



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

sid.inpe.br/mtc-m21d/2024/07.16.01.51-TDI

**ENTENDENDO AS RELAÇÕES RIO-CIDADE EM SÃO  
PAULO: UM ESTUDO RETROSPECTIVO DAS  
DINÂMICAS ENTRE O RIO TAMANDUATEÍ E SEU  
ENTORNO**

Lis Accioli de Moraes Pistéco

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre, orientada pelos Drs. Daniel Andrés Rodriguez, e Javier Tomasella, aprovada em 20 de maio de 2024.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/4BLHRFL>>

INPE

São José dos Campos

2024

**PUBLICADO POR:**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Coordenação de Ensino, Pesquisa e Extensão (COEPE)  
Divisão de Biblioteca (DIBIB)  
CEP 12.227-010  
São José dos Campos - SP - Brasil  
Tel.:(012) 3208-6923/7348  
E-mail: pubtc@inpe.br

**CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE - CEPPII (PORTARIA Nº 176/2018/SEI-INPE):**

**Presidente:**

Dra. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Coordenação-Geral de Ciências da Terra (CGCT)

**Membros:**

Dra. Ieda Del Arco Sanches - Conselho de Pós-Graduação (CPG)  
Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação-Geral de Engenharia, Tecnologia e Ciência Espaciais (CGCE)  
Dr. Rafael Duarte Coelho dos Santos - Coordenação-Geral de Infraestrutura e Pesquisas Aplicadas (CGIP)  
Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

**BIBLIOTECA DIGITAL:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon  
Clayton Martins Pereira - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

**REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:**

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Divisão de Biblioteca (DIBIB)  
André Luis Dias Fernandes - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

**EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:**

Ivone Martins - Divisão de Biblioteca (DIBIB)  
André Luis Dias Fernandes - Divisão de Biblioteca (DIBIB)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

sid.inpe.br/mtc-m21d/2024/07.16.01.51-TDI

**ENTENDENDO AS RELAÇÕES RIO-CIDADE EM SÃO  
PAULO: UM ESTUDO RETROSPECTIVO DAS  
DINÂMICAS ENTRE O RIO TAMANDUATEÍ E SEU  
ENTORNO**

Lis Accioli de Moraes Pistéco

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre, orientada pelos Drs. Daniel Andrés Rodriguez, e Javier Tomasella, aprovada em 20 de maio de 2024.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/4BLHRFL>>

INPE  
São José dos Campos  
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

Pistéco, Lis Accioli de Moraes.

P677e Entendendo as relações rio-cidade em São Paulo: um estudo retrospectivo das dinâmicas entre o Rio Tamanduateí e seu entorno / Lis Accioli de Moraes Pistéco. – São José dos Campos : INPE, 2024.

xxvii + 187 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m21d/2024/07.16.01.51-TDI)

Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2024.

Orientadores : Drs. Daniel Andrés Rodriguez, e Javier Tomasella.

1. Sócio-hidrologia histórica. 2. Interações humano-inundações.  
3. Dinâmicas acopladas. I.Título.

CDU 502.11:556.53(815.6)

---



Esta obra foi licenciada sob uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÃO



## INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

### DEFESA FINAL DE TESE DE LIS ACCIOLI DE MORAES PISTÉCO BANCA Nº 103/2024, REGISTRO 138207/2018

No dia 20 de maio de 2024, às 15:00 horas, por teleconferência, o(a) aluno(a) mencionado(a) acima defendeu seu trabalho final (apresentação oral seguida de arguição) perante uma Banca Examinadora, cujos membros estão listados abaixo. O(A) aluno(a) foi APROVADO(A) pela Banca Examinadora, por unanimidade, em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do Título de Doutora em Ciência do Sistema Terrestre, com a exigência de que o trabalho final a ser publicado deverá incorporar as correções sugeridas pela Banca Examinadora, com revisão pelo(s) orientador(es).

**Observações da banca:** Incorporar dados sobre o IBGE sobre a população da área de estudo. Mencionar a importância da área metropolitana.

**Novo Título: "ENTENDENDO AS RELAÇÕES RIO-CIDADE EM SÃO PAULO: UM ESTUDO RETROSPECTIVO DAS DINÂMICAS ENTRE O RIO TAMANDUATEI E SEU ENTORNO"**

#### Membros da Banca:

Dr. Victor Marchezini – Presidente – CEMADEN

Dr. Daniel Andrés Rodriguez – Orientador – UFRJ

Dr. Javier Tomasella – Orientador – INPE

Dr. Dalton Almeida Raphael – Membro Externo – UFRJ

Dra. Maria de Lourdes Pereira Fonseca - Membro Externo - UFABC



Documento assinado eletronicamente por **Javier Tomasella, Tecnologista**, em 21/05/2024, às 11:32 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **daniel andres rodriguez (E), Usuário Externo**, em 22/05/2024, às 14:29 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **DaltonAlmeida Raphael (E), Usuário Externo**, em 23/05/2024, às 10:27 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Victor Marchezini, Pesquisador**, em 12/06/2024, às 14:37 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maria de Lourdes pereira fonseca (E)**, **Usuário Externo**, em 13/06/2024, às 12:00 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.mcti.gov.br/verifica.html>, informando o código verificador **11967494** e o código CRC **55DF27E3**.

---

Referência: Processo nº 01340.004126/2024-41

SEI nº 11967494

*“O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria se aprende é com a vida e com os humildes”.*

*Cora Coralina*





*Ao meu pai, minha inspiração, minha melhor lição sobre batalhas, meu melhor amigo.*



## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e a Pós-graduação em Ciência do Sistema Terrestre (CST), pela oportunidade e apoio na realização deste doutorado.

À CAPES pelo apoio e fomento para o estudo no INPE.

A todos os venerados professores desta instituição, cuja generosidade no ato de ensinar foi o alicerce para o conhecimento que tornou possível a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento. Um reconhecimento especial é dirigido ao Professor Victor Marchezini, cujas aulas representaram uma oportunidade ímpar de aprendizado. Sob sua orientação, apreendi o inestimável valor de conectar-se aos desafios desde a perspectiva social. Graças à sua sabedoria, o meu olhar técnico, tão característico das ciências exatas, foi enriquecido e iluminado, revelando novas perspectivas e significados nesta trajetória.

Ao professor Dr. Donato Nobre e Dr. Kléber Nacaratto, pela orientação para a formulação do projeto Gaia em Jogo.

À Ângela Harada e Mariana Santos, pelo carinho, gentileza e cuidado na assistência com os processos administrativos do curso.

Aos amigos fieis que me ofereceram apoio e força nos momentos mais delicados da minha história.

À minha pequena família por todo o amor do mundo compartilhado a cada instante.

Após expressar minha gratidão por tudo aquilo que as palavras conseguem abranger, vejo-me compelida a reconhecer também aquelas dívidas de gratidão que transcendem a linguagem, cujo valor é simplesmente impagável.

Com gratidão indelével, dirijo-me aos meus orientadores, Dr. Daniel Andrés Rodriguez e Dr. Javier Tomasella, pela excelência e dedicação integral na jornada deste trabalho. Este agradecimento especial é devido ao apoio incondicional nos momentos mais árduos, quando o caminho se obscureceu diante dos meus olhos. Naqueles instantes, vocês foram faróis de esperança, iluminando não só a minha mente, mas também protegendo minha alma. As palavras falham em capturar a profundidade da minha gratidão, mas quero expressar meu sincero obrigado por nunca terem soltado minha mão!

Quero dedicar este estudo à todas as pessoas da comunidade do Rio Tamanduateí, que tive a honra de conhecer e que todos os anos se reconstrói por inteiro.

A Deus todo amor que houver nessa vida, pois cada passo meu nesta Terra, será sempre em teu nome e pela tua vontade!

## RESUMO

Ocorrências sucessivas de inundações na cidade de São Paulo têm gerado resultados catastróficos causando diversos desafios sociais em uma larga escala de tempo. A bacia do Rio Tamanduateí, foi palco do surgimento e colonização da cidade de São Paulo. Características da evolução da cidade, denotam tratar-se de uma sociedade que se desenvolveu tendendo ao viés tecnológico, em se tratando de respostas a eventos de inundação, resolvendo seus problemas através de estruturas de sistemas de proteção ao longo da história, objetivando a utilização de importantes áreas de planícies de inundação para se estabelecer. Neste sentido, através de tentativas constantes de moldar o sistema fluvial ao assentamento humano, toliu o rio de suas características meândricas naturais, o que levou a complexas interações e respostas entre processos sociais e hidrológicos. A complexidade dos sistemas na cidade de São Paulo, se encontra na interação que combina dados quantitativos da hidrologia com dados qualitativos sociais, gerando uma dinâmica acoplada através do tempo. A sociedade ao longo dos anos respondeu com ações de regulação e controle do rio, contribuindo para o reforço ou o balanço de processos catastróficos de inundação. Essas dinâmicas de resposta consideram interações através de efeitos de macro escala específicos, tais como, “efeito dique”, “efeito reservatório”, “efeito vivendo com inundações”, “efeito adaptação”, “efeito mudança de valores”, “efeito chamada”, “efeito colapso do sistema”, “efeito paradoxo do desenvolvimento seguro”, “efeito bloqueio” e ainda “efeito guerra de diques”. Este estudo emprega uma abordagem interdisciplinar para elucidar os processos sócio-hidrológicos na bacia do Tamanduateí. A investigação iniciou com uma pesquisa historiográfica detalhada, georreferenciando e contextualizando dados históricos para identificar variáveis influentes e fenômenos sistêmicos. Adotamos o ambiente de acoplamento GIS como ferramenta de análise espacial, integrando dados sociais e geográficos para examinar padrões em macro escala e dinâmicas sociais emergentes. A teoria de sistemas serviu como base teórica, orientando a integração e interpretação de dados. O estudo propõe um modelo dinâmico de interação humano-água, utilizando modelos conceituais e espaciais integrados. Como resultado final deste estudo, obteve-se relevantes contribuições para o entendimento das variáveis analisadas e interadas aos processos complexos da bacia, trazendo resultados de análise sistêmica contundentes que traduzem perspectivas das duas principais disciplinas, social e hidrológica na bacia do Tamanduateí e ao longo do tempo, O estudo alcança ampliar o ferramental de análises para compreensão de fenômenos complexos servindo à futuro suporte a decisão.

Palavras-chave: Sócio-hidrologia histórica; Interações humano-inundações; Dinâmicas acopladas.



# **UNDERSTANDING THE RIVER-CITY RELATIONSHIPS IN SÃO PAULO: A RETROSPECTIVE STUDY OF THE DYNAMICS BETWEEN THE TAMANDUATEÍ RIVER AND ITS ENVIRONS**

## **ABSTRACT**

Successive occurrences of flooding in the city of São Paulo have led to catastrophic outcomes, posing various social challenges over a broad timescale. The Tamanduateí River basin has been the cradle of the emergence and colonization of the city of São Paulo. The city's evolution characteristics denote a society that has developed with a technological bias in terms of responses to flooding events, addressing its problems through protective system structures throughout history, aiming to utilize significant floodplain areas for settlement. In this context, through constant attempts to mold the river system to human settlement, the river was stripped of its natural meandering characteristics, leading to complex interactions and responses between social and hydrological processes. The complexity of the systems in the city of São Paulo lies in the interaction that combines quantitative hydrological data with qualitative social data, generating a coupled dynamic over time. Society has responded over the years with river regulation and control actions, contributing to the reinforcement or balance of catastrophic flood processes. These response dynamics consider interactions through specific macro-scale effects, such as the "levee effect," "reservoir effect," "living with floods effect," "adaptation effect," "value change effect," "call effect," "system collapse effect," "safe development paradox effect," "blockage effect," and even the "dike wars effect." This study employs an interdisciplinary approach to elucidate the socio-hydrological processes in the Tamanduateí basin. The investigation began with a detailed historiographic research, georeferencing and contextualizing historical data to identify influential variables and systemic phenomena. We adopted the GIS coupling environment as a tool for spatial analysis, integrating social and geographical data to examine patterns on a macro scale and emerging social dynamics. Systems theory served as the theoretical foundation, guiding the integration and interpretation of data. The study proposes a dynamic model of human-water interaction, using integrated conceptual and spatial models. As a final result of this study, significant contributions were obtained for the understanding of the analyzed variables integrated into the complex processes of the basin, bringing compelling systemic analysis results that translate perspectives from the two main disciplines, social and hydrological in the Tamanduateí basin and over time. The study succeeds in expanding the analytical tools for understanding complex phenomena, serving as future support for decision-making.

Keywords: Historical socio-hydrology; Human-flood interactions; Coupled dynamics.





## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 2.1:Processos dinâmicos. ....	21
Figura 2.2:Memória de longo prazo relacionada a eventos de desastres.....	24
Figura 2.3:Modelagem simplificada.....	29
Figura 2.4:Dinâmica de sistema. ....	32
Figura 2.5:Variabilidade temporal dos processos do sistema sócio-hidrológico. ....	33
Figura 3.1:Fluxograma do desenvolvimento metodológico em nove passos.....	39
Figura 3.2:Recorte da área de estudo – Bacia do Tamanduateí.....	40
Figura 3.3:Características Geológicas de Relevô, Fisiográficas e Hidrográficas.....	41
Figura 3.4:Série histórica de chuvas do período (médias mensais).....	42
Figura 3.5:Conjunto de dados Espaço-temporais utilizados na pesquisa.....	44
Figura 3.6:Bairros Entrevistas. ....	47
Figura 4.1:Expansão do traçado urbano primeiro da Vila de São Paulo de Piratininga a (1600), b (1600), c (1650), d (1700).....	57
Figura 4.2:(a) Ladeira do Carmo, (b) Rio Tamanduateí em paralelo a Rua 25 de Março e ao fundo o mosteiro de São Bento.....	63
Figura 4.3:Ilustração de Ângelo Agostini. ....	65
Figura 4.4:Expansão Urbana Histórica (Serie 1554-2020). ....	67
Figura 4.5:Inundação da Várzea do Carmo. ....	70
Figura 4.6:Expansão do assentamento no interflúvio berço da cidade de São Paulo à esquerda o Rio Anhangabaú e à direita o Rio Tamanduateí (Recorte do mapa original). ....	71

Figura 4.7:Retificação do Rio Tamanduateí 1848 a 1914. ....	73
Figura 4.8:Obras de canalização trecho Tamanduateí, presença da Diretoria de Obras Públicas no local (1910). ....	76
Figura 4.9:Seção Longitudinal do Rio Tamanduateí. Esta seção retrata a elevação do leito do rio e as alturas dos aterros realizados ao longo dos anos, destacados em marrom....	77
Figura 4.10:(a), (b) Vila economizadora. ....	78
Figura 4.11:(a) Rua Rodolfo Miranda, (b) Rua Cantareira. ....	79
Figura 4.12:Marco geodésico do nível da enchente de 1929. ....	80
Figura 4.13:Reconstrução Histórica das Seções Transversais Tipo (Alterações do Canal do Rio Tamanduateí). ....	81
Figura 4.14:Inundações na Região Central da Cidade (a) (b). ....	83
Figura 4.15:Inundação na região do Mercado Municipal.....	84
Figura 4.16:Inundação Centro da Cidade de São Paulo. ....	85
Figura 4.17:Inundação Rua do Gasômetro. ....	86
Figura 4.18:Inundação na área central da cidade. ....	86
Figura 4.19:Inundação Avenida do Estado (a); inundação no centro da cidade de São Paulo (b). ....	88
Figura 4.20:Inundação nas proximidades do Rio Tamanduateí .....	89
Figura 4.21:Inundação rio Tamanduateí, Viaduto Grande São Paulo. ....	90
Figura 4.22:Estação de metrô Tamanduateí. ....	92
Figura 4.23:Evolução Demográfica da Cidade de São Paulo.....	94
Figura 4.24:Produto Interno Bruto Cidade de São Paulo (PIB). ....	96
Figura 4.25:Mapeamento da Expansão de Área de Assentamento Humano em Planícies de Inundação.....	99

Figura 4.26:Mapeamento da Expansão de Área de Assentamento Humano em Planícies de Inundação.....	101
Figura 4.27:Meses com Eventos de Inundação. ....	101
Figura 4.28:Níveis de proteção contra inundações adotado.....	102
Figura 4.29:Análise das seções transversais Rio Tamanduateí (1554-2024). ....	104
Figura 4.30:Sistemas de proteção contra inundação - Reservatórios de Detenção. ....	105
Figura 4.31:Principais ruas afetadas por eventos hidrológicos no recorte. ....	105
Figura 4.32:Respostas nos Diagramas de Ciclos Causais de processos sócio-hidrológicos em interações ao longo de 4 séculos. Períodos de análise, a. Ciclo do Caminho Natural (1500-1700), b. Ciclo de Nova Ordenação (1700-1800), c. Ciclo de Grandes Intervenções (1800-1900), d. Ciclo de Colapso (1900-2000). O diagrama de laço mostra interações que distinguem interações de grande potencial (setas com linhas mais grossas) de interações de menor potencial (setas com linhas mais finas), processos de atraso temporal (setas com linhas duplas) também são indicados. O sistema apresenta condições de equilíbrio ou neutralidade (-) e condições de reforço (+) e também indica movimento com setas em diferentes posições (sentido horário ou anti-horário).....	107
Figura 4.33:Diagrama Perceptivo de Laços Causais em Escala Individual. ....	111
Figura 4.34:Resultados Variáveis das Percepções Sociais.....	113
Figura 4.35:Gráfico de análise de scatter plot ( $R^2$ ). ....	117
Figura 4.36:Memória episódica - Respostas sociais na bacia .....	119
Figura 4.37:Percepção individual de risco - Respostas sociais na Bacia .....	121
Figura 4.38:Exposição anterior à eventos (experiência) - Respostas sociais na Bacia.	122
Figura 4.39:Adoção de estratégias de adaptação individual - Respostas sociais na Bacia. ....	125
Figura 4.40:Plano de evacuação - Respostas sociais na Bacia .....	126
Figura 4.41:Evacuação efetiva do local - Respostas sociais na Bacia.....	128

Figura 4.42:Exposição anterior relacionada a memória episódica- Respostas sociais na Bacia. ....	131
Figura 4.43:Prevalência de efeitos no sistema sócio-hidrológico. ....	138
Figura 4.44:Exemplo de mal-adaptação privada adotada na bacia do Rio Tamanduateí. ....	141
Figura 4.45:Adaptações Privadas Sistemas de Comportas.....	183
Figura 4.46:Adaptações Privadas – Elevação de Peitoril e Elevação do Primeiro Pavimento. ....	183

## LISTA DE QUADROS

	<u>Pág.</u>
Quadro 2.1:Paradigmas da pesquisa sócio-hidrológica.....	11
Quadro 3.1:Percepção Individual do Entrevistado.....	50
Quadro 4.1:Atuação do poder público no município (1890-1930). ....	72
Quadro 4.2:Epidemias na cidade de São Paulo entre séc. XIX e XX. ....	74
Quadro 4.3:Soluções Estruturais e os Paradigmas Históricos.....	134
Quadro 9.1:Disponibilidade de dados históricos.....	176
Quadro 9.2:Disponibilidade de dados históricos.....	177



## LISTA DE TABELAS

	<b><u>Pág.</u></b>
Tabela 3.1:Estação E3-036 - DAEE. ....	42
Tabela 3.2:Estatísticas descritivas - DAEE série histórica (1888-2014).....	43
Tabela 3.3:Número de entrevistas por bairro. ....	49
Tabela 3.4:Análises sociais de percepção individual. ....	52
Tabela 4.1:Obras de Aterrados em Áreas de Planície de Inundação.....	68





## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agencia Nacional de Águas
APESP	Arquivo Público do Estado de São Paulo
DEM	Digital Elevation Model
DLC	Diagrama de Laços Causais (traduzido do inglês CLD: Casual Loop Diagrams)
GIS	Geographical Information System (Sistema de Informações Geográficas)
IAHS	International Associations of Hydrological Science
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC	Painel Intergovernamental para a Mudança de Clima (traduzido do inglês - Intergovernmental Panel on Climate Change)
ONU	Organizações das Nações Unidas
PDMAT	Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê
RAE	Repartição de Águas e Esgotos
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SESP	Secretaria do Estado De São Paulo
SPR	São Paulo Railway
UNISDR	United Nations International Strategy for Disaster Reduction
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul (traduzido do inglês SACZ - South Atlantic Convergence Zone)



## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivo .....	5
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>7</b>
2.1. Fundamentos de sistemas sócio-hidrológicos .....	7
2.2. Processos co-evolutivos nos sistemas sócio-hidrológicos associados a eventos de inundações .....	15
2.3. Padrões complexos de comportamento social observados.....	16
2.4. Culturas de gestão do risco.....	19
2.4.1. Percepção de risco e preparo .....	19
2.4.2. Consciência do risco no debate sócio-hidrológico .....	21
2.4.3. Estratégias de adaptação da comunidade .....	22
2.4.4. Memória coletiva episódica.....	23
2.4.5. O choque psicológico no pós-evento de inundação .....	25
2.5. Fatores políticos, valores e sensibilidade socioambiental .....	26
2.6. Armadilhas do desenvolvimento socioeconômico e interações humanas-inundações .....	27
2.7. Modelagem sócio-hidrológica conceitual e padrões emergentes .....	28
2.8. Dinâmicas de sistema aplicada a modelos perceptivos de interação.....	30
2.9. Variabilidade temporal dos processos acoplados e escalas de análise sócio-hidrológica.....	32
2.10. Desafios de abordagem na sócio-hidrologia e perspectivas futuras.....	34
2.11. Sócio-hidrologia no contexto da tomada de decisão. ....	36

<b>3</b>	<b>DADOS E MÉTODO .....</b>	<b>39</b>
3.1.	Área de estudo .....	40
3.2.	Pesquisa e análise historiográfica.....	44
3.2.1.	Pesquisa hemerográfica.....	44
3.3.	Mapeamento e processamento de dados espaciais .....	45
3.4.	Coleta de dados sociais.....	46
3.4.1.	Espacialização de dados sociais .....	50
3.5.	Caracterização das interações sócio-hidrológicas .....	52
3.5.1.	Análise de interações acopladas .....	53
3.5.2.	Identificação de padrões típicos e emergentes na bacia .....	55
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>56</b>
4.1.	Historiografia sócio-hidrológica da bacia do Rio Tamanduateí.....	56
4.1.1.	Análises iniciais de fatores sócio-hidrológicos presentes no sistema .....	92
4.2.	Análise das interações sócio-hidrológicas.....	106
4.2.1.	Interações sócio-hidrológicas acopladas .....	106
4.3.	Análise sócio-hidrológica do comportamento de respostas sistêmicas humano-inundação.....	109
4.3.1.	Análises de interações e respostas sociais.....	110
4.3.2.	Análises de interações entre variáveis.....	112
4.3.3.	Análises de interações sócio-hidrológicas por agrupamento .....	119
4.4.	Efeitos sistêmicos típicos e emergentes na bacia do Rio Tamanduateí. ....	132
4.5.	Da Sócio-hidrologia à futuras estratégias de intervenção .....	139
4.5.1.	Lacunas observáveis no contexto da bacia do Rio Tamanduateí. ....	140
4.6.	O paradigma das lições não aprendidas .....	142
4.6.1.	São Paulo, 470 anos “dobrando apostas”. .....	143

4.6.2. Do efeito bloqueio ao ponto de inflexão .....	144
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	<b>146</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>150</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>157</b>
<b>GLOSSÁRIO .....</b>	<b>172</b>
<b>APÊNDICE A – DOCUMENTAÇÃO HISTORIOGRÁFICA.....</b>	<b>174</b>
A.1. Índice cartográfico.....	174
A.2 Disponibilidade de dados .....	176
A.3 Índice hemerográfico.....	177
A.3.1 Listagem dos principais periódicos consultados durante as análises. ....	177
<b>APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO.....</b>	<b>180</b>
B.1 Questionário da entrevista com residentes locais.....	180
B.2 Fotos da área de estudo .....	182
B.2.1 Adaptações privadas.....	182
<b>ANEXO A – DADOS DA COLETA .....</b>	<b>183</b>
<b>ANEXO B – PARECER N° 631/83 (TRECHO PROPOSTAS) .....</b>	<b>185</b>
<b>ANEXO C – OUTROS REGISTROS HISTÓRIOGRÁFICOS .....</b>	<b>187</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Reflexões contemporâneas sobre a modelagem em hidrologia, que datam desde os trabalhos pioneiros de Dooge (1973, 1986), destacam a necessidade de transição de abordagens mecanicistas para sistêmicas, incorporando o comportamento adaptativo humano (SRINIVASAN et al., 2012, 2013). Diante deste panorama, em apoio ao desenvolvimento sustentável e com o objetivo prático de alcançar uma interpretação melhorada dos processos que governam o ciclo da água, fora instituída pela Associação Internacional de Ciências Hidrológicas (do inglês, “*International Association of Hydrological Sciences- IAHS*”), uma nova década científica (2013-2022), denominada *Panta Rhei – Tudo Flui* (do inglês, “*Panta Rhei – Everything Flows*”), incentivando a colaboração profunda entre cientistas, engenheiros e gestores, que deverão acrescer novos questionamentos e novos métodos de pesquisa, considerando as dinâmicas de sistemas humanos em constantes mudanças (WESTERBERG et al., 2017; MOUNT, 2016; MONTANARI, 2013, MONTANARI et al., 2015).

Estando as principais causas dos impactos nos sistemas hidrológico relacionadas aos seres humanos (VAHMANI; HOGUE, 2014; TROY et al., 2015; EVERS et al., 2017), essa nova década reconhece a urgência da pesquisa hidrológica no caminho da compreensão e previsão das interações entre sociedade e água (SIVAPALAN et al., 2012; SIVAPALAN et al., 2014; GOBER; WEATHER, 2014; ELSHAFEI et al., 2014; MCMILLAN et al., 2016).

Padrões de comportamento social em conjunto com o desenvolvimento econômico e o direcionamento de políticas públicas, irão moldar os processos de interação humano-água, definindo a forma como a sociedade promove seus assentamentos humanos, invadindo ou não áreas de inundação e revelando como ela lida com seus rios em eventos de cheia. Como estes padrões de comportamento conformam processos complexos, Sivapalan et al. (2012), salientam que a compreensão deles deve incluir sua co-evolução no tempo e identificar padrões emergentes ao longo do período de análise.

A dinâmica complexa das interações mútuas entre os processos sociais e hidrológicos tem desafiado as abordagens convencionais, que se baseiam em causalidade linear e não conseguem capturar a essência dessas relações (DI BALDASSARRE et al., 2018; GOBER; WHEATER, 2015). Consequentemente, a sócio-hidrologia surge como um

novo paradigma, propondo um entendimento aprofundado da co-evolução entre sociedade e sistemas hídricos, contemplando as variáveis sócio-hidrológicas acopladas (SIVAPALAN, 2006; MONTANARI et al., 2013; THOMPSON ET AL., 2013; GUPTA; NEARING, 2014; DÖRING, 2024).

O acoplamento bidirecional co-evolutivo, de fatores sociais e de sistemas hidrológicos, amplia os fundamentos da ciência hidrológica (SIVAPALAN et al., 2012), assim como, a capacidade da sócio-hidrologia em redefinir interações de componentes dentro do sistema hidrológico amplia a compreensão das mudanças ocorridas no passado, antecipando futuras mudanças nos riscos de inundação (DI BALDASSARRE et al., 2015).

