFEITURA DE SANTARÉM, 2022).

Fotografia 21 - Manutenção asfáltica em via de Santarém



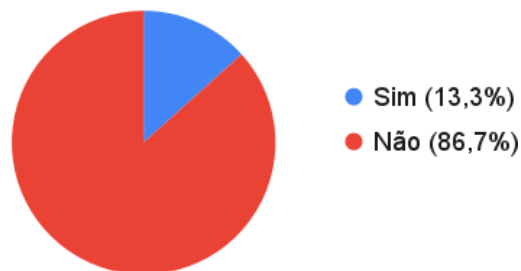
Fonte: Prefeitura de Santarém, 2022.

Pelo checklist foi identificado, principalmente, redução do fluxo de clientes, danos materiais, impossibilidade de realização de atividades e redução do faturamento mensal.

Primeiramente foi perguntado aos lojistas se, em dias de chuva, os mesmos costumam alterar seus horários de trabalho (Gráfico 7).

Gráfico 7 - Alteração de horário de trabalho

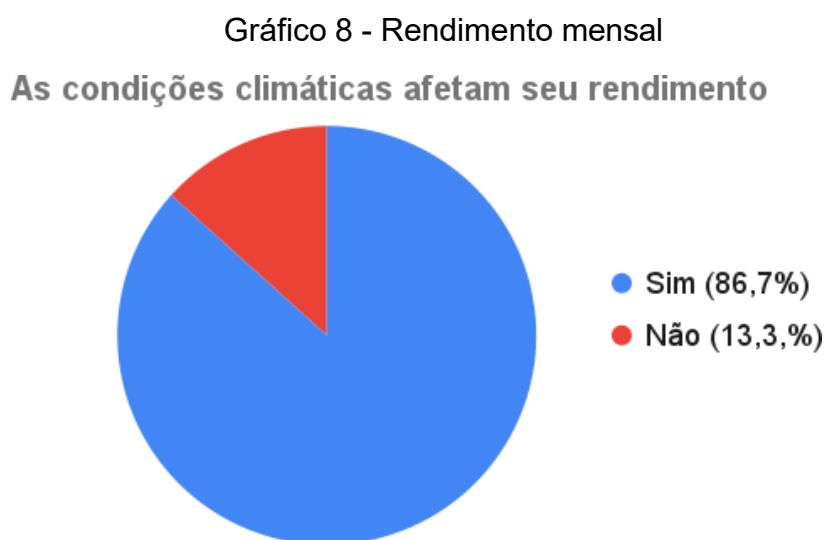
Você costuma alterar seus horários no período chuvoso?



Fonte: Autor, 2022

Apenas 13,3% dos entrevistados informaram que alteram o horário de trabalho em dias de chuva, no caso abrindo ou fechando o estabelecimento depois do esperado. A primeira, na maioria das respostas, é devido a dificuldade de acesso aos transportes públicos nos dias de chuva, já a segunda é devido a queda na quantidade de clientes nesses dias. Os 86,7% restantes disseram que não muda o horário de trabalho, mesmo com a queda no número de clientes. Isso se deve, principalmente, devido as questões trabalhistas que não proporciona a escolha da mudança de horários em situações críticas, como as de eventos hidroóxicos.

A próxima pergunta foi a respeito do rendimento mensal em dias de chuva (Gráfico 8).



Fonte: Autor, 2022

Como esperado, a maioria das respostas (86,7%) informou que sim, seus rendimentos são afetados pelas chuvas. Isso porque, segundo eles, o número de clientes diminui, como já informado.

Foi perguntado se os alagamentos no local afetam as atividades.

Gráfico 9 - Interferências dos alagamentos nas atividades
Os alagamentos afetam suas atividades?

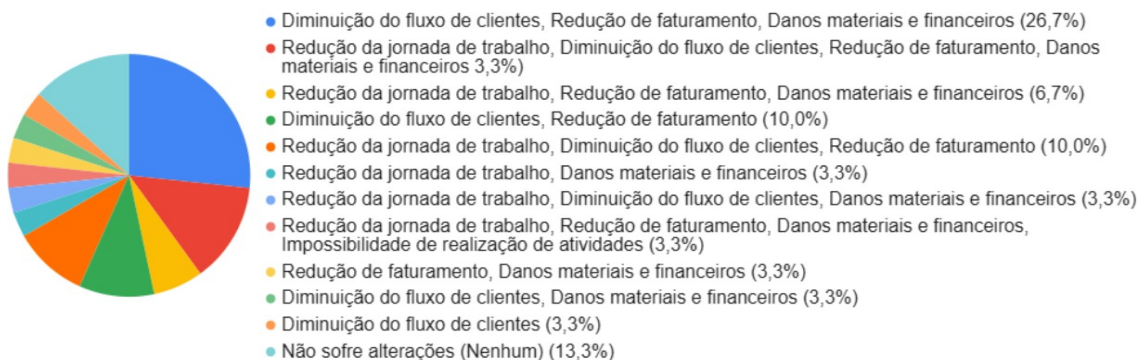


Fonte: Autor, 2023.

Nas entrevistas foi constatado que 86,7% das pessoas entendem que os alagamentos no local afetam negativamente as atividades, pela redução do número de clientes e prejuízos materiais, o que ocasiona uma queda no rendimento. Nenhum entrevistado apontou algum impacto positivo dos alagamentos. 13,3% dos entrevistados responderam que os alagamentos não afetam as atividades rotineiras de seu trabalho, porém, é válido destacar que, as lojas dos respectivos entrevistados se encontram em pontos que, normalmente, não são alagados em períodos de chuva e inundações.

Na pergunta aplicada aos lojistas sobre os impactos que os alagamentos causam no decorrer de suas atividades, houve combinações nas respostas, as quais são apresentadas no gráfico 10.

Gráfico 10 - Impactos dos alagamentos nas atividades
Quais os principais impactos os alagamentos e/ou inundações nas atividades?



Fonte: Autor, 2023.