A transformação das planícies de inundação ao longo do rio Tamanduateí devido à urbanização, impulsionada por políticas públicas que favorecem o desenvolvimento nessas regiões, exemplifica o conceito do "efeito dique" (WHITE, 1945) e do paradoxo do "desenvolvimento seguro" (BURBY, 2006). Esse fenômeno acarreta efeitos contraditórios, uma vez que impulsiona o crescimento econômico, mas ao mesmo tempo aumenta a vulnerabilidade a inundações catastróficas (BARENDRECHT et al., 2017; CIULLO et al., 2017; HAER et al., 2020), da mesma forma atua o chamado “efeito reservatório” descrito por Ridolfi et al. (2019)

A ocupação desordenada e a falsa sensação de segurança contribuem para intensificar a exposição ao risco e a resistência à mudança, resultando em “efeito bloqueio”, ou seja, um estado de "aprisionamento" no sistema (NORTON et al., 1998; SIVAPALAN; BLOSCHL, 2015), tornando difícil retornar a um estado mais ideal.

Para compreender a evolução e as interações das crises hidrológicas sucessivas, o presente estudo adota a abordagem da Dinâmica de Sistemas, desenvolvida por Forrester (1958, 1969, 2007), para construir modelos conceituais que descrevem a interação co-evolutiva dentro do sistema sócio-hidrológico. Essa metodologia possibilita uma análise aprofundada das relações de causa e efeito e da estrutura de retroalimentação (FORRESTER, 1993), elementos fundamentais para o planejamento e a governança dos assentamentos humanos no que se refere a ocupação do solo e ao controle de inundações (DI BALDASSARRE et al., 2013a, b).

A pesquisa permitiu desvendar os padrões complexos que regem a dinâmica das inundações e do desenvolvimento urbano nas planícies de inundação do rio Tamandateí, utilizando a Dinâmica de Sistemas como ferramenta para analisar criticamente as interações entre os fatores sociais e hidrológicos, assim como outros ferramentais de análise GIS. Ao adotar essa abordagem, é possível identificar os pontos de alavancagem para intervenções estratégicas que permitam mitigar os impactos das inundações e promover um desenvolvimento mais sustentável e resiliente nas áreas de várzea urbanizadas.

A grande peculiaridade do processo brasileiro em comparação à demais países capitalistas em um mesmo período, foi a velocidade do processo de urbanização, em que, analisando apenas a segunda metade do século XX, a população urbana passou de 19 milhões para 138 milhões de habitantes (BRITO, 2006; BRITO; SOUZA, 2006). Esta expansão urbana e suas intervenções hidráulicas possuem conexões diretas com eventos de inundações e desafiam as comunidades ao longo da história a solucioná-los através do enfrentamento do risco (VIGLIONE et al., 2014, 2015).

Entre os países em desenvolvimento, o Brasil é um dos mais urbanizados do mundo. No entanto a ocupação urbana ocorreu sem o devido cuidado (DE LIMA; RUEDA, 2018), resultando em grandes aglomerados urbanos com um caminho marcado por soluções inadequadas (TUCCI, 2001). Sendo uma grande parte do Brasil um país de características tropicais, ele está sujeito a chuvas abundantes e de alta intensidade o que se traduz em uma frequência de cheias comparativamente maior que muitos países de clima temperado.

O Brasil possui um singular problema com eventos de inundação (EM-DAT, 2018), em que algumas questões na trajetória de seu desenvolvimento levaram este panorama de desastres. De acordo com Brollo et al. (2010), este processo histórico de ocupação territorial, sem o devido direcionamento, eleva o número de eventos de inundação e expõem a população a inúmeras situações de risco.

Dentro deste panorama nacional, a região Metropolitana de São Paulo segue com alta concentração de eventos de inundações, que são problemas dentro de uma contradição: quanto mais intervenções humanas no sentido de solucionar o problema de inundações são realizadas, mais o problema persiste e se amplia (CUSTÓDIO; MORAES, 2002).



A cidade de São Paulo direcionou seus esforços ao longo do tempo a intervenções com abordagem hidrológica higienista (TUCCI, 2001, 2003, 2004, 2007). Particularidades no processo de ocupação do espaço urbano, em conjunto com a supremacia das decisões de agentes sociais, políticos e de setores econômicos, ao longo do tempo, foram impulsionando aproximações e intervenções diversas nos corpos d'água. A cidade de São Paulo sempre conheceu os transbordamentos de seus rios (JORGE, 2011, 2012), sendo as subidas das águas fontes reveladoras de diferentes dinâmicas da evolução urbana da cidade.

Considerando o contexto temporal e espacial específico a análise das interações entre a população e as inundações ao longo da história da cidade, com enfoque na Bacia do Rio Tamanduateí, revela que o aumento da densidade urbana e as intervenções realizadas no rio e em suas áreas de várzea têm resultado em uma ocupação humana desordenada e no agravamento dos riscos para a comunidade. Ao longo do tempo o impacto dos eventos de cheias foram se ampliando dentro da Bacia do Rio Tamanduateí, na cidade de São Paulo. Diante deste cenário, torna-se essencial a compreensão das dinâmicas de interações rio-cidade em eventos de inundação ao longo da história.

A captura de processos históricos, ocorridos em larga escala de tempo, servirão ao propósito da construção prospectiva de trajetórias alternativas para interações homem-inundações neste estudo, em que o aprofundamento histórico das interações entre o rio e a sociedade, que compõem este proceder científico, possa contribuir para o esclarecimento destas questões recorrentes em eventos de inundações na RMSP.

Levando em conta os prejuízos sociais e financeiros causados pelas frequentes cheias na cidade, é evidente que propor alternativas de desenvolvimento mais harmônico com o meio ambiente não deve ser tratada como uma tentativa de impor uma visão meramente ecológica. Este conhecimento é fundamental para identificar possíveis trajetórias futuras baseadas na implementação de políticas públicas, que fortaleçam práticas sociais e conduzam ao desenvolvimento sustentável da metrópole.

A análise sócio-hidrológica histórica da cidade de São Paulo, a 4ª cidade mais populosa do mundo, revela um complexo intercâmbio entre o homem e os sistemas fluviais, especialmente evidente na Bacia do Rio Tamanduateí. Através dos séculos, a cidade experimentou enchentes catastróficas que, além de moldarem seu desenvolvimento

urbano, desencadearam confrontos sociais e mudanças paradigmáticas nas ciências hidrológicas.

Neste contexto a investigação buscou responder às seguintes perguntas:

- a) Quais fatores sócio-hidrológicos estão associados ao reforço dos problemas de inundações recorrentes na Bacia do Rio Tamanduateí.
- b) Investigar as interações desses fatores ao longo do tempo, dentro deste sistema complexo, analisando como influenciaram mutuamente e historicamente a frequência e intensidade das inundações na Bacia do Rio Tamanduateí.
- c) Como a análise das interações, sendo conduzida para dentro do espaço geográfico, pode aprimorar a compreensão dos processos sócio-hidrológicos neste sistema complexo de acoplamento homem-inundação na Bacia do Rio Tamanduateí?

Apresenta-se a seguir, os princípios que fundamentam e delinham a pesquisa nas seções de revisão da literatura, buscando singularidade e precisão na explanação antes de conectá-los no estudo de caso da presente investigação.

### **1.1. Objetivo**

Neste trabalho são abordadas as relações rio-cidade no centro de São Paulo, especificamente na Bacia do Rio Tamanduateí, identificando e entendendo os principais condutores desses processos desde uma perspectiva sócio-hidrológica histórica, embasando a demonstração das dinâmicas de interações acopladas aos processos de inundação na bacia. Para atingir esse objetivo foram analisados historicamente forçantes que impulsionaram e conduziram a região do Centro histórico da cidade de São Paulo, especificamente no que compete à Bacia do Rio Tamanduateí, ao cenário de desastres hidrológicas atual. O estudo foi conduzido através da reconstrução histórica, utilizando-se de dados desde o surgimento da cidade até a atualidade e interagindo em ambiente GIS de análise espacial. Para atingir o objetivo de consecução deste, pautam este estudo:

- a) Compreender as variáveis que compõem o sistema sócio-hidrológico no âmbito das inundações urbanas no contexto do Rio Tamanduateí desde o surgimento da cidade;

- b) Classificar as variáveis do sistema sócio-hidrológico, para a correta definição na escala temporal co-evolutiva, considerando processos lentos e rápidos no contexto da cidade de São Paulo;
- c) Integrar através de acoplamento co-evolutivo as forçantes sócio-hidrológicas;
- d) Capturar novos fenômenos em diferentes escalas de análise, específicos do recorte escolhido, através de dinâmicas de respostas sócio-hidrológicas sistêmicas históricas;
- e) Examinar as respostas perceptivas das comunidades locais frente às inundações, incluindo estratégias adotadas e suas interações sistêmicas;
- f) Identificar pontos críticos no sistema de interações, que o reforcem negativamente a retroalimentação e impeçam ou atrasem sua evolução rumo à um caminho mais sustentável.

O texto deste estudo segue estruturado inicialmente por capítulos que se dedicam a fundamentar o embasamento teórico. No decorrer do texto, determinam-se, os componentes que deverão ser explorados dentro desta dinâmica de respostas e a seguir, metodologia, resultados alcançados, conclusões finais deste documento.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este capítulo se propõe a embasar o arcabouço teórico em que se sustenta a sócio-hidrologia, e apresentar o estado-da-arte, evidenciando questões já estudadas pela emergente disciplina da hidrologia, sendo a linha condutora da análise aspectos de ajustes humanos a processos de inundação. Na sequência explicita conceitos estruturais do arcabouço teórico disciplinar que serão de importância e destaque desta análise.

### **2.1. Fundamentos de sistemas sócio-hidrológicos**

A água está no cerne dos desafios relacionados à sustentabilidade e dentre os mais difíceis enfrentados pela humanidade no Antropoceno (SIVAPALAN et al., 2014). Desde as primeiras civilizações registradas, seres humanos se instalam em áreas de planície de inundação, tendo, riscos de inundação, prejuízos e mortes, aumentados drasticamente nos últimos anos, por conta do crescimento da população mundial (DI BALDASSARRE et al., 2013a). O papel dos rios como corredores de transporte juntamente com a fertilidade das áreas adjacentes, estabeleceu ao longo da história, condicionantes para os assentamentos humanos ao longo dos cursos d'água (HAUGHEY, 2009). O sistema hídrico é compreendido como fonte de valor econômico essencial à sobrevivência e desenvolvimento de seres vivos (KOBAYAMA et al., 2008), possuindo um importante papel nas mudanças sociais e ambientais (MAASS et al., 1962; WESCOAT, 2013; WESCOAT et al., 2018; SIVAPALAN et al., 2014).

Condições hidrológicas impactam de forma significativa a sociedade, nas escalas, local, regional e global (XU et al., 2018). As ações humanas atuam de maneira surpreendente e imprevisível, gerando um conjunto de desafios na gestão da água (SIVAPALAN, 2014). Apesar dessas restrições, os assentamentos humanos em planícies de inundação persistem e vêm sendo ameaçados pelo risco de inundações (DI BALDASSARRE et al., 2013b), não existindo segurança absoluta para pessoas que vivem nessas condições (KUNDZEWICZ, 1999, 2015).

Mudanças no sistema hidrológico e de ocupação do solo, são impulsionadas pelo sistema socioeconômico, e contribuem para o aumento significativo da exposição da população aos riscos hidrológicos (KUNDZEWICZ, 2015). Considerando a crescente invasão humana a planícies de inundação, eleva-se consideravelmente o potencial de danos, ainda

mais no contexto de futuras projeções de aumento de temperatura concomitante com alterações nos regimes de chuva (IPCC, 2021). Os efeitos negativo das mudanças climáticas, assim como, do desenvolvimento urbano sem o devido cuidado, desempenham forças motrizes na deflagração de inundações urbanas, instigando pontos de inflexão e intensificando riscos (AHMED et al., 2018).

Perdas econômicas e fatalidades causadas por inundações tem aumentado em diversas regiões do mundo nas últimas décadas (UNISDR, 2016), sendo estas consideradas o terceiro risco natural mais prejudicial a nível global (LOUCKS, 2015). Na construção de relações entre urbanização de grandes aglomerações e inundações, tem-se ampliado as discussões em termos dos impactos no desenvolvimento econômico que afetam de forma contundente a produção e renda das grandes cidades (TUCCI, 2001, 2003, 2004; HADDAD, 2013).

Diante deste quadro de perdas econômicas e considerando a expansão populacional exponencial, aumentou-se a pressão sobre os sistemas naturais, no sentido de atender as necessidades desta população nos centros urbanos. Assim, o homem exerceu controle sobre a água, intervindo tão intensamente em muitos lugares, que cursos d'água foram sendo completamente remodelados pelo ser humano, perdendo por completo suas características naturais (POSTEL, 2011; BLAIR; BUYTAERT, 2016). A expansão urbana, ocorreu de forma desordenada e acelerada, principalmente em áreas de planícies de inundação sujeitas a uma alta frequência de inundações (TUCCI, 2001, 2007), o que ocasiona grandes prejuízos humanos e materiais para a sociedade (TUCCI, 2003).

A capacidade de restringir os rios em seus meandros através do controle humano se transformou, ao longo do tempo, em um grande conflito entre a proteção dos rios e a gestão focada na saúde humana, evidenciando que os esforços de controle a inundações, como diques e construções de barragens, levam a eventos mais severos (PAHL-WOSTL, 2006). Novas soluções têm surgido no contexto global, em que países como a Holanda, indicam novas formas de pensar a ciência hidrológica e buscam soluções mais sustentáveis e naturais, modificando paradigmas em suas cidades ao lidar com inundações, em que cedem espaço para a água, em contraste com o paradigma anterior, no qual, predominava o conceito de controle e de resistência à água (DWC, 2002). Desde a década de 70, países desenvolvidos investem em técnicas de renaturalização de seus

rios e o reestabelecimento do ciclo hidrológico, por outro lado países em desenvolvimento ainda insistem em difundir técnicas disciplinares em relação as águas em meios urbanos (GOUVEIA, 2016).

Evidências de respostas individuais e coletivas levaram a um entendimento dos seres humanos como um componente endógeno ao ciclo hidrológico. No entanto, modelos hidrológicos tradicionais não consideram na dinâmica deste, os fenômenos antropogênicos, em que os sistemas humanos e hidrológicos estão acoplados (WAGENER et al., 2010; SIVAPALAN et al., 2012).

Considerando a complexidade no entendimento das interações homem-natureza, são necessárias novas leis científicas para o desenvolvimento de estudos nas escalas de interesse (SIVAPALAN, 2006). Como resposta a esta necessidade científica surge o termo “sócio-hidrologia”, que procura elucidar estas dinâmicas, operadas em múltiplas escalas (SIVAPALAN et al., 2012).

Problemas complexos enfrentados pela sociedade em áreas urbanas densamente povoadas, devido a eventos de inundação, têm gerado discussões amplas à medida que se aproximam de pontos críticos em diversas regiões do planeta (GOBER; WHEATER, 2014), e tem impulsionado avanços na ciência hidrológica. A ideia de transição de paradigmas, passando de uma abordagem mecanicista para uma sistêmica na área da hidrologia, tem sido discutida desde os anos setenta, conforme sugerido por Dooge (1973, 1986, 1988a, 1988b, 1999). Desde então, análises significativas têm sido conduzidas até os dias atuais em relação aos modelos tradicionais em hidrologia, uma vez que estes não conseguem incorporar as respostas adaptativas dos seres humanos ao sistema hídrico (SRINIVASAN, et al., 2012, 2013, 2017).

Progressos significativos têm sido alcançados na realização de avaliações quantitativas, contribuindo para a avaliação do perigo de inundações em níveis local e global, no entanto, ainda há um extenso percurso a percorrer (DI BALDASSARRE et al., 2013a; WINSEMIUS et al., 2016). A natureza de sistemas dinâmicos complexos, como são as bacias urbanizadas, destaca a urgência de uma mudança na maneira como as disciplinas explicam as atividades humanas, exigindo, por conseguinte, que a pesquisa hidrológica as integre nesse emaranhado complexo de interações (PANDE; ERTSEN, 2014; PANDE; SIVAPALAN, 2017). Torna-se crucial, portanto, aprofundar a análise desses processos,

pois as escolhas feitas têm repercussões de longo prazo que impactam as próximas gerações (SRINIVASAN et al., 2015).

Falkenmark (1977) apontou a necessidade de maior envolvimento de cientistas sociais na avaliação de consequências sociais de projetos hídricos, nomeando esse campo de estudo como “hidro-sociologia”. Sivapalan et al. (2012) observou que não seria possível, sem tratar as atividades humanas de forma integrada ao sistema, estudar a evolução dos sistemas hídricos de novas maneiras. A sócio-hidrologia se alinha aos conceitos weberianos, que argumenta que atos culturais não podem ser reduzidos a um mero conjunto de leis (MASSUEL et al., 2018; GALEY; LENCLUD, 1991). Neste sentido e com foco nas dinâmicas do sistema, propõem-se o acoplamento das ações humanas ao sistema hídrico (Quadro 2.1), orientado por paradigmas descritos a seguir (WESSELINK et al., 2017).

O termo sócio-hidrologia ganhou força entre pesquisadores nos últimos anos, sendo lançado recentemente pela comunidade de ciências hidrológicas como direcionamento para pesquisa atual e será responsável por avançar a ciência da hidrologia (WESSELINK et al., 2017). Sendo este um campo emergente, esforços constantes para incluir dimensões humanas e aspectos sociais emergentes à abordagem sócio-hidrológica vem sendo feitos, permitindo observar, compreender e prever dinâmicas através de sistemas acoplados, expandindo seus conceitos (BALDASSARRE, 2013a; TROY et al, 2015; SIVAPALAN et al. 2012, 2014; SIVAPALAN, 2015; GOBER e WEATHER, 2014; ELSHAFEI et al., 2014; EVERS et al., 2017).

Quadro 2.1 Paradigmas da pesquisa sócio-hidroológica.

Sócio-hidrologia

Paradigmas	Positivista; pós-positivista
Ontologia	Objetivista; Holística; partes podem ser separadas; interações fornecem propriedades emergentes
Epistemologia	Objetiva
Principal Metodologia	Modelos Quantitativos
Ponto de Partida	Sistema Natural
Palavra-chave	Interação
Axiologia	(Pós) positivista; pesquisadores são e devem ser neutros

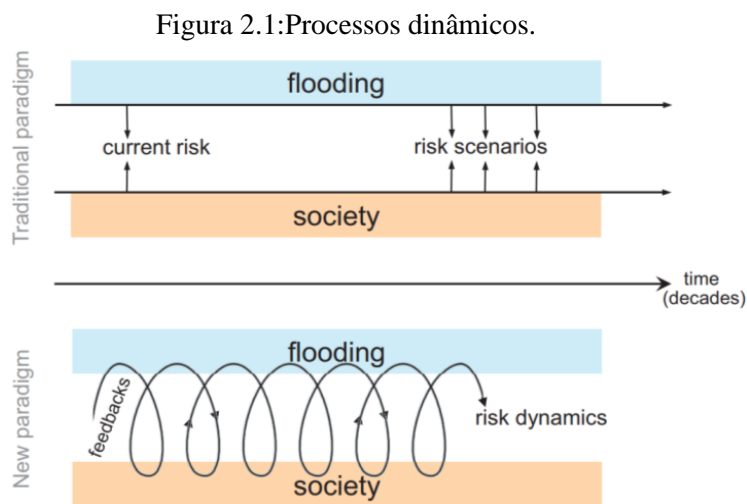
Fonte: Adaptado de Wesselink et al. (2017).

Considera-se que a modelagem sócio-hidroológica remarcou processos de modelagem anteriores, baseados em modelos de inundação estocásticos (WESSELINK, et al., 2017). Estes modelos são frequentemente utilizados para o auxílio na tomada de decisões sobre os sistemas hidroológicos (BLAIR; BUYTAERT, 2016). Pretendendo um avanço em relação aos paradigmas tradicionais anteriores de modelos de interações homem-inundações, Di Baldassarre et al (2015) descrevem uma tensão em forma dinâmica de espiral, em que, as respostas da sociedade retroalimentam a dinâmica de risco. (Figura 2.1).

Paradigmas tradicionais consideram a combinação de probabilidade de ocorrência de eventos de inundação com danos potenciais para a sociedade em uma determinada fatia de tempo, não possibilitando desta forma a inclusão de efeitos complexos (DI BALDASSARRE et al., 2015). Neste contexto os autores propõem direcionamentos para



uma nova abordagem, que possa captar a dinâmica acoplada de sistemas sociais e físicos, que emergem de respostas mútuas analisadas em comportamentos de longo prazo.



Fonte: Di Baldassarre et al. (2015).

A hidrologia se esforça atualmente em ampliar a capacidade de modelar sistemas sócio-hidrológicos complexos (MASSUEL et al., 2018) e estas novas questões, que buscam o avanço da ciência hidrológica, tem direcionado esforços na concepção de novos pontos de vista em direção a um contexto disciplinar mais amplo (MCCURLEY; JAWITZ, 2017).

Para Xu e et al (2018) faz-se necessário ampliar a conceituação da sócio-hidrologia para outros campos, como a gestão e avaliação de riscos, resiliência, governança adaptativa, trazendo ao campo novos métodos e pontos de vista, garantindo também valores locais ao estudo da dinâmica de sistema de humano-água. Conforme levantamento conduzido por Barendrecht (2017), a análise de dinâmicas sócio-hidrológicas, que incluem inundações e interações humanas, tem sido predominantemente focada em pesquisas realizadas em países do hemisfério norte, juntamente com alguns países em desenvolvimento na porção sul. Estudos de interferência humana, em sistemas naturais comprovam a relevância desta inclusão em análises hidrológicas. Para resolver estas questões centrais, sugere-se que se construa uma teoria geral unificada, incluindo respostas entre clima, uso da terra, tecnologia e sistemas sociais, através da compreensão da dinâmica de sistemas de acoplamento humano-água em grandes escalas espaciais e

temporais. (SIVAPALAN, 2006; MONTANARI et al., 2013; THOMPSON et. al., 2013; GUPTA; NEARING, 2014).

O avanço do conhecimento de sistemas sócio-hidrológicos tem sido levado adiante a partir de três linhas principais de pesquisa: (1) análise histórica; (2) análise comparativa; (3) análise processual, sendo que características importantes são encontradas nas três áreas de investigação (SIVAPALAN et al., 2012).

A análise histórica desenvolve o aprendizado através da reconstrução do passado, sendo ele distante ou imediato, compreendendo padrões de governança e tecnológicos desenvolvidos ao longo do tempo (SIVAPALAN et al., 2012). As pesquisas avançam também através da sócio-hidrologia comparativa, que objetiva a caracterização e o aprendizado através de semelhanças e diferenças entre as bacias de diferentes lugares, interpretando-os em termos subjacentes entre respostas de clima-paisagem-homem (SIVAPALAN et al., 2014). A análise processual tem seu foco em insights mais detalhados em tempo real, complementando análises temporais e espaciais. Este tipo de análise pode incluir a coleta de dados em detalhe dos processos hidrológicos e sociológicos, afim de entender funções do sistema hídrico-humano no presente e ainda desenvolver previsões futuras (SCHYMANSKI et al., 2009; SCHAEFLI et al., 2015; SIVAPALAN et al., 2012).

Wescoat et al. (2018) propõem uma abordagem geográfica, combinando a análise histórica com a comparativa. Troy et al. (2015) pontuam que a modelagem sócio-hidrológica enfrenta desafios em vários aspectos, sendo estes conceituais e práticos, ressalta ainda que diferentemente dos modelos hidrológicos tradicionais a modelagem de sistemas sócio-hidrológicos não possui até o momento conceitos fundamentais, teorias de processos ou equações isoladas que governem e orientem o desenvolvimento de modelos. Mount et al. (2016) apresentam modelagem baseada em dados implementados em comunidade, retratando adaptação e aprendizagem desta sociedade frente à problemas com inundações, sintetizando desafios aos quais a sócio-hidrologia apresenta.

O arcabouço teórico proposto por Sivapalan et al. (2014) se baseia na dinâmica de retroalimentação de três aspectos: (a) Estrutura e Dinâmica multi-escalar do sistema hídrico, esta dinâmica ocorre entre setores e subsistemas biofísicos, socioeconômico e institucional; (b) Resultados em termos de bem-estar humano, que são observáveis em

diferentes escalas e níveis; (c) Valores e normas de agentes em diferentes níveis que moldam seus objetivos e ações.

Os arcabouços utilizados nesta abordagem seguem três objetivos: (1) compreender o valor e significado da água como um recurso cultural, político e econômico, necessário a vida humana, em que explica-se explicitamente as interações biofísicas e sociais; (2) interpretar padrões multiescalares, espaço-temporais e dinâmicas de processos sócio-hidrológicos, interpretando características estruturais subjacentes dos sistemas biofísicos e humanos em suas interações; (3) interpretar, em termos de resultados relevantes para o bem estar humano, respostas sócio-hidrológicas para discernir a evolução e possíveis cenários futuros (SIVAPALAN et al., 2014).

Em ensaios iniciais, Sivapalan et al. (2012) propõem objetivos para o aprendizado da sócio-hidrologia através da compreensão do papel de crescimento, evolução e eventual colapso, que é desempenhado pela água na sociedade, identificando a evolução de padrões de governança. Considera ainda que narrativas importantes para a contextualização e modelagem de sistemas, devem ser ampliadas para o teste de hipóteses e para tanto, considera importante que a análise quantitativa que permita a validação dos modelos (SIVAPALAN et al., 2012).

A classificação das variáveis em termos de processos e escalas de unidades espaciais e temporais é fundamental. Por exemplo, os danos podem ser quantificados em termos de valores monetários, enquanto o nível de proteção em altura do dique é expresso em metros. Variáveis mensuráveis são essenciais para calibrar os parâmetros de um modelo e testá-los em comparação com dados reais. A construção de diques é considerada uma variável tecnológica, enquanto os danos são variáveis econômicas. (BARENDRECHT et al. 2017). Os autores consideram ainda que variáveis como nível de inundação e variáveis monetárias são relativamente fáceis de medir e mais acessíveis ao passo que variáveis, como conscientização de inundação e sensibilidade da comunidade são mais difíceis.

As relações entre a sociedade e o meio ambiente estão sendo examinadas em um nível de detalhe sem precedentes. Ao integrar a escala das ações humanas com o ciclo hidrológico, torna-se evidente que as decisões que afetam a água também têm impacto direto sobre as pessoas (BLAIR; BUYTAERT, 2016). O conceito de escala na análise de sistemas sócio-hidrológicos se desenvolve a partir das escolhas comportamentais humanas, as quais são

fundamentadas em valores e preferências sociais (KANDASAMY et al., 2014). Portanto, uma análise sócio-hidrológica ao longo de um determinado período deve considerar as mudanças de valores, crenças e normas sociais (DOOGE, 1973; SRINIVASAN et al., 2017).

Em um contexto histórico sobre a pesquisa ambiental, Odum (1982) destacou a existência de um ponto de tensão em pesquisas ambientais, definindo “tirania de pequenas decisões” como sendo aquelas de efeito único e de causa única, e alertando para a necessidade de uma perspectiva científica holística não reducionista, afim de evitar os efeitos cumulativos de pequenas decisões. As interações e respostas entre as ações humanas e as dinâmicas do ciclo da água, quando combinadas com a evolução de normas e valores sociais relacionados a água, são causa emergente de grandes problemas que requerem uma ampliação da ciência hidrológica em direção às perspectivas mais abrangentes das ciências sociais e naturais (SIVAPALAN, 2015). Para esta ampliação da ciência sugerida por Sivapalan (2015), torna-se necessário ampliar os debates em relação às escalas de observação do problema.

## **2.2. Processos co-evolutivos nos sistemas sócio-hidrológicos associados a eventos de inundações**

De acordo com Di Baldassare et al. (2014a), a classificação dos sistemas sócio-hidrológicos é feita em dois tipos distintos: (i) sistemas tecnológicos, que dependem de medidas estruturais de proteção, como diques, para diminuir as chances de inundações; e (ii) sistemas verdes, que não necessitam de medidas estruturais e conseguem reduzir os riscos de inundações e seus impactos. Estudos realizados por Di Baldassare et al. (2015) indicam que os sistemas verdes tendem a lidar melhor com as inundações, adaptando-se a elas e demonstrando maior resiliência em comparação com os sistemas tecnológicos.