- i. Não sofre alterações (13,3%)
- ii. Diminuição do fluxo de clientes (3,3%)
- iii. Diminuição do fluxo de clientes e Danos materiais e financeiros (3,3%)
- iv. Redução de faturamento e Diminuição do fluxo de clientes (3,3%)
- v. Redução da jornada de trabalho; Redução de faturamento; Diminuição do fluxo de clientes e Impossibilidade da realização de atividades (3,3%)
- vi. Redução da jornada de trabalho; Diminuição do fluxo de clientes e Danos materiais e financeiros (3,3%)
- vii. Redução da jornada de trabalho e Danos materiais e financeiros (3,3%)
- viii. Redução da jornada de trabalho; Diminuição do fluxo de clientes e Redução de faturamento (10,0%)
- ix. Diminuição do fluxo de clientes e Redução de faturamento (10,0%)
- x. Redução da jornada de trabalho; Redução de faturamento e Danos materiais e financeiros (6,7%)
- xi. Redução da jornada de trabalho; Diminuição do fluxo de clientes; Redução de faturamento e Danos materiais e financeiros (13,3%)
- xii. Diminuição do fluxo de clientes; Redução de faturamento e Da-

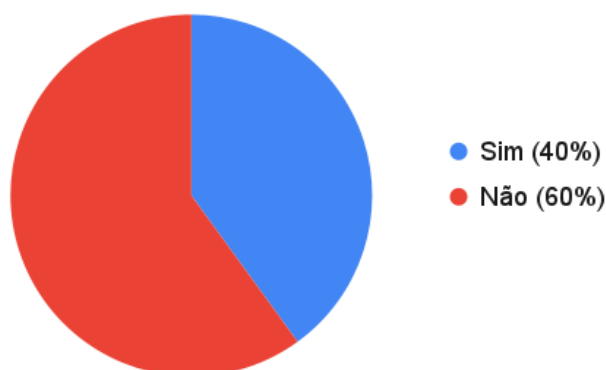
nos materiais e financeiros (26,7%)

As respostas mais frequentes foram a Diminuição do fluxo de clientes; a Redução de faturamento e os Danos materiais e financeiros com 26,7%. De todas as opções, as mais citadas foram Danos materiais e financeiros, presente em 8 das 11 combinações e Diminuição do fluxo de clientes e Redução de faturamento, sendo cada uma presente em 7 das 11 combinações.

Uma outra pergunta feita aos lojistas entrevistados foi sobre a necessidade de deixar de trabalhar ou de fechar o estabelecimento devido aos alagamentos (Gráfico 11).

Gráfico 11 - Possibilidade de deixar de trabalhar devido aos alagamentos

Você já precisou ficar sem trabalhar ou fechar o estabelecimento devido aos alagamentos e/ou inundações?



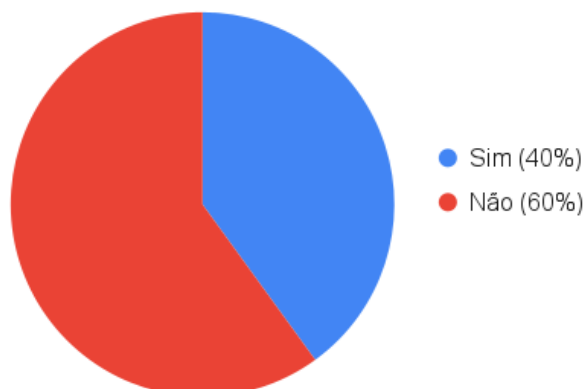
Fonte: Autor, 2023

Dentre os entrevistados, 40% disseram que, algumas vezes, por não ter quem compre (redução do fluxo de clientes) ou para tentar amenizar as perdas materiais, tiveram que fechar a loja. Isso porque, como acesso a esses locais, ficam limitados, muitas pessoas optam por ir em outro estabelecimento, pela facilidade de acesso. Outro fator apontado por alguns, principalmente por donos de restaurantes, é o mau cheiro em períodos de inundação, causado pela combinação de água e resíduos. 60% dos entrevistados disseram que nunca precisaram deixar suas atividades devido às inundações.

A próxima pergunta aplicada (Gráfico 12) é sobre os investimentos que esses

lojistas realizaram na busca de soluções para o problema das inundações.

Gráfico 12 - Investimento em estruturas para melhorar o acesso
Você investe em estruturas para melhorar o acesso ao estabelecimento?

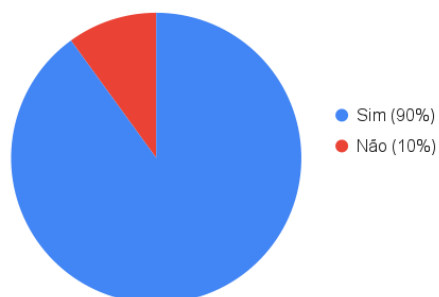


Fonte: Autor, 2023

Dos 30 lojistas que participaram da pesquisa, 40% disseram que já chegaram a, alguma vez, realizar ou construir alguma estrutura para solucionar o problema de acesso, como aumento da altura do piso. Os outros 60% não realizaram nenhuma ação do tipo, seja por não precisarem (os donos das lojas com localização distante da área de inundação) ou por se satisfazerem com as ações do poder público, que instala pontes nos principais pontos inundados. Fato este que nos leva a próxima pergunta sobre as ações do governo nesse período e nessa área (Gráfico 13 e 14).

Gráfico 13 - Investimento em estruturas por parte do governo

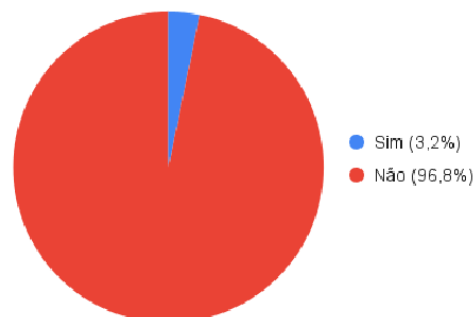
O governo investe em estruturas para melhorar o acesso aos estabelecimentos?



Fonte: Autor, 2022.

Gráfico 14 - Opinião dos comerciantes sobre os investimentos do governo

Você acha suficiente?

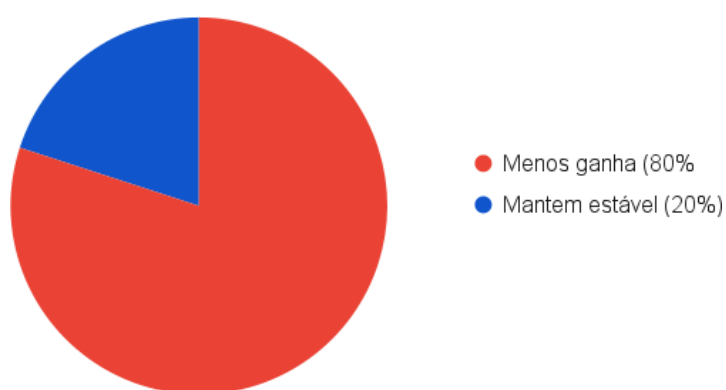


Fonte: Autor, 2022.

A grande maioria dos comerciantes (90%) disseram que a prefeitura do município costuma investir em estruturas para melhorar o acesso aos estabelecimentos, como pontes. Porém, desses, 96,8% consideram essas ações insuficientes, acreditando que a mesma poderia fazer mais, já que é um problema recorrente na área.

Sobre o faturamento, foi perguntado como ele se caracteriza nos meses de inundação (Gráfico 15).

Gráfico 15 - Faturamento das empresas
Os meses de cheia são os que sua empresa...



Fonte: Autor, 2023.

A maioria dos entrevistados (80%) disse que o menor faturamento ocorre nos meses de cheia, devido principalmente aos impactos que já foram citados.

Por meio da pesquisa, foi possível notar que os comércios e pontos de venda que mais sofrem interferência em sua atividade são os localizados próximo aos pontos de alagamentos (apresentados no mapa da figura 10). Nesses comércios há perdas diretas no faturamento e, ainda, em alguns casos, os proprietários desembolsam recursos próprios na busca de evitar que as águas do rio Tapajós alcance suas mercadorias.

A análise do problema das inundações e/ou alagamentos revelou que medidas de mitigação devem ser aplicadas com o propósito de desenvolver uma cidade mais sustentável em Santarém.

Finalizando, é oportuno comentar que os problemas decorrentes da inundação/alagamento da orla ocasionam transtornos ambientais, econômicos e sociais para a população de Santarém.

6 CONCLUSÃO

Na pesquisa foi verificado que a solução do problema de inundação e/ou alagamento da orla do município de Santarém requer o aperfeiçoamento das legislações, instrumentos de planejamento, projetos e ações para a redução de impactos ambientais, sociais e econômicos nos eventos críticos de precipitação pluviométrica e de inundação do rio Tapajós.

Quanto as legislações, planos e projetos, ainda ocorre a necessidade de maior enfoque e de ação efetiva para a aplicação prática das ações estabelecidas para o setor de drenagem urbana no município de Santarém. Um exemplo é que, mesmo estabelecido na Lei 11.445/2007 a responsabilidade do titular, o Plano Municipal de Saneamento Básico de Santarém não contempla o componente de drenagem urbana.

Com isso, ações pontuais são realizadas, como a inauguração do projeto “Nova Orla” em 2022, que resultou na ampliação do muro de contenção. No entanto, os resultados dessa obra ainda não foram comprovados, já que o período de inundação das vias costuma iniciar no mês de abril ou maio de cada ano, indo até junho.

A pesquisa demonstrou que a Avenida Tapajós e outras vias menores, como Travessa 15 de agosto e 15 de novembro, são as que mais sofrem influência dos fenômenos de inundação e/ou alagamento. Em relação às estruturas de drenagem de águas pluviais, os maiores problemas são a falta de manutenção e a acumulação de grande quantidade de resíduos, causando obstrução dos dispositivos hidráulicos. Isso acontece, principalmente, pela ausência de grades nas bocas de lobo, pelo crescimento de vegetação nas sarjetas e pelo lançamento indevido de resíduos sólidos. Com isso, o escoamento de água pluvial é prejudicado, contribuindo para os alagamentos, situação que ficar pior com o aumento do nível d’água do Rio Tapajós.

Esses problemas resultam em impactos ambientais na orla de Santarém, como o mau cheiro e a possibilidade de contaminação no local. Os formulários aplicados identificaram que, dos impactos sociais, a dificuldade de caminhar no local e o mau cheiro, devido ao acúmulo de água, foram os mais citados pelos entrevistados. Sobre os impactos econômicos, os mais citados foram a diminuição

do fluxo de clientes, ocasionando a redução do faturamento mensal, e danos materiais. Outros impactos econômicos também foram identificados na pesquisa por noticiários. Esses foram atrelados aos custos realizados pelo poder público com o propósito de mitigar as inundações e/ou alagamentos, como a instalação de bombas de sucção de água e pontes.

Com a pesquisa foi constada a necessidade da realização de ações voltadas para tornar o sistema de drenagem urbano de Santarém adequado, ainda mais por se tratar de um sistema que, na sua ausência, influencia diretamente na qualidade ambiental, social e econômica do ambiente e da população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F. G. Metodologia para a quantificação de prejuízos causados pelas inundações. Open Science Research X - ISBN 978-65-5360-270-0 - Volume 10 - Ano 2023 - Editora Científica Digital.

AGÊNCIA SANTARÉM. 2022. Construção de nova Orla em Santarém evitou o alagamento da avenida Tapajós. Disponível em:

<<https://agenciasantarem.com.br/construcao-de-nova-orla-em-santarem-evitou-o-alagamento-da-avenida-tapajos/>>. Acessado em: 23 nov 2022.

AGOSTINHO, M. S. P.; POLETO, C. Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: dispositivos. *Holos Environment*, 12(2), 121–131. 2013.

AGRO 2.0. Limo é uma mistura pegajosa com vários componentes. 2020. Disponível em:

<<https://agro20.com.br/limo/#:~:text=Em%20alguns%20locais%2C%20%C3%A9%20praticamente%20inevit%C3%A1vel%20o%20surgimento,pode%20ser%20originado%20atrav%C3%A9s%20de%20diversas%20subst%C3%A2ncias%2C%20>> Acessado em 12 mar 2023.

ÁGUAS LINDAS DE GOIÁS. Danos ambientais: Conheça os riscos de jogar água suja nas vias públicas. Disponível em: <<https://aguaslindasdegoias.go.gov.br/danos-ambientais-conheca-os-riscos-de-jogar-agua-suja-nas-vias-publicas/>> Acessado em 02 jan 2023.

ALDEIA NEWS. 2021. Rio Tapajós atinge marca dos 6,50 metros e se aproxima da cheia histórica de 2009. Disponível em: <Rio Tapajós atinge marca dos 6,50 metros e se aproxima da cheia histórica de 2009 – Aldeia New>. Acessado em jan 2023.

ALLISON, R.A., WALKER, T.A., CHIEW, F.H.S., O'NEILL, I.C. & MCMAHON, T.A. From Roads To rivers: Gross pollutant removal from urban waterways. Research Report for the Co-operative Research Centre for Catchment Hydrology. Austrália, 1998. 98 pp.

ARAÚJO, D. K. L. Avaliação hidrológica e estimativa de vazão de projeto para macrodrenagem urbana. 2021. 162 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Campina Grande, 2021.

BARBOSA, B. A. B. Avaliação do impacto de medidas não convencionais de microdrenagem urbana aplicadas a um loteamento. 2019. 20 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2019.

BAPTISTA, M. B. e NASCIMENTO, N. O. (1996). "Sustainable development and urban stormwater management in the context of tropical developing countries". XXV Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental (Conference interamericaine de génie sanitaire et environnement), vol. IV, pp. 523 - 529, AIDIS, México.

BONATO, F.; SANTOS, L. J. C. Análise de Bacias Hidrográficas em Meio Urbano – Estudo de Caso: Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Padilhas – Curitiba/Pr . Revista Eletrônica Multidisciplinar FACEAR, v. 1, p. 1-14, 2013.