Modelos de sociedade influenciam as estratégias de gestão de áreas inundáveis por meio de políticas públicas adotadas, afetando também a forma como as comunidades lidam com as inundações (DI BALDASSARE et al., 2015). A existência de sistemas de proteção contra inundações pode encorajar os habitantes a se estabelecerem em áreas suscetíveis a eventos de inundação, contribuindo para adaptações de uma sociedade em relação a eventos de inundação (CIULLO et al., 2017). Com base em suposições plausíveis, Di Baldassare et al. (2015) indicam que sistemas naturais tendem a ser menos impactados

pelas inundações, tornando-se mais resilientes em comparação com os sistemas tecnológicos.

Ciullo et al. (2017) evidenciam que, os sistemas tecnológicos priorizam a redução do risco de inundações por meio de estratégias economicamente mais vantajosas, em vez de focarem na minimização de perdas, que seriam características de sistemas altamente resilientes. Esses dois paradigmas sociais acabam por influenciar a definição dos sistemas de gestão de áreas sujeitas a inundações por meio das políticas públicas adotadas, impactando também a maneira como as comunidades lidam com as inundações (DI BALDASSARE et al., 2015).

Mudanças em fenômenos como “estratégias de enfrentamento” para “estratégias de proteção” observados em sistemas sócio-hidrológicos holandeses podem ser compreendidos como uma cooperação tecnológica, resultados de uma sociedade que busca combater inundações através do uso de sistemas de proteção, considerando a condição de uma economia próspera (BARENDRECHT et al., 2017).

Neste contexto, Pande e Sivapalan (2017) questionam qual a validade e em que medida o uso da tecnologia pode garantir, um futuro sustentável para o sistema. Gober e Weather (2014) exploram através de modelagem matemática a comparação de potenciais danos causados por inundações em “sociedades verdes” versus “sociedades tecnológicas”.

### **2.3. Padrões complexos de comportamento social observados**

Padrões complexos de comportamento de sociedades humanas que optam por ocupar áreas de planícies de inundação, lidam com os riscos de várias formas, sendo soluções de engenharia estrutural uma das mais proeminentes (COLLENTEUR, 2014). Estruturas de engenharia para proteção a inundações vem sendo utilizadas ao longo do tempo em zonas urbanas com diversos objetivos, em que políticas públicas que permitem e estimulam o desenvolvimento em áreas de planícies aluviais promovem um fenômeno denominado “Paradoxo do desenvolvimento seguro” (BURBY, 2006), criando um falso sentido de segurança aos potenciais ocupantes e aumentando por sua vez o potencial catastrófico de áreas perigosas para o assentamento humano (STEVENS, 2010).

O "efeito dique", descrito por White (1945), refere-se ao aumento da sensação de segurança que ocorre quando os níveis de proteção contra inundações são elevados. Isso

leva a sociedade a se aproximar mais dos corpos d'água na crença de que são locais seguros (KATES et al., 2006; DI BALDASSARRE et al., 2013 a, b; CASTELLARIN et al., 2011; VIGLIONE et al., 2014, 2015; DI BALDASSARRE, 2015).

Esse efeito tem impactos duplos na sociedade. Por um lado, estimula o crescimento econômico, mas por outro aumenta a exposição a inundações, resultando em uma maior vulnerabilidade (BARENDRECHT et al., 2017). Isso pode tornar eventos de inundação futuros extremamente catastróficos (CIULLO et al., 2017). Krause (2016) em sua pesquisa destaca que:

“A defesa contra inundações de um homem é o dilúvio de outro homem”;

E através desta afirmação entrelaça a condição de uma pessoa ou grupos que se utilizam de sistemas de defesa e que podem gerar aumento de risco em outro grupo, estando essas relações sociais e sistêmicas intimamente conectadas.

As investigações sobre as interações de longo prazo entre a população e eventos de inundação podem revelar fenômenos distintos, como o conhecido "efeito chamada". Esse fenômeno surge quando a falta de medidas governamentais adicionais para regular e desencorajar certos tipos de ocupação do solo acaba atraindo as pessoas para áreas de risco, aumentando assim a sua exposição a possíveis inundações (BARENDRECHT et al., 2017).

Por outro lado, a noção de "mudança de valores" emerge como um aspecto crucial nesse contexto. Essa mudança de valores reflete a evolução na sensibilidade da comunidade, conforme discutido por Roobavannan et al. (2018) e Barendrecht et al. (2017). Essa transformação pode resultar em modificações nas crenças, normas e até mesmo na forma como a sociedade aborda a gestão da mitigação de inundações. Krause (2016), ao analisar as interações entre inundações e relações sociais em Gloucestershire, Reino Unido, destaca a importância da mudança de valores e investiga estratégias de adaptação e proteção diante desse cenário em constante evolução.

O conceito conhecido como "impacto de adaptação" descreve a crescente consciência da sociedade após a vivência de eventos de inundação prejudiciais (CIULLO et al., 2017). A habilidade da comunidade em lidar com as inundações e seus perigos resulta da

interação complexa entre processos hidrológicos e sociais, sendo essa interação significativamente influenciada pela estratégia de gestão adotada pela sociedade, em outras palavras, pelo nível de proteção contra inundações que é almejado pela comunidade (SUNG et al., 2018).

O fenômeno conhecido como "efeito de bloqueio", conforme descrito por Norton et al. (1998), refere-se à tendência de um sistema existente persistir em vez de adotar uma alternativa mais adequada. Uma vez estabelecido, a resistência à mudança é tão forte que a preferência pelo status quo permanece inalterada, resultando em um aprisionamento no sistema (SIVAPALAN, 2015; BLÖSCHL, 2016). Na Holanda, por exemplo, os níveis de proteção adotados favoreceram a intensa urbanização das planícies de inundação, levando à necessidade de padrões de proteção excepcionalmente altos, o que gerou um efeito de bloqueio no sistema (DI BALDASSARRE et al., 2015).

Essa situação demanda investimentos significativos em infraestruturas de grande porte, o que por sua vez requer recursos contínuos para sua manutenção (DI BALDASSARRE et al., 2018). A persistência do efeito de bloqueio ao longo do tempo pode se tornar financeiramente insustentável e, além disso, as grandes infraestruturas podem contribuir para uma distribuição injusta de riscos, em que as potenciais perdas relacionadas a eventos de inundação não são equitativamente compartilhadas entre os diferentes segmentos da sociedade (MASOZERA et al., 2007; DI BALDASSARRE et al., 2013b; DI BALDASSARRE et al., 2018; FERDOUS et al., 2018), como evidenciado pelos impactos das inundações catastróficas em Nova Orleans em 2005 (KATES et al., 2006). Allan James e Singer (2008) descrevem relatos do chamado “efeito guerra de diques”, que ocorre entre localidades, distritos ou até mesmo proprietários particulares de terras. O efeito é identificado, a exemplo, quando um proprietário constrói diques maiores em sua propriedade para evitar inundações e acabam por elevar o potencial de risco de outras áreas, havendo, portanto, uma inevitável redistribuição do risco. A construção de diques a montante causa uma transferência do risco para jusante, sendo estas interações ainda mal compreendidas (VOROGUSHYN et al., 2018, DI BALDASSARRE et al., 2018).

## **2.4. Culturas de gestão do risco**

A cultura de gestão de riscos desempenha um papel crucial no processo de tomada de decisão das comunidades em relação à ocupação de áreas de planície sujeitas a inundações, sendo influenciada por diversos fatores, como aspectos econômicos, políticos e técnicos. As atitudes em relação ao risco estão diretamente ligadas ao grau de exposição que indivíduos ou sociedades estão dispostos a aceitar, o que explica as escolhas de uma comunidade ao decidir se estabelecer mais próximo ou mais distante de um rio (VIGLIONE et al., 2014).

Segundo Cameron e Shah (2012), comunidades que demonstram aversão ao risco são impactadas por crenças subjetivas que consideram a possibilidade elevada de ocorrência de inundações. Compreender as preferências das comunidades em relação ao risco é fundamental para a tomada de decisões e influencia diretamente o comportamento humano (VIGLIONE et al., 2014). Outros aspectos relacionados à cultura de gestão de riscos de uma sociedade incluem a percepção que ela tem do risco, sendo que a propensão ao risco influencia o equilíbrio entre a percepção do risco e a ação (TVERSKY; KAHNEMAN, 1992; KAHNEMAN; TVERSKY, 2013; VIGLIONE et al., 2014). Além disso, outro fator importante que molda o comportamento de uma sociedade diante do risco é o nível de consciência que ela possui sobre o mesmo (BAAN; KLIJN, 2004).

### **2.4.1. Percepção de risco e preparo**

A percepção de risco é um conceito multifacetado que desempenha um papel decisivo na maneira como os indivíduos e comunidades respondem a ameaças potenciais, como eventos de inundação. Di Baldassarre et al. (2013) ressaltam que, embora todos os membros de uma comunidade enfrentem a mesma ameaça de inundação, suas percepções de risco podem ser drasticamente diferentes, influenciadas por experiências pessoais, conhecimento e crenças. Esta percepção subjetiva está enraizada não apenas em fatores quantificáveis, mas também em aspectos culturais e psicológicos que moldam a interpretação individual dos riscos envolvidos (FUCHS et al., 2017).

Diferenciando percepção de risco de consciência de risco, o primeiro termo implica um julgamento subjetivo sobre a severidade e a probabilidade de determinados eventos, enquanto a consciência do risco está mais associada ao conhecimento ou ao entendimento cognitivo desses riscos. Wesselink et al. (2017) argumentam que a consciência de risco



pode ser informada por dados e estatísticas, mas a percepção de risco é frequentemente influenciada por fatores emocionais e experiências pessoais, o que pode levar a avaliações distorcidas da realidade. Fuchs et al. (2017), investigou a relação entre experiências passadas de inundações e a percepção de risco em comunidades afetadas. Os resultados mostraram que os residentes que tinham memórias vívidas de inundação estavam mais propensos a reconhecer a gravidade do risco de inundação e a adotar medidas preventivas, como aquisição de seguro contra inundações, elevação de móveis e desenvolvimento de planos de evacuação. Viglione et al. (2019), destacou as relações diretas entre a percepção de risco, a preparação e as consequências da não observação das mesmas pelos gestores durante a formulação de políticas públicas.

Adicionalmente, Mondino et al. (2020) exploram como as experiências passadas, como viver uma inundação, impactam diretamente na percepção do risco e preparo, em que essas experiências resultam em uma maior sensibilidade e uma percepção de risco aumentada, enquanto para outros, a falta de eventos adversos recentes pode levar a uma sensação de imunidade e, conseqüentemente, a uma percepção de risco e preparo diminuídos.

Scolobig et al. (2012) trazem à tona a complexidade do risco percebido ao discutir que, em uma comunidade, há uma variação significativa de percepções. Há indivíduos que podem subestimar os riscos devido a uma crença na eficácia das medidas de proteção, enquanto outros podem superestimar o risco devido a uma memória marcante de eventos passados. Essa disparidade na percepção de risco dentro de uma mesma comunidade pode representar um desafio para a implementação de políticas de gestão de riscos eficazes.

Por fim, a análise das interações entre seres humanos e eventos de inundação deve considerar a natureza subjetiva e complexa da percepção de risco em suas análises. Viglione et al. (2014) salientam que a compreensão aprofundada deste conceito é crucial para a criação de estratégias de comunicação e educação que possam efetivamente aumentar a consciência do risco e influenciar comportamentos de prevenção e preparação para desastres. Reconhecer a distinção entre percepção e consciência de risco permite aos gestores de risco desenvolver intervenções mais direcionadas e eficientes, levando a uma maior resiliência das comunidades frente a inundações e outros riscos naturais.

#### **2.4.2. Consciência do risco no debate sócio-hidrológico**

A consciência do risco vai além da percepção de risco e implica em um entendimento mais aprofundado e informado dos riscos em questão, abrangendo suas causas, consequências e possíveis medidas de mitigação, ou seja, isso implica em reconhecer e compreender plenamente os perigos associados a um determinado evento de risco. Quando a comunidade está consciente do risco, ela tende a se afastar do rio, mantendo uma distância considerada segura, o que influencia a localização dos assentamentos humanos próximos às margens fluviais (DI BALDASSARRE et al., 2013b). O desenvolvimento da consciência do risco geralmente requer a implementação de programas educacionais, a disseminação de informações adequadas e a promoção da comunicação eficaz, garantindo que as pessoas estejam plenamente cientes dos perigos e capacitadas para se preparar e responder de forma apropriada a possíveis desastres (MAZZOLENI, 2023).

Scolobig et al. (2012) ao estudarem os propulsores da consciência do risco e da decadência da consciência do risco, destacam que a experiência prévia com eventos de inundação é identificada por 90% dos entrevistados como o principal propulsor da consciência do risco, enquanto que apenas uma minoria de 5% apontou que informações oficiais seriam o motivo para o conhecimento do risco. A diminuição da consciência é um reflexo direto da percepção elevada ou reduzida do risco durante e logo após um evento de inundação, sendo essa percepção propensa a diminuir após o ocorrido (BAAN; KLIJN, 2004). A assimilação da experiência do evento de inundação pode influenciar significativamente a percepção contínua do risco e a consciência da comunidade em relação a potenciais eventos futuros (BAAN; KLIJN, 2004).

O grau de confiança em sistemas de proteção pode ser observado através da percepção do risco, onde, a comunidade considera que a inundação é menos provável quando medidas de proteção são construídas (LUDY; KONDOLF, 2012; VIGLIONE et al., 2014). Comunidades que optam por aumentar consideravelmente os níveis de proteção estrutural contra enchentes alteram a frequência de eventos de inundação de frequentes para raros, mas por outro lado catastróficos (MERZ; THIEKEN, 2005) e que carregam o potencial de consequências negativas inesperadas, surpreendendo a sociedade (DI BALDASSARRE, 2016), devido à baixa probabilidade de ocorrências de eventos desta

categoria e por consequência a alta incerteza relacionada a estes (MERZ; THIEKEN, 2005), resulta em um alto potencial de risco com baixa possibilidade de previsão dos mesmos.