BORSATO, F. H.; MARTONI, A. M. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. Acta Scientiarum. Human and Social Sciences. Maringá, v. 26, n. 2, p. 273-285, 2004.

BOTELHO, M. H. C. Águas de chuva – engenharia das águas pluviais nas cidades. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1998.

BRASIL. Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 de janeiro de 1997; 176º da Independência e 109º da República. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acessado em: 10 mai 2022.

__. Lei 9.795 de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, 27 de abril de 1999; 178º da Independência e 111º da República.

__. Lei 10.257 de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 de julho de 2001; 180º da Independência e 113º da República. Brasília, 8 de janeiro de 1997; 176º da Independência e 109º da República. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acessado em: 10 mai 2022.

__. Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 de janeiro de 2007; 186º da Independência e 119º da República. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acessado em: 10 mai 2022.

____. Lei 14.026 de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) [...]. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 de julho de 2020; 199º da Independência e 132º da República. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm>. Acessado em: 10 mai 2022.

BRONZ, DEBORAH. Empreendimentos e empreendedores: formas de gestão, classificações e conflitos a partir do licenciamento ambiental, Brasil, século XXI. 2011. Tese (Doutorado em Antropologia Social). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

CALDANA, N. F. S.; YADA JUNIOR, G.M.; MOURA, D. A. V.; COSTA, A. B. F.;

CARAMORI, P. H. Ocorrências de alagamentos, enxurradas e inundações e a variabilidade pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Iguaçu. Revista Brasileira de Climatologia. Ano 14 – Vol. 23 – JUL/DEZ 2018.

CARNEIRO, P. R. F.; CARDOSO, A. L.; ZAMPRONIO, G. B.; MARTINGIL, M. C. A Gestão Integrada de Recursos Hídricos e do uso do Solo em bacias urbano-metropolitanas: o controle de inundações na bacia dos rios Iguaçu/Sarapuí, na Baixada Fluminense. Ambiente & Sociedade, Campinas v. XIII, n. 1, p. 29-49, jan.-jun. 2010.

CAVALLAZZI, R. L.. O estatuto epistemológico do direito urbanístico brasileiro: possibilidades e obstáculos na tutela do direito à cidade. In: COUTINHO, Ronaldo; Bonizzato, Luigi (Org.). Direito da cidade: novas concepções sobre as relações jurídicas no espaço social urbano. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2007.

CECHIM JÚNIOR, C.; PEREIRA, G. A.; DEPPE, F.; FRONZA, G. Fundamentos e aplicações de radar no estudo de mapeamento de uso do solo e de áreas alagadas. In: SUTIL, Thaise; PEREIRA, Jori Ramos; LADWIG, Nilzo Ivo; ZOCHE, Jairo José; PEREIRA, Jader Lima (org.). Geoprocessamento na análise ambiental. Criciúma (SC): Unesc, 2020. Cap. 2.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo. Drenagem urbana-Manual de Projeto. Secretaria de obras e do meio Ambiente em colaboração com o departamento de água e Energia Elétrica. S.ed. São Paulo, 1979

____. Plano de ação de emergência – PAE. 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/tipos-de-acidentes/rodovias/plano-de-acao-de-emergencia-pae/> . Acessado em: 28 mai 2022.

CLASSE TURISTA. O que fazer em Santarém? 12 atrações para visitar em 1 dia. 2020. Disponível em: <<https://classeturista.com/pt/brasil/santarem/o-que-fazer-santarem/>> Acessado em 10 abr 2023.

CONAMA. Resolução 275 de 25 de abril de 2001. Disponível em: <<http://www2.cprh.pe.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/275-25deabrilde2001.pdf>> Acessado em 18 fev 2023.

CRUZ, D. R.; COSTA, R. C. Inundações em bacias hidrográficas urbanas de Manaus - Comunidades Bairro União e N. S. de Fátima. Revista Geonorte, Edição Especial, V.1, N.4, p.759 – 771, 2012.

CRUZ, M. A. S.; SOUZA, C. F.; TUCCI, C. E. M. Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade. In: XVII SBRH - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo, SP. Anais eletrônicos...São Paulo, 2007. Disponível em: < <https://anais.abrhidro.org.br/jobs.php?Event=151>>. Acesso em: 23 mar 2022.

D'AVILA, W. P. S. Análise Ambiental dos Fatores de Risco de Inundação no Rio Marinho – Grande Vitória, Espírito Santo. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade | vol.14, n.7 | jan/jun – 2018.

DECINA, T. G. T.; BRANDÃO, J. L. B. Análise de desempenho de medidas estruturais e não estruturais de controle de inundações em uma bacia urbana. Eng Sanit Ambient | v.21 n.1 | jan/mar 2016 | 207-217.

DICIO – Dicionário Online de Português. Meta. Disponível em:< <https://www.dicio.com.br/meta/>> Acessado em 23 mai 2022.

DICTORO, V. P.; HANAI, F. Y. A gestão de bacias hidrográficas e os critérios para seleção de propostas de projetos de educação ambiental. R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 8, n. 2, p.4-23, abr/jun. 2019.

DICKEL, M. E. G.; GODOY, M. B. R. B. Desastres ambientais e impactos socioambientais: inundações no município de Itaóca- SP: Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento e gestão de riscos. Caderno de Geografia, v.26, n.47, 2016.

EBANATAW. 2020. Drenagem urbana. Disponível em: <<https://www.ebanataw.com.br/drenagem/drenagem.ht>> Acessado em 12 dez 2022.

FAUSTINO, A. B.; RAMOS, F. F.; SILVA, S. M. P. Dinâmica temporal do uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Doce (RN) com base em

Sensoriamento Remoto e SIG: uma contribuição aos estudos ambientais. Sociedade e Território, Natal, v. 26, nº 2, p. 18 - 30, jul./dez. 2014.

FERREIRA, H. J. V. Para além dos Certificados: Reconhecimento, Validação e Certificação de Competências. 2012. 173 f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública), Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2012.

FERRO, C. F.; FERRO, S. K. F.; VIEIRA, Z. C.; PASSOS, E. N.; SANTOS, E. A. Levantamento visual do estado de conservação dos dispositivos de microdrenagem. XII Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe - 18 a 22 de março de 2019, Aracaju/SE ÁGUA PARA TODOS: NÃO DEIXAR NINGUÉM PARA TRÁS.

FOCHESATTO, A. C. A. Microdrenagem Urbana: Análise e solução para o problema na Avenida Sete de Setembro, na cidade de Três Corações – MG. 2017. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Centro universitário do Sul de Minas, Minas Gerais, 2017.