### **2.4.3. Estratégias de adaptação da comunidade**

A sócio-hidrologia e as ciências de desastres naturais enfatizam a importância de compreender como as interações entre eventos hidrológicos e as comunidades humanas influenciam os processos de adaptação e as estratégias de proteção em face de ameaças naturais. Krause (2016), ao examinar as conexões entre eventos de inundação e dinâmicas sociais em Gloucestershire, Reino Unido, ressalta a relevância da transformação de princípios e explora abordagens de adaptação e resiliência diante desse contexto em evolução contínua. O termo "efeito de adaptação" é utilizado para descrever o aumento da consciência societal após experiências de inundação adversas (CIULLO et al., 2017).

A adaptação às inundações, um fenômeno crescente devido às mudanças climáticas (IPCC, 2021), é uma área de interesse significativo na sócio-hidrologia. A adaptação pública refere-se às medidas tomadas por entidades governamentais e organizações públicas para reduzir a vulnerabilidade das comunidades às inundações. Di Baldassarre et al. (2017), em seu estudo sobre a dinâmica das inundações e a resposta da sociedade, destacam a importância da adaptação pública na promoção da resiliência coletiva, enquanto reconhecem que as intervenções podem ter resultados diversos dependendo da sua implementação e contexto local.

Em contraste, a adaptação privada é realizada por indivíduos ou empresas para proteger a propriedade e reduzir os riscos pessoais associados às inundações. Isso pode incluir a aquisição de seguros contra inundações, a elevação de casas ou a instalação de barreiras físicas. Taberna et al. (2020) examinam a eficácia das medidas de adaptação privadas e observam que, embora possam ser significativas para a redução de danos em nível individual, elas não substituem a necessidade de estratégias de adaptação em larga escala.

Chen et al. (2016), exploram a interação entre fatores sociais e hidrológicos na gestão de riscos de inundação em comunidades vulneráveis. Ling et al. (2018) discutem as consequências das decisões de planejamento mal-adaptadas em áreas propensas a inundações. A conceituação da sócio-hidrologia a "mal-adaptação", explora a incapacidade das estruturas sociais e hidrológicas existentes de lidar eficazmente com os

desafios relacionados à inundações, em face de mudanças ambientais e sociais presentes no sistema. Essa falta de adaptação adequada pode resultar em impactos significativos para as comunidades locais, levando a problemas socioeconômicos e ambientais complexos (LING et al., 2018).

Ling et al. (2018), exploram o conceito de adaptação privada, esclarecendo sobre aspectos da “mal-adaptação”, considerando que ela ocorre quando as ações tomadas para evitar os impactos das inundações acabam por exacerbar a vulnerabilidade, ou criam novos problemas. A “mal-adaptação” pode acontecer tanto no âmbito da adaptação pública quanto da privada. Intervenções mal planejadas podem levar a ciclos de dependência de ajuda com foco na adaptação privada ou a adaptação pública, que pode contribuir para o deslocamento de problemas de uma região para outra (KRAUSE, 2016), aumentando as desigualdades sociais e acentuando os riscos futuros.

A interação entre adaptação pública e privada é complexa e muitas vezes interdependente. Por exemplo, a infraestrutura de controle de inundações implementada pelo governo pode reduzir a percepção de risco entre os indivíduos, diminuindo a probabilidade de tomarem medidas de adaptação privada em um efeito conhecido como "paradoxo do desenvolvimento seguro"(BURBY, 2006). Estudos recentes destacam a importância de abordagens que considerem aspectos negativos da “mal-adaptação” nas comunidades. A compreensão dessas interações entre sistemas sociais e hidrológicos é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de adaptação a desastres, garantindo a segurança e o bem-estar das populações locais (CHEN et al., 2016).

#### **2.4.4. Memória coletiva episódica**

A capacidade da comunidade em manter a alta consciência do risco, associada a eventos de inundação, é chamada memória coletiva, sendo este um aspecto importante que influencia na forma como a comunidade lida com riscos de inundação (VIGLIONE et al., 2014), porém é importante destacar as diferenças entre as memórias de curta e longa duração.

Tulving (1983) ao estudar a composição do conceito de memória em situações de desastres, evidenciou o caminho do armazenamento das experiências armazenadas, distinguindo entre eventos comuns e eventos extremos de desastres. A memória implícita está relacionada a respostas automáticas e inconscientes baseadas em experiências

anteriores, enquanto a memória explícita envolve o conhecimento consciente e a recordação deliberada de informações sobre desastres naturais e eventos extremos, influenciando as ações e decisões das pessoas de forma mais consciente e planejada. Tulving (1983) considerou em seus estudos que a memória episódica relacionada à eventos de desastre traumáticos, explícita e se aloja dentro da memória de Longo Prazo (Figura 2.2).

Figura 2.2 Memória de longo prazo relacionada a eventos de desastres.



Fonte: Tulving (1983).

Colleteur et al. (2014) ao suporem que pessoas que sofreram um desastre de inundação acumulam a memórias dos eventos vivenciados, e considerando que esta memória passará a deteriorar com o tempo, dependendo de como cada pessoa experienciou esse evento, encontram nexos entre o processo de aprendizagem e os riscos de inundação através de taxa de decaimento da memória. Esta, quando distanciada do evento através do tempo, pode influenciar de forma considerável na expansão de assentamentos em áreas de risco.

Viglione et al. (2014) exploram a combinação de atitudes de alto, médio e baixo risco, somadas a memória coletiva curta e longa, incluindo ainda atitudes de alta e baixa confiança em sistemas de proteção a inundações. Em cenários com atitudes de alto risco, somados a memória coletiva curta, sugerem, em resultados obtidos em simulações, severas limitações no desenvolvimento de comunidades, por outro lado, a superestimação

do risco, traduzida em memória coletiva longa e falta de confiança em sistemas de proteção, leva à perda de oportunidades econômicas e recessão.

#### **2.4.5. O choque psicológico no pós-evento de inundação**

A resposta psicológica aos eventos de inundações, pode variar significativamente a percepção entre os indivíduos e é um campo de estudo que vem sendo integrado e ampliado na sócio-hidrologia. Di Baldassarre et al. (2013) destacam que o choque psicológico pós-inundação é uma resposta imediata que pode levar a longo prazo ao desenvolvimento de transtornos psicológicos mais graves. Os autores consideram ainda que a magnitude desse choque pode ser influenciada por uma série de fatores, incluindo a intensidade do evento de inundação e a percepção de segurança fornecida por infraestruturas como diques. Nesta conceituação os autores integram a magnitude do impacto do choque psicológico experimentado pela comunidade imediatamente após o evento de inundação, em que esta variável é dependente tanto da magnitude do evento, pode influenciar quanto da decisão de elevar os sistemas de proteção (diques).

Viglione et al. (2014) exploram mais a fundo as implicações da gestão de riscos de inundação, observando que as decisões de elevar diques e melhorar as defesas físicas podem ter efeitos psicológicos inesperados. Embora tais medidas sejam projetadas para proteger fisicamente a comunidade, elas podem também alterar a percepção de risco e, paradoxalmente, aumentar a vulnerabilidade psicológica em caso de falha desses sistemas de proteção. Mandilaris et al. (2016) contribuem para esta discussão enfatizando que o choque psicológico não é apenas um fenômeno individual, mas que também possui dimensões coletivas. O impacto compartilhado de uma inundação pode levar a uma resposta comunitária coesa ou, alternativamente, exacerbar o estresse individual devido ao efeito multiplicador do trauma compartilhado.

De acordo com Di Baldassarre et al. (2015); Viglione et al., 2014 e Mandilaris et al., 2016) consideram o choque psicológico em suas análises integrando o subsequente desenvolvimento de possíveis traumas, após eventos de inundação, acrescentando que estão intrinsecamente relacionados à maneira como as comunidades coexistem com os rios e os riscos associados a eventos de inundação. Di Baldassarre et al. (2015) consideram ainda que a compreensão e o tratamento adequados dessas respostas psicológicas são fundamentais para garantir a resiliência a longo prazo das comunidades

afetadas por inundações, sendo que as abordagens ao problema devem ser mais amplas, considerando tanto as necessidades físicas quanto psicológicas dos indivíduos, para promover uma relação sustentável que garanta o bem-estar coletivo da comunidade.

## **2.5. Fatores políticos, valores e sensibilidade socioambiental**

Políticas públicas podem impulsionar ou coibir ocupações em áreas de planícies de inundação, traduzindo o desejo de uma comunidade e operando diferentes motivações políticas-institucionais. A capacidade institucional de governança para resolver conflitos sócio-hidrológicos pode ser mensurada através de medidas de expansão, ao lidar com eventos de inundação. Esta expansão é testada por diferentes autores da sócio-hidrologia. Kock (2008), simulou em diferentes cenários, sistemas em níveis de capacidade de expansão institucional, aplicadas ao gerenciamento de conflitos em dinâmica sócio-hidrológica. Krause (2016) interpretou a partir de análises empíricas realizada em Gloucestershire, Reino Unido, com pessoas afetadas por eventos hidrológicos, a compreensão do parentesco de relações sócio-hidrológicas enquanto se entrelaçam intensamente com questões políticas no contexto do estudo.

Gober e Wheeler (2014) modelam o risco de inundações como um problema de políticas públicas. Johnson et al. (2005) observaram variações na resposta política à eventos hídricos no país de Gales e na Inglaterra, com o objetivo de compreender em que momento um evento catastrófico se converte em política pública. Neste estudo conceberam que a formulação de políticas públicas se tornou um processo de mudança incremental, direcionado por eventos drásticos. No momento em que as atenções políticas e da comunidade se concentram no risco, abre-se uma janela de oportunidade para o aumento da taxa de mudança de políticas que pode ser aproveitada pela sociedade.

Fatores sociais, como, mudanças de valores, observadas através de respostas comportamentais das comunidades, por exemplo, na forma de ativismos ambientais podem traduzir práticas e ações políticas-legislativas de determinada comunidade, podendo as consequências negativas tornarem-se parte da consciência social e sensibilizar essa comunidade sobre a degradação (PANDE; SIVAPALAN, 2017). Ainda podem ser observadas mudanças de preferências da comunidade (CHEN et al., 2016), em que valores e preferências humanas podem mudar de acordo com o tempo e local,

influenciados pela educação e suposições culturais em evolução, e através das retroalimentações do próprio sistema (NORTON et al., 1998; CHEN et al., 2016).

Estudos sócio-hidrológicos relatam algumas mudanças na ênfase do desenvolvimento econômico em direção à restauração ambiental, à medida que as circunstâncias ambientais e o desenvolvimento ambiental se alteram (KANDASAMY et al., 2014; LIU et al., 2014; ELSHAFEI et al., 2015; CHEN et al., 2016). A ocorrência destes fenômenos reflete que as ações humanas em qualquer dado momento e lugar são governadas por valores sociais predominantes (WESTCOAT, 2013; CHEN et al., 2016).

Chen et al. (2016) modelam a sensibilidade da sociedade de forma bidirecional, como um guia da decisão humana no sistema hidrológico, afetando o sistema de forma negativa, em quanto optam por dar peso às questões puramente econômicas, exercendo controle ambiental sobre a bacia, e de forma positiva quando optam por considerações ambientais optando pela proteção e restauração da bacia. Os autores exemplificam ainda que o aumento de eventos de inundação, afetará negativamente a sensibilidade social com o tempo, inclinndo as pessoas a exigirem medidas de proteção contra as inundações.

## **2.6. Armadilhas do desenvolvimento socioeconômico e interações humanas-inundações**

Sociedades ao optarem por se estabelecerem em planícies de inundação e a posterior construírem sistemas de proteção, de acordo com sua disponibilidade econômica, na perspectiva de Viglione et al. (2014), criam redes complexas de interações entre a sociedade e o desenvolvimento econômico, que surgem através de eventos de inundação. De acordo com Chen et al. (2016) destacam que o progresso econômico desempenha um papel significativo nas escolhas humanas em relação ao sistema hídrico, moldando-o em diversas direções.

Estudos que analisam as interações entre os impactos das inundações e o crescimento econômico de uma sociedade, revelaram que economias mais desenvolvidas possuem recursos para construir infraestruturas de proteção contra enchentes, o que lhes permite alcançar padrões de vida mais elevados. Por outro lado, economias menos favorecidas, incapazes de se proteger adequadamente contra inundações e sofrendo perdas de capital a cada evento, acabam presas em um ciclo de pobreza, conhecido como "armadilhas da



pobreza" (GRAMES et al., 2016; BARENDRECHT et al., 2017; HORN; ELAGIB, 2018).

De acordo com Kahn (2005); Moel et al. (2011) e ainda Viglione et al. (2014), uma comunidade pode estar ciente dos riscos e mesmo assim, decidir se estabelecer próximo de rios. Cameron e Shah (2012) demonstraram como as preferências que envolvem risco têm implicações importantes para a economia, preferências estas que podem afetar decisões importantes sobre o desenvolvimento econômico-social.

## **2.7. Modelagem sócio-hidrológica conceitual e padrões emergentes**

As abordagens encontradas na literatura para a concepção de modelos sócio-hidrológicos envolvem a interação entre fatores que caracterizam a conduta humana e os aspectos relacionados hidrológicos (MORO et al., 2018; BLAIR; BUYTAERT, 2016; TROY et al., 2015). Modelos baseados em um novo paradigma possibilitam a investigação do resultado da interação mutuamente influente entre inundações e comunidades (SIVAPALAN, 2015). Viglione et al. (2014) afirmam que, para um sistema ser considerado co-evolutivo, é necessário que sua estrutura de modelagem contemple a geração de inovações, também denominadas como comportamentos emergentes. Esses comportamentos são desencadeados pela retroalimentação entre processos em diversas escalas, possibilitando a evolução para estados inéditos, os quais podem transpor pontos críticos (SIVAPALAN et al., 2012; KALLIS, 2007).

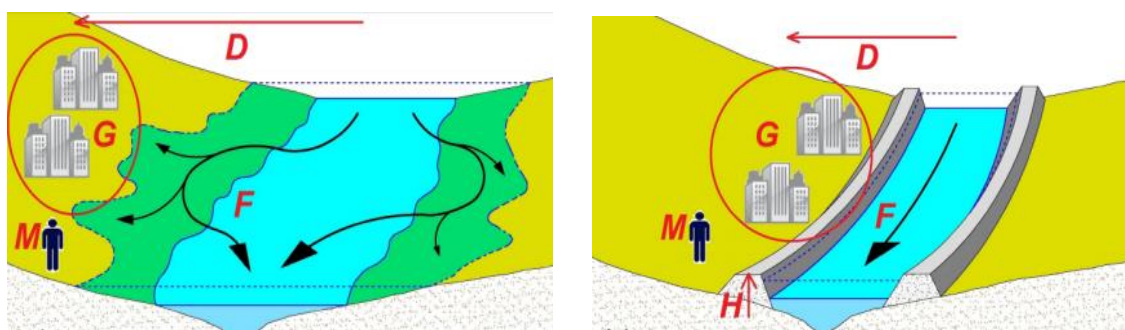
Recomendações sobre os processos de modelagem sócio-hidrológica seguem alguns passos conforme Sivapalan e Blöschl (2017). A estruturação da pesquisa sócio-hidrológica pode ser realizada através da especificação do fenômeno, domínio, escala e período de estudo, juntamente com o propósito. Estes passos frequentemente são definidos por meio de narrativas. Em seguida, a construção de um Modelo Perceptivo, com diagrama de laço causal e narrativas de fenômenos para visualização e interações de processos.

A escolha das variáveis de estado é crucial, desempenham um papel chave no tratamento a longo prazo. Posteriormente, a identificação dos fatores causais que afetam as variáveis de estado, sejam elas variáveis de estado ou forçamento externo, é fundamental; neste tipo de pesquisa relacionamentos funcionais devem ser estabelecidos, considerando a possibilidade de *upscaling* quando o uso de dados locais for necessário. A análise de

escala é importante para identificar variáveis de estado rápidas e lentas, com orientação por dados socioeconômicos e narrativas. (SIVAPALAN; BLÖSCHL, 2017).

Em uma aproximação conceitual Di Baldassarre et al. (2013a, b), exploraram a complexidade da dinâmica de planícies de inundação em sistemas sócio-hidrológicos (Figura 2.3), com o propósito de investigar as interações e mecanismos de respostas associados a esses processos.

Figura 2.3: Modelagem simplificada.



Fonte: Di Baldassarre et al. (2013a, b).

Em seu estudo, Di Baldassarre et al. (2015), consideraram variáveis dinâmicas no tempo para a criação de condições iniciais de seu experimento, sendo elas: (D) densidade populacional, de domínio demográfico; (F) risco relativo de inundação, considerado de domínio hidrológico; (G) assentamento humano; (H) nível de proteção à inundação, de domínio tecnológico e (M) memória social de inundação, considerado de domínio social.

Neste estudo Di Baldassarre et al. (2015) se baseiam em estruturas interdisciplinares emergentes, como sistemas sócio ecológicos, teorias de sistemas complexos e ainda na sócio-hidrologia. Nesta abordagem explica-se a dinâmica do risco através da captura de interações contínuas de respostas mútuas entre inundações e sociedade.

Ciullo et al. (2017), apresentam estudo sobre a dinâmica do risco de inundação e resiliência, traçando comparativos entre os sistemas sócio-hidrológicos verdes e tecnológicos, conceitualizados por Di Baldassarre et al. (2015). O autor e seus colaboradores direcionaram esforços em contabilizar a variável do comportamento humano, incluindo atitudes de risco e de sensibilização social.

Viglione et al. (2015) exploram questões relacionadas ao tamanho e desenvolvimento econômico de assentamentos humanos, avaliando como seriam modificados ao longo do tempo considerando seis cenários ideais de cultura do enfrentamento de riscos. Os modelos descritos anteriormente, apresentados por Di Baldassare et al. (2015), Ciullo et al. (2017) e Viglione et al. (2015), se relacionam entre si ao capturar princípios universais descritos por Barendrecht et al. (2017) associadas a situações de inundações. Estes conceitos emergentes se aproximam da realidade brasileira de dinâmicas históricas do comportamento social e desenvolvimento urbano descritas por Brollo et al. (2010) e Campolina e Viera (2016) e observadas a seguir neste estudo.

## **2.8. Dinâmicas de sistema aplicada a modelos perceptivos de interação**

Um dos objetivos do estudo de sistemas sócio-hidrológicos é a previsão de interações dinâmicas (SIVAPALAN et al., 2012). Possibilitando a demonstração de fenômenos, Barendrecht et al. (2017) destacam a necessidade de modelos dinâmicos de interações acopladas de homem-inundação, para que possam ser devidamente representados, sugerindo que fenômenos complexos que envolvem interações humano-inundações não podem ser representados por abordagens tradicionais. Sivapalan et al. (2012) considera que a sócio-hidrologia adota o dinamismo de ambos integrantes, diferenciando-se da ciência de gerenciamento de recursos hídricos, que se apoia na estacionariedade do sistema humano.

Wagener et al. (2010) afirmam que abordagens de modelagem convencionais, orientadas por pensamentos causais lineares, ignoram interações do sistema em sua totalidade, não fornecendo, por consequência, o quadro mental e estrutural para aprofundar estudos com interações complexas como as dinâmicas do sistema sócio-hidrológico.

Portanto para construção de modelos perceptivos e no sentido de descrever a complexidade do sistema sócio-hidrológico acoplado de forma co-evolutiva é necessária a utilização de técnicas de Dinâmica de Sistema. Esta abordagem que foi sugerida inicialmente por Forrester (1958, 1969, 2007) ao simular dinâmicas urbanas e industriais, sendo mais à frente substancialmente utilizada no gerenciamento de recursos hídricos e aplicada atualmente à sócio-hidrologia por Sivapalan et al. (2012), Di Baldassarre et al., (2013a, b, 2014a, b, 2016, 2017, 2018) e ainda por Gober e Weather (2015).

O modelo conceitual é uma hipótese sobre como diferentes sistemas, no caso o hidrológico e o humano, interagem (TROY et al., 2015). Pande e Sivapalan 2017 introduziram às análises sócio-hidrológicas equações diferenciais não lineares a fim de representar e explicar as interações no contexto de inundação e desde então esta escolha tem sido um consenso em estudos de natureza sócio-hidrológica, criando modelos conceituais.

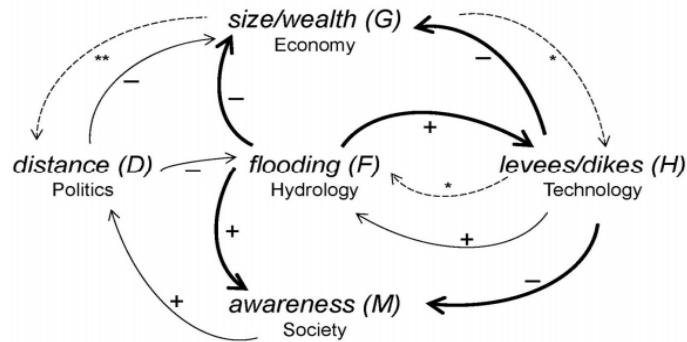
Di Baldassarre et al. (2013a,b, 2015) constroem um modelo conceitual, demonstrando as interações homem-natureza em uma determinada planície de inundação. Este estudo demonstra que o modelo conceitual é capaz de reproduzir efeitos recíprocos entre inundações e pessoas, demonstrando também o surgimento de padrões sociais típicos, sendo eles neste caso, o “efeito dique” e o “efeito de adaptação” (WESSELINK, et al., 2017).

Di Baldassarre et al. (2015) ao considerarem interações complexas em mecanismos de feedback, exploram processos hidrológicos e sociais em áreas de planície de inundação. Os autores desenvolvem modelagens conceituais para demonstrar problemas hipotéticos propostos assumindo que, imediatamente após a ocorrência de inundações, duas decisões podem ser tomadas: (a) elevar os diques, dependente do máximo nível d’água associado a inundações recentes, ou (b) não levantar os diques e possivelmente se afastar. A decisão de elevar os diques está relacionada à capacidade econômica da sociedade e a força/vontade política de o fazer.

Há uma crescente necessidade em melhorar a compreensão de como a dinâmica de acoplamento de processos sócio-hidrológicos influencia na frequência e severidade de inundações, explorando o papel das instituições assim como processos de governança. Em outros termos avaliar como as sociedades se organizam espacialmente e socialmente, em seus padrões de assentamento e uso da terra e medidas de controle de inundações, por exemplo, compreendendo como esses processos co-evoluem, integrando a escala social com a hidrológica e analisando suas constantes dinâmicas de retroalimentação (DI BALDASSARRE et al., 2013a, b, BARENDRECHT et al., 2019). Seguindo este direcionamento, Di Baldassarre et al. (2013a, b), apresentam uma modelagem simplificada (Figura 2.4) e com níveis de complexidade reduzidas para traduzir dinâmicas sócio-hidrológicas, auxiliando na compreensão e simplificação de complexas interações.

Barendrecht et al. (2017) resume os componentes utilizados em sete análises de sistema homem-inundação acoplados. Foram identificados componentes como: hidrologia, economia, tecnologia, política, meio ambiente e sociedade. Os fluxos representados interagem entre si, incrementando sua influência em outro estoque ou diminuindo sua influência sobre o estoque ao qual interage, em que a maioria das análises são equações de equilíbrio.

Figura 2.4: Dinâmica de sistema.



Fonte: Di Baldassarre et al. (2013).

A dinâmica de sistemas vem sendo utilizada em larga escala na pesquisa sócio-hidrológica para realizar interações de fenômenos dinâmicos de resposta, pois são espacialmente explícitos e podem ser adaptados para problemas específicos do mundo real (FALTER et al., 2015; BARENDRECHT et al., 2017).

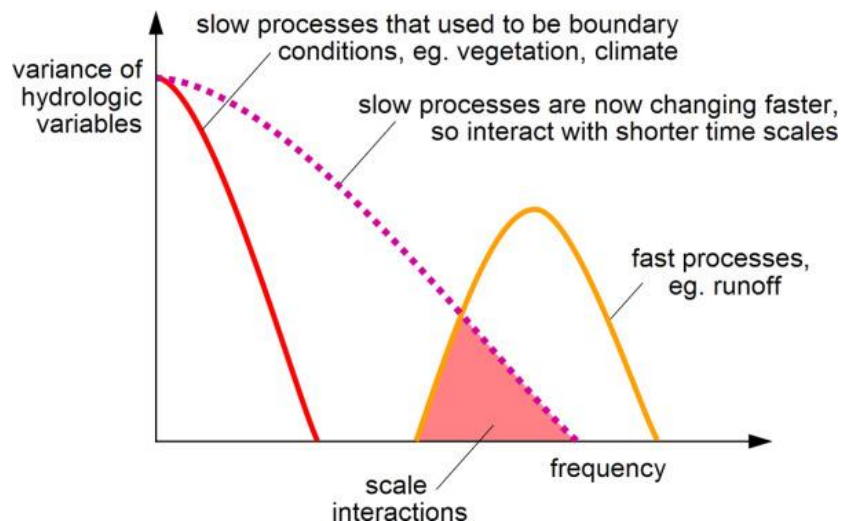
## 2.9. Variabilidade temporal dos processos acoplados e escalas de análise sócio-hidrológica

Wagener et al. (2010), ressalta que o horizonte temporal das análises de componentes do sistema, devem ser trazidos novamente ao centro do palco, no intuito de serem reorientados, em um contexto ao qual planejamentos e decisões predizem sobre horizontes mais longos. Segundo Sivapalan e Blöschl (2017) a variabilidade temporal dos processos deve ser analisada segundo a perspectiva de curto e longo prazos (Figura 2.5).

Ações antropogênicas no sistema afetam a taxa de mudança de componentes do sistema hidrológico, como clima, vegetação, solos, e topografia, mudança de uso e cobertura da terra, antes tratados como condições de contorno fixas do sistema. Os componentes do

sistema hidrológico se modificavam lentamente, dentro do processo natural, mas com a intervenção humana, estão variando mais rapidamente, no sentido de alcançar a taxa de mudanças de processos rápidos do sistema, como escoamento superficial, eventos de inundação. Devendo, portanto, a variabilidade temporal dos processos hidrológicos ser reconsiderada frente a processos rápidos do sistema (SIVAPALAN; BLÖSCHL, 2017).

Figura 2.5 Variabilidade temporal dos processos do sistema sócio-hidrológico.



Fonte: Sivapalan e Blöschl (2017).

Separar condições de contorno do sistema terrestre, de variação lenta, de processos hidrológicos, de variação rápida, pode não ser mais apropriado (THOMPSON et al., 2013). As dinâmicas sócio-hidrológicas devem ser, a partir destas considerações, modeladas dentro de seu espectro energético de frequência e interação escalar (SIVAPALAN; BLÖSCHL, 2017).

Embora, no passado, processos lentos e rápidos pudessem ser tratados separadamente, considerando uma separação de escalas, levar em conta a mistura de variabilidades e frequências de processos permitirá aos hidrólogos prever sobre horizontes de longo prazo relevantes para a mudanças sociais e para tanto variações temporais devem ser explicitamente abordadas (SIVAPALAN; BLÖSCHL, 2017).

Discussões em torno da escala espacial e temporal adotadas em análises sócio-hidrológicas, tem sido feitas desde o surgimento da abordagem (SIVAPALAN et al., 2012, 2014, 2015; MONTANARI et al., 2013; ELSHAFEI et al., 2014; BLÖSCHL 2016;

PANDE; SIVAPALAN, 2017; ESLAMIAN; REYHANI, 2019), estando, os autores, em sua maioria de acordo que a sócio-hidrologia deve contemplar análises multiescalares, o que, de acordo com Sivapalan et al. (2012), se tornou um desafio dentro da complexidade no acoplamento dinâmico, estando este a cargo de reconciliar estas diferentes escalas.