FONSECA, M.N., FERENTZ, L.M.S., GARCIAS, C.M. Integração dos Instrumentos de Gestão Municipal das Águas Pluviais frente aos Alagamentos em Centros Urbanos Paranaenses entre 1980- 2018. Enciclopédia Biosfera, v.16, n.29, p. 1-16, 2019.

FRASSON, I. Critérios de eficiência, eficácia e efetividade adotados pelos avaliadores de instituições não-governamentais financiadoras de projetos sociais. 2001. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

FREITAS, CM.; XIMENES, E. F. Enchentes e saúde pública – uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação. Revisão • Ciênc. saúde coletiva 17 (6) • Jun 2012 .

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Manual de Saneamento. 2004 - 3a . Edição revisada - Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde.

G1. 2018. Seminfra já notificou, em 2018, 167 moradores por despejo de água servida na rua. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pa/santarem-regiao/noticia/seminfra-ja-notificou-em-2018-167-moradores-por-despejo-de-agua-servida-na-rua.ghtml>> Acessado em 12 mar 2023.

_____. Chuva causa alagamentos e transtornos no Grande Recife e na Zona da Mata. 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pe/pernambuco/noticia/2022/06/07/chuva-causa-alagamentos-e-transtornos-no-grande-recife-e-na-zona-da-mata.ghtml>> Acessado em 10 jun 2022.

GERMANO, A. O.; CASTILHO, A.; CANDIDO, M.; REIS, F. Cheia de 2014 na bacia do rio Madeira. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 2015.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GLOBOPLAY. Em Santarém, avenida Tapajós amanhece inundada; bomba instalada não funcionou - 04/05/2021. Disponível em: <<https://globoplay.globo.com/v/9487401/>> Acessado em 14 abr 2023.

GOMES, M. F.; FERREIRA, L. J. Políticas públicas e os objetivos do desenvolvimento sustentável. Direito e Desenvolvimento, João Pessoa, v. 9, n. 2, p. 155-178, ago./dez. 2018.

HOEPERS, T. G. Análise comparativa entre sistema separador absoluto e sistema combinado alternativo. 2019. 212 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, 2019.

HOLANDA, M. A. C. R.; SOARES, W. A.; OLIVEIRA, D. B. CPredição do escoamento superficial e consequentes alagamentos em centros urbanos. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.11, n.5, p.1-11, 2020.

HORA, S. B.; GOMES, R. L. Mapeamento e avaliação do risco a inundação do rio Cachoeira em trecho da área urbana do município de Itabuna/BA. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 21 (2): 57-75, ago. 2009.

HUFFNER, A. N. Otimização para controle de alagamentos urbanos: Aplicação da Bacia Hidrográfica da Vila Santa Isabel em Viamão. 2013. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

IBGE. Cidades e Estados. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/santarem.html>> Acessado em 13 abr 2023.

INFOSANBAS. 2020. Santarém – PA. Disponível em: <<https://infosanbas.org.br/municipio/santarem-pa/#servico-aguas-pluviais>> Acessado em 22 nov 2022.

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO. Municípios e saneamento. 2020. Disponível em: <<https://www.aguasaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/pa/santarem>> Acessado em: 12 nov 2022.

IPEA - Controle de enchentes. 2021. Disponível em:<<https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/231-controle->

de- enchentes#:~:text=As%20enchentes%20possuem%20impactos%20ambientais%2C%20mas%20tamb%C3%A9m%20socioecon%C3%B4micos,de%20veicula%C3%A7%C3%A3o%20h%C3%ADdrica%20e%20a%20prolifera%C3%A7%C3%A3o%20de%20vetores.> Acessado em 10 jun 2022.

KAWATOKO, I. E. S. Estabelecimento de cenários de medidas estruturais e não estruturais para gestão de águas urbanas em escala de lote. 2012. 152 f. Dissertação (Engenharia hidráulica e saneamento), Universidade de São Paulo, 2012.

LICCO, E. A.; DOWELL, S. F. M. Alagamentos, Enchentes Enxurradas e Inundações: Digressões sobre seus impactos sócio econômicos e governança. Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística - Vol. 5 n o 3 - Dezembro de 2015.

LIMA, C. C.; AMARO, V. E.; ARAÚJO, P. V. N.; SANTOS, A. L. S. Identificação e Avaliação de Zonas de Alagamentos Urbanos, com o Suporte de Geotecnologias, na Cidade de Natal, Nordeste do Brasil. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 42 - 2 / 2019.

LONDE, R. L.; COUTNHO, M. P.; GREGÓRIO, L. T.; SANTOS, L. B. L.; SORIANO, E. Desastres relacionados à água no Brasil: perspectivas e recomendações. Ambiente & Sociedade n São Paulo v. XVII, n. 4 n p. 133-152 n out.-dez. 2014.

LOPES, E. R. N.; SOUZA, J. C.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; LOURENÇO, R. W. Gestão de bacias hidrográficas na perspectiva espacial e socioambiental. Economía, Sociedad y Territorio, vol. xx, núm. 62, 2020, 1-23.

MACHADO, A. S.; BORJA, P. C.; MORAES, L. R. S. Desafios e oportunidades para implantação de uma das propostas do PEMAPES: o sistema combinado. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA). v. 1, n. 2 , p. 234-250, 2013 – ISSN: 2317-563X

MADEIRA, C. Cheias e inundações no rio Tejo em Abrantes. 2005. Disponível em:<https://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T12_artg/T12art06.pdf> Acessado em: 2 mar 2022.

MAGNAMO, R. F.; CALÁSIO, B.M., MIRANDA, E.N.; BRUCHADO, I.J.; FLORES, M. B., MEDEIROS, P.; SOUZA, P. R. Incidência de desastres naturais em Santa Catarina de 2011 a 2013. R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 4, n. 1, p. 156-175, abr./set.2015.

MAIA, D. C.; PITON, S. C. E. Caracterização das enchentes na área urbana de Ribeirão Preto (SP): Um enfoque através das notícias de jornal. Geografia, Rio Claro, v. 34, n. 2, p. 307-327, mai./ago. 2009.

MARTENS, I. V.; BARTOLAZZO, N.; ANTUNES, S. C.; CASERES, J. B.; FACHINETTO, J. M. Diagnóstico da separação dos resíduos sólidos nos espaços públicos municipais. Salão do Conhecimento. UNJUÍ. 24 28 de outubro de 2022.

MANTIS, A. B. ; VAZ, J. A. . Mapeamento de áreas de risco de alagamento do município de Guarujá – SP, utilizando método de análise hierárquica. Leopoldianum (UNISANTOS), v. 45, p. 69-85, 2019.

MARTINS, S. R. S. Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente? Disponível em: <https://www.bariri.sp.gov.br/arquivos/28_gestaodrenagem.pdf>. Acesso em: 02 mar 2022.

MARQUES, V. P. Estudo de medidas estruturais em planos diretores de drenagem urbana. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG. 78 f. 2019.

MENDES, H. C. Urbanização e impactos ambientais: Histórico de inundações e alagamentos na bacia do Gregório, São Carlos - SP. 2005. 346 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MENDES, H. C.; MARCO, G.; ANDRADE, J. P. M.; SOUZA, S. A.; MACEDO, R. F. Reflexões sobre impactos das inundações e propostas de políticas públicas mitigadoras. Disponível em: <http://www.shs.eesc.usp.br/downloads/docentes/eduardo-mario-mendiondo/Mendes_de_Marco_Andrade_Souza_Macedo_SHS5874.pdf>. Acessado em 06 mar 2022.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Termo de referência para elaboração de estudos de concepção para gestão das águas pluviais manejo de águas pluviais e drenagem urbana – diretrizes e parâmetros – Estudos e projetos. 2011. Disponível em:<https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/TR_EPD_US_Estudo_de_Concepo_Drenagem_Urbana_2011.pdf> Acessado em: 09 mai 2022.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. 2022. Nova etapa do projeto Orla de Santarém é inaugurada pelo ministro Alexandre Baldy. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/nova-etapa-do-projeto-orla-de-santarem-e-inaugurada-pelo-ministro-alexandre-baldy>>. Acessado em: 12 nov 2022.

MONTEIRO, T. Rio Tapajós: uma história de exploração. Disponívem em:

<<https://www.revistaovies.com/2011/07/18/rio-tapajos-uma-historia-de-exploracao/#:~:text=Antes%20de%20chegar%20ao%20rio%20Amazonas%2C%20pr%C3%B3ximo%20%C3%A0,Amazonas%20que%20provoca%20ondas%20de%20at%C3%A9%20quarenta%20cent%C3%ADmetros.>> Acessado em: 14 jan 2023.

MONTES, R. M.; LEITE, J. F. A drenagem urbana de águas pluviais e seus impactos cenário atual da bacia do Córrego Vaca – Brava Goiânia - GO. Disponível em <https://www.academia.edu/9011494/A_DRENAGEM_URBANA_DE_%C3%81GUA_S_PLUVIAIS_E_SEUS_IMPACTOS_CEN%C3%81RIO_ATUAL_DA_BACIA_DO_C%C3%93RREGO_VACA_BRAVA_GOI%C3%82NIA_GO_1> Acessado em 09 jun 2022.

NALINI, J. R.; SILVA NETO, W. L. B.. Cidades inteligentes e sustentáveis: desafios conceituais e regulatórios. In: Cidades Inteligentes e sustentáveis. São Paulo: Manole, 2017.

NETTO, J. M. A; FERNANDEZ, M. F; ARAUJO, R; ITO, A. E. Manual de Hidráulica. 8. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1998.

NOVO, E. L. M; COSTA, M. P. F. Fundamentos e aplicações de radar no estudo de áreas alagáveis. In: SOUZA, R. B. Oceanografia por Satélites. 2. ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2009.

O LIBERAL. 2022. Especialista explica os riscos existentes na estrutura da orla de Santarém. Disponível em: <<https://www.oliberal.com/para/especialista-explica-os-riscos-existentes-na-estrutura-da-orla-de-santarem-1.483243>> Acessado em 2 mar 2023.

O IMPACTO.Orla fluvial de Santarém começa a receber manutenção em trechos danificados. 2022. Disponível em: <<https://oimpacto.com.br/2022/01/05/orla-fluvial-de-santarem-comeca-a-receber-manutencao-em-trechos-danificados/>> Acessado em 23 fev 2023.

ONU - Organização das Nações Unidas. 2014. Cidades terão mais de 6 bilhões de habitantes em 2050. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/cidades-terao-mais-de-6-bilhoes-de-habitantes-em-2050-destaca-novo-relatorio-da-onu/> Acesso em: 6 out. 2022.

_____. 2019. Objetivo 11: Cidades e comunidades sustentáveis. Disponível em: <<https://unric.org/pt/objetivo-11-cidades-e-comunidades-sustentaveis-2/>> Acessado em 23 fev 2023.

_____. 2019. Banco Mundial analisa impactos sociais das inundações e alagamentos em comunidades de Porto Alegre BR. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2019/04/1669361>> Acessado em: 12 jan 2023.

OSTROWSKY, M. S. B.; ZMITROWICZ, W.. Urbanização e Controle de Enchente: o caso de São Paulo: seus conflitos e inter-relações. In: Boletim Técnico da Escola Politécnica da SP, Departamento de Engenharia da Construção Civil, São Paulo: 1991. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/000730156>> Acesso em: 01 de mar. 2022.

PEIXOTO, F. S.; SILVEIRA, R. N. C. M. Bacia hidrográfica: tendências e perspectivas da aplicabilidade no meio urbano. Revista Brasileira de Geografia Física v.10, n.03 (2017) 840-853.

PEREIRA, A. K. B.; SILVA, M. S.; ESCARIZ, R. S.; CARVALHO, N. B. Proposta de microdrenagem para redução do escoamento superficial urbano no loteamento Guaricema em Aracaju-SE. Ciências exatas e tecnológicas | Aracaju | v. 5 | n.2 | p. 29-52 | Março 2019 | periodicos.set.edu.br.

PORTAL DA NAVEGAÇÃO. Enchente muda paisagem do centro de Santarém e atinge centenas de ribeirinhos. 2022. Disponível em: <<https://portaldanavegacao.com/2022/05/20/enchente-muda-paisagem-do-centro-de-santarem-e-atinge-centenas-de-ribeirinhos>> Acessado em: 12 jan 2023.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. Estudos avançados 22 (63), 2008.

PREFEITURA DE SANTARÉM. DISPENSA DE LICITAÇÃO No 001/2021-SEMURB. 2021. Disponível em: <<https://transparencia.santarem.pa.gov.br/portal/licitacao-contratos-convenios/licitacao/dispensa-0032021-4b9c0766-9d34-408a-84aa-6aba4cb6d239>>. Acessado em: 12 dez 2022.

____. DISPENSA DE LICITAÇÃO No. 003/2022-SEMURB. 2022. Disponível em: <<https://transparencia.santarem.pa.gov.br/storage/attachments/justificativa-tecnica-6298b2ab83c48.pdf>>. Acessado em 12 dez 2022.

____. 2021. Desobstrução de galerias na Orla de Santarém minimizam impactos das cheias dos rios. Disponível em: <<https://santarem.pa.gov.br/noticias/urbanismo-e-servicos-publicos/desobstrucao-de-galerias-na-orla-de-santarem-minimizam-impactos-das-cheias-dos-riosc4545a33-7f10-4cb0-8e27-0f3cd01edf2c>> Acessado em 23 fev 2023.

____. 2022. Aniversário de 361 anos de Santarém terá entregas de obras, show nacional e mais de 75 ações. Disponível em: <<https://santarem.pa.gov.br/noticias/cultura/aniversario-de-361-anos-de-santarem-ter-entregas-de-obras-show-nacional-e-mais-de-75-aco-es-a0mb8b>>. Acessado em: 12 nov 2022.

_____. 2022. Bomba de sucção é instalada na Avenida Tapajós. Disponível em: <<https://santarem.pa.gov.br/noticias/gerais/bomba-de-succao-e-instalada-na-avenida-tapajos-10624da71f114-2c59-4faa-ab4e-aa9763db3609>> Acessado em 12 jan 2023.

_____. 2022. Infraestrutura amplia expediente após alta demanda provocada por chuvas. Disponível em: <<https://santarem.pa.gov.br/noticias/infraestrutura/prefeitura-aumenta-carga-horaria-do-servico-de-tapa-buracos-para-atender-demanda-s30i5f>> Acessado em 12 jan 2023.

_____. 2022. Lixo acumulado em pontos de drenagem provoca transtorno na Orla de Santarém. Disponível em: <<https://santarem.pa.gov.br/noticias/urbanismo-e-servicos-publicos/lixo-acumulado-em-pontos-de-drenagem-provoca-transtorno-na-orla-de-santarem-kqi4ce>> Acessado em: 23 fev 2023.

_____. 2022. Orla recebe ação de educação ambiental quanto ao descarte correto do lixo. Disponível em: <<https://santarem.pa.gov.br/noticias/meio-ambiente/orla-fluvial-de-santarem-recebe-acao-de-educacao-ambiental-zg08ln>>. Acessado em 14 nov 2022.

_____. 2022. Prefeitura de Santarém decreta situação de emergência em áreas afetadas por alagamentos. Disponível em: <<https://santarem.pa.gov.br/noticias/gerais/prefeitura-de-santarem-decreta-situacao-de-emergencia-em-areas-afetadas-por-alagamentos-vkphbx>>. Acessado em: 20 dez 2022.

_____. 2022. Rio Tapajós supera a cheia de 2009 e Prefeitura instala pontes para garantir locomoção em trechos do Comércio. Disponível em: <<https://santarem.pa.gov.br/noticias/infraestrutura/prefeitura-de-santarem-instala-pontes-de-madeiras-em-ruas-alagadas-devido-a-cheia-do-rio-wjorrv>> Acessado em 23 jan 2023.

RIO DE JANEIRO. Plano Municipal de Saneamento Básico: Ações de Emergências e Contingências. 2010. Disponível em: <<http://rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/126674/DLFE-210110.pdf/1.0>> Acessado em 17 mai 2022.

ROCHA, B. C.; SCOLES, R.; PUGA, B. P.; BLASER, A. Tapajós sob o sol: Mergulho nas características ecológicas, socioculturais e econômicas da bacia hidrográfica. Primeira Versão Completa, 2022.

ROSIN, J. A. R.G; BENINI, S. M. (orgs). Cidade sustentável: um conceito em construção. 1 ed. – Tupã: ANAP, 2018.

SANTARÉM. 2004. Lei nº 17.894, de 15 de dezembro de 2004. Institui o Código Ambiental do Município de Santarém. Disponível em:

<<https://leismunicipais.com.br/a/pa/s/santarem/lei-ordinaria/2004/1790/17894/lei-ordinaria-n-17894-2004-institui-o-codigo-ambiental-do-municipio-de-santarem-e-da-outras-providencias>> Acessado em 5 nov 2022

_____. 2004. Lei Orgânica do Município de Santarém. Atualizada até a Emenda nº 006 de 01 de dez. de 2004. 2004. 112 p. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/lei-organica-santarem-pa>> Acessado em 5 nov 2022.

_____. 2019. Lei nº 20.876/ 2019. Institui a Política Municipal de Saneamento de Santarém. Disponível em: <<https://transparencia.santarem.pa.gov.br/storage/anexos/documentos/leis/2019/12/30/lei-no-20876-de-30-de-dezembro-de-2019-6b35b7fc-73f9-4a86-912e-fc02c924619b.pdf>> Acessado em: 23 nov 2022.

_____. Plano Municipal de Saneamento Básico. 2021. Disponível em: <<https://transparencia.santarem.pa.gov.br/portal/documentos/pl-institui-e-atualiza-a-politica-mun-de-saneamento-basico-do-mun-de-santarem-610d48c3440fa#:~:text=Of%C3%ADcio%20n%C2%BA%200612%2F2021%2C%20que%20encaminha%20o%20PL%20que,marco%20do%20saneamento%20b%C3%A1sico%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias.>> Acessado em 13 nov 2023.

SANTOS, E. T. Impactos Econômicos de Desastres Naturais em Megacidades: O Caso dos Alagamentos em São Paulo. 2013. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, 2013.

SANTOS, E. T.; HADDAD, E. M. Mapeamento das perdas econômicas potenciais dos pontos de alagamento do município de São Paulo, 2008-2012. Ambiente & Sociedade. São Paulo, v. XVII, n. 4 n p. 77-94 n out.-dez. 2014.

SANTOS JÚNIOR, V. J. Avaliação da fragilidade no sistema de drenagem pluvial urbana: o caso da bacia hidrográfica do córrego das Melancias em Montes Claros – MG. REMOA - v.13, n.5, dez. 2014, p.3986-3997.

SCHUSSEL, Z.; NASCIMENTO NETO, P. Gestão por bacias hidrográficas: do debate teórico à gestão municipal. Ambiente & Sociedade n São Paulo v. XVIII, n. 3 n p. 137-152 n jul.-set. 2015.

SILVA, C. S.; AFONSO, S. Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas inundáveis em zonas urbanas: estudo de caso da zona urbana de Pelotas/RS. Paisagem Ambiente: ensaios - n. 24 - São Paulo - p. 319 - 326 - 2007.

SILVA, M. P.; ASSUMPÇÃO, R. F.; KLIGERMAN, D. C. Bacias hidrográficas transfronteiriças: saneamento e saúde ambiental sem fronteiras. Saúde debate, Rio de Janeiro, v. 44, n. 124, p. 251-262, jan-mar 2020.

SILVA, T. C.; CARVALHO, M. B. M.; GADELHA, C. L. M.; SILVA JÚNIOR, W. R. Diagnóstico e hierarquização de problemas de drenagem urbana da zona costeira Sul do estado da Paraíba. Eng. sanit. ambient. Vol.13 - Nº 2 - abr/jun 2008, 144- 152.

SILVA, S. A.; GAMA, J. A. S.; CALLADO, N. H.; SOUZA, F. C. B. Saneamento básico e saúde pública na Bacia Hidrográfica do Riacho Reginaldo em Maceió, Alagoas. Eng Sanit Ambient | v.22 n.4 | jul/ago 2017 | 699-709.

SILVA, O. L. C.; GOMES, L. S.; LOPES, S. N.; MATOS, A. B.; SILVA FILHO, P. A. Avaliação dos impactos causados pelas enchentes em regiões ribeirinhas na cidade de Boa Vista/RR. Revista de Ciência e Tecnologia. v. 3, n. 4. (2017).

SILVEIRA, V. S.; ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R. Definição das áreas de perigo de inundação do rio Vacacaí no município de São Gabriel, RS. GeoTextos, vol. 10, n. 2, dez. 2014.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico Temático Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento - SNS. 2021.

SOUZA, V. C. B. Gestão de drenagem urbana no Brasil; desafios para a sustentabilidade. Gesta, v.1, n.1 – Souza, p. 057-072, 2013 – ISSN: 2317-563X.

SOUSA, D. R. D. Alagamentos no centro comercial da Campina, Belém-PA: Identificação das causas e suas implicações de acordo com a percepção dos comerciantes locais. 2016. 81 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia). Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V.; ARAÚJO, L. E. Classificação da Precipitação Diária e Impactos Decorrentes dos Desastres Associados às Chuvas na Cidade do Recife-PE. Revista Brasileira de Geografia Física 02 (2012) 250-268.

SOUZA, M. C. S. A.; ALBINO, P. L. Cidades sustentáveis: limites e possibilidades conceituais e regulatórios. Revista de Direito e Sustentabilidade | e-ISSN: 2525-9687 | Salvador | v. 4 | n. 1 | p. 95 – 109 | Jan/Jun. 2018.

SWISS RE. Risco de inundações no Brasil. 2011. Disponível em: <https://www.unisdr.org/files/20634_riscodeinundacoesbrasil1.pdf>. Acessado em 09 jun 2022.

TEIXEIRA, E.; HADDAD, E. A. Mapeamento das perdas econômicas potenciais dos pontos de alagamento do município de São Paulo, 2008-2012. Ambient. soc. 17 (4) • Dez 2014

THE NATURE CONSERVANCY. Bacia do Tapajós: Estado da Pesca Artesanal no Médio e Baixo Juruena, 2019.

TIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. (2011) Coleta e transporte de esgoto sanitário. 3a ed. Rio de Janeiro: ABES.

TONIOLO, B. P.; SILVA, D. C. C.; VENTURA, K. S.; LOURENÇO, R. W. Identificação de áreas suscetíveis a inundação com o auxílio de geotecnologias na Unidade de Negócio Oeste - Sabesp. Revista DAE | São Paulo | v. 70, n 235 / pp 167-179 | Ed. Esp. Mar. 2022.

TRATA BRASIL. A importância do plano municipal de saneamento básico no Brasil. 2021. Disponível em: <<https://tratabrasil.org.br/pt/saneamento-basico/planos-municipais-no-brasil>>, Acessado em 27 mai 2022.

TSUTIYA, M.T.; BUENO, R.C.R.; CINTRA, E. M.; REAMI, L. Contribuição de águas pluviais em sistemas de esgotos sanitários. Estudo de caso da cidade de Franca, Estado de São Paulo. 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Setembro. Joinville. Santa Catarina. 13p. 2003.

TSUTIYA, M.T.; BUENO, R.C.R. Contribuição de águas pluviais em sistemas de esgoto sanitário no Brasil. Água Latinoamérica. ADIS - Asociación Dominicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. jul./ago. 2004.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. et al, Drenagem Urbana, Editora da Universidade, ABRH, Porto Alegre , 1995, 428 pg.

TUCCI, C. E. M. (Org.) Hidrologia: ciência e aplicação. 2.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4).

TUCCI, C. E. M. Plano Diretor de drenagem urbana: princípio e concepção. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 5-12, jul./dez. 1997.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 7 n.1 Jan/Mar 2002, 5-27.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, Juan Carlos (Org.) . Inundações Urbanas na América do Sul. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, GWP, WMO, 2003. v. 1. 474p.

TUCCI, C. E. M. Gestão de Águas Pluviais Urbanas/ Carlos E. M.Tucci – Ministério das Cidades – Global Water Partnership - Wolrd Bank – Unesco 2005.

TUCCI, C. E. M. Inundações urbanas. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2007. v. 1. 352p.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. estudos avançados 22 (63), 2008.

TUCCI, C. E. M. Gestão de drenagem urbana. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48). 50p.

UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. Bacias Urbanas. Disponível em:<<http://ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/baciaurb.htm#:~:text=Nas%20bacias%20urbanas,%20s%C3%A3o%20faixas%20com%20mata%20de,do%20eixo%20do%20rio:%20marginal,%20m%C3%A9dia%20e%20exterior>>. Acessado em: 10 dez 2021.

VAEZA, R. F.; OLIVEIRA FILHO, P. C.; MAIA, A. G.; DISPERATI, A. A. Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a Partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. Floresta e Ambiente 2010; 17(1):23-29.

VALE, R.; FILIZOLA, N.; SOUZA, R.; SCHONGART, J. A cheia de 2009 na Amazônia Brasileira. Revista Brasileira de Geociências, volume 41 (4), 2011.

VAZ FILHO, P.; VENTURA, K. S.; CAMPOS, P. F. C.; COMIN, E. T. Propostas de sinalização em áreas de risco sujeitas a alagamento em vias urbanas para o município de São Carlos - SP. Drenagem Urbana: Soluções Alternativas Sustentáveis / Adacto Benedicto Ottoni; Jeane Ap. R. de Godoy Rosin; Fernanda Moço Foloni (orgs). 1 ed. – Tupã: ANAP, 2018.

WELERSON, C. C.; SILVA, B. C. Análise do impacto do crescimento urbano em uma microbacia hidrográfica no município de Itajubá/MG. Revista Brasileira de Geografia Física v.12, n.03 (2019) 1114--1131.

WOLLMANN, C. A. Revisão teórico-conceitual do estudo das enchentes nas linhas de pesquisa da geografia física. Revista Eletrônica Geoaraguaia. Barra do Garças- MT. V 5, n.1, p 27 - 45. Janeiro/Julho

WILSON, J. P. The triple bottom line: undertaking an economic, social, and environmental retail sustainability strategy. International Journal of Retail & Distribution Management, v. 43, n. 4/5, p. 432-447, 2015.