Dentre os desafios impostos pela questão de escala espacial, está o alcance da representação mais adequada da agência humana em análises sócio-hidrológicas. Ertsen et al. (2014) suportam as dinâmicas de longo prazo como fornecedoras de contexto necessário para as abordagens e consideram para que a modelagem sócio-hidrológica inclua em sua dinâmica, mudanças de valores sociais e decisões de planejamento, faz-se necessário a adoção de escala temporal compatível com essas dinâmicas, para que as ações humanas não sejam consideradas constantes ou meras condições de contorno do sistema.

Pande e Sivapalan (2017) em revisão a estudos anteriores sobre sócio-hidrologia, sugerem a adoção de escalas espaciais e temporais maiores para a integração de elementos humanos a modelos dinâmicos do ciclo da água. Fenômenos emergentes destacados por estudos sócio-hidrológicos, podem ser interpretados em termos de processos de interações de curta e longa escala temporal. (PANDE; SIVAPALAN, 2017). No entanto Sivapalan et al. (2012, 2015) sugere que a modelagem sócio-hidrológica deverá se concentrar em escalas de tempo mais longas.

Destaca-se a importância de compreender a fundo essas interações entre água e sociedade, visto que isso pode influenciar as decisões de médio e longo prazo (CLARK; CLARKE, 2011). Ertsen et al. (2014) ressaltam em suas pesquisas que, na modelagem sócio-hidrológica, a questão central não é apenas a escala a ser empregada, mas sim a escala relevante para abordar os desafios dos ajustes humanos às inundações.

## **2.10. Desafios de abordagem na sócio-hidrologia e perspectivas futuras**

Di Baldassarre et al. (2015), consideram o processo de análise sócio-hidrológica, destacando que fontes de incertezas possuem propriedades complexas não estacionárias, que não são facilmente representadas e ainda podem ser bastante arbitrárias em suas ocorrências, resultando em surpresas na análise. Para Blöschl (2016), a validação dos modelos pode ser feita a partir de diferentes fluxos de dados ou ainda através de situações semelhantes em locais diferentes ou em um mesmo local em períodos de tempo

diferentes, caso haja fenômenos repetitivos. Para Troy et al. (2015) bacias similares podem permitir a validação, por outro lado, as variáveis do sistema social podem impedir a dinâmica universal, dificultando o processo de validação.

Sobre as incertezas dos modelos, Sivapalan et al. (2014) sugerem o uso de padrões multiescalares em análises sócio-hidrológicas podem melhorar e diminuir incertezas na compreensão dos processos. Westerberg et al. (2017), sugerem um “modelo perceptivo de incertezas” para a modelagem sócio-hidrológica, destacando incertezas que merecem um caminho estruturado para priorização de esforços de pesquisa. Tal modelo perceptivo permite tornar explícitas de maneira estruturada todas as fontes de incerteza que são relevantes no modelo, trazendo à análise distintas percepções sobre as mesmas. O estudo cria uma estrutura de análise de incertezas descrita em três etapas, facilitando a identificação das mesmas dentro de um procedimento de análise. Este estudo reforçou a necessidade da ciência sócio-hidrológica em priorizar esta abordagem ampliando o aprendizado destas questões.

Evers et al. (2017), enfatizam a necessidade de uma abordagem pluralista que vá além das perspectivas disciplinares tradicionais ao considerar o acoplamento humano com a água. Eles apontam que os conceitos existentes muitas vezes partem de uma única visão disciplinar, o que pode dificultar a integração efetiva das dimensões sociais e hídricas na pesquisa. Troy et al. (2015) destacam ainda sobre a inadequação dos processos de validação empregados em modelagens hidrológicas convencionais, quando transportadas para modelos sócio-hidrológicos, apontando a necessidade de novas discussões que possam culminar em um consenso científico mais sólido nesse campo ainda em desenvolvimento.

Enfrentar os desafios concernentes à natureza quantitativa e qualitativa da informação, bem como à busca por uma compreensão geral do problema enquanto se está imerso no sistema, demanda dos modeladores uma abordagem cuidadosamente balanceada entre os dados numéricos e os conhecimentos das ciências sociais (WESSELINK et al., 2017).

Colleter et al. (2015) ressaltam que, por meio da extensão de hipóteses, é possível situar-se em um espectro de abordagens que ampliem e esclareçam aspectos ainda obscuros da pesquisa científica, revelando a interconexão de conhecimentos provenientes de diversas disciplinas. Ainda, eles destacam em seus estudos que os conhecimentos de natureza



sócio-hidrológica devem desempenhar um papel fundamental nos processos estratégicos de gestão em um contexto de metrópoles mais resilientes no futuro, em que as estruturas de engenharia por si só não são capazes de mitigar de forma eficaz os riscos de inundação.

Dentro deste panorama complexo e ainda não explorado da ciência da sócio-hidrologia, desafios futuros da sócio-hidrologia exigem uma abordagem ampla e colaborativa entre as ciências hidrológicas e sociais. A necessidade de incluir variáveis sociais e econômicas nos modelos, bem como compreender a dinâmica social e as relações de poder nos sistemas sócio-hidrológicos, destaca a importância de uma nova abordagem para a modelagem e gestão de riscos de inundação e ainda a descoberta de outros comportamentos emergentes ainda a serem explorados neste contexto científico.

### **2.11 Sócio-hidrologia no contexto da tomada de decisão**

Os desafios associados à estimativa e gestão dos riscos de inundação, considerando as mudanças provocadas pela atividade humana no Antropoceno em ascensão (DI BALDASSARRE et al., 2015; SIVAPALAN, 2015), contrastam com a abordagem hidrológica atualmente centrada na estacionariedade do sistema (SIVAPALAN, 2015). A complexidade em conceituar, quantificar e medir todas as variáveis, especialmente as de natureza social, representa um desafio significativo na definição da escala de modelagem, influenciando a elaboração, calibração e validação dos modelos sócio-hidrológicos (SIVAPALAN, 2015; PALMER E SMITH, 2014), ressaltando a importância de uma colaboração intensa entre as ciências hidrológicas e sociais para superar tais limitações.

Evers et al. (2017) apontam desafios decorrentes da crescente complexidade do acoplamento sócio-hidrológico, em um contexto em que as interações se tornam cada vez mais intrincadas diante do rápido crescimento populacional mundial. A inclusão de fatores como instituições, arranjos culturais, valores comunitários e amplos aspectos sociais e econômicos nos modelos é ressaltada por Mostert (2018) como crucial, enquanto desafios mais profundos são apontados no estudo da dinâmica social que envolve relações de poder, questões políticas e modos de produção nos sistemas sócio-hidrológicos (SWYNGEDOUW, 2004; WESCOAT, 2013). A necessidade de uma abordagem ampla por parte dos modeladores é enfatizada diante da dinâmica social permeada por elementos como cultura de risco, engajamento da comunidade, vontade política e outros

comportamentos emergentes que ainda carecem de explicitação (BLAIR; BUYTAERT, 2016).

Lane (2014) destaca a importância de as pesquisas sócio-hidrológicas adotarem uma postura mais socialmente responsável, permitindo que os hidrólogos lidem de forma construtiva com conflitos e controvérsias, em vez de simplesmente tentar eliminá-los. A autora também ressalta a falta de fluidez no compartilhamento de conhecimento entre a ciência sócio-hidrológica e a esfera política no processo de tomada de decisões, enquanto Madani et al. (2020) concentram suas preocupações nas limitações presentes na disciplina.

Por outro lado, Mount et al. (2016) destacam o potencial de colaboração na nova era científica denominada “Panta Rhei”, promovida pelo IAHS, que busca integrar modeladores orientados por dados com aqueles que se baseiam mais em processos físicos. Essa abordagem colaborativa visa trazer melhorias significativas para o gerenciamento de sistemas sócio-hidrológicos. Nesse sentido, a interação entre diferentes abordagens e a integração de diversas perspectivas podem contribuir para avanços significativos na compreensão e na gestão dos sistemas hídricos em interação com as atividades humanas.

A tomada de decisão em gestão e políticas públicas, particularmente no contexto da gestão de riscos de inundação, é um processo que deve ser formatado por uma compreensão abrangente do sistema sócio-hidrológico e suas múltiplas facetas (MADANI et al., 2020). A integração de conhecimentos da sócio-hidrologia em estratégias de políticas públicas pode potencializar o desenvolvimento de soluções mais eficazes e sustentáveis. Esta abordagem permite aos gestores e formuladores de políticas antecipar e mitigar os impactos das inundações, considerando não apenas os aspectos técnicos e naturais, mas também as dimensões humanas, sociais e econômicas (ZEITOUN, 2011). É, portanto, uma convocação para que a tomada de decisão seja robustecida por análises que reflitam a complexidade do comportamento humano e suas interações com o ambiente hídrico, garantindo que as políticas públicas sejam reflexivas, adaptativas e equitativas.

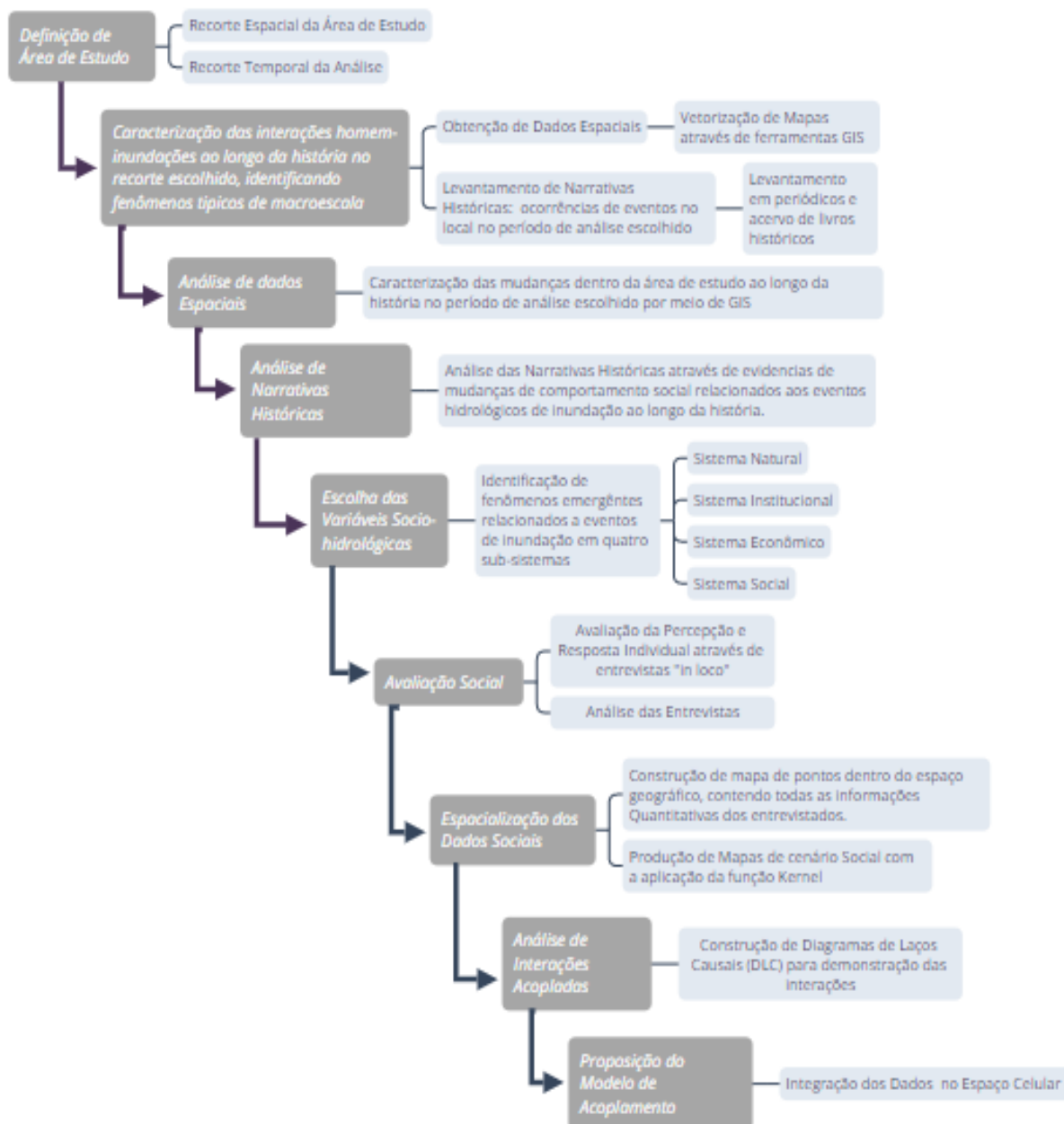
No cenário atual, em que as mudanças climáticas e a urbanização acelerada aumentam a frequência e a severidade dos eventos de inundação, a tomada de decisão baseada em uma compreensão holística dos sistemas sócio-hidrológicos torna-se ainda mais crítica. A

capacidade de explorar padrões emergentes, entender as dinâmicas de poder e incorporar a participação comunitária nos processos decisórios destaca a necessidade de uma política pública que seja não apenas reativa, mas proativa e preventiva. Através da aplicação de modelos sócio-hidrológicos avançados e da promoção da governança colaborativa, pode-se vislumbrar um futuro em que a gestão de riscos de inundação seja uma responsabilidade compartilhada, que proteja efetivamente as comunidades e o meio ambiente, e que esteja alinhada com os princípios de sustentabilidade e resiliência.

### 3 DADOS E MÉTODO

Com base no direcionamento metodológico sugerido por Blöschl (2016), Sivapalan et al. (2012; 2014; 2015; 2017) e Di Baldassarre et al. (2013, a, b; 2014) a agenda metodológica fora definida em nove etapas a serem cumpridas neste estudo (Figura 3.1).

Figura 3.1: Fluxograma do desenvolvimento metodológico em nove passos.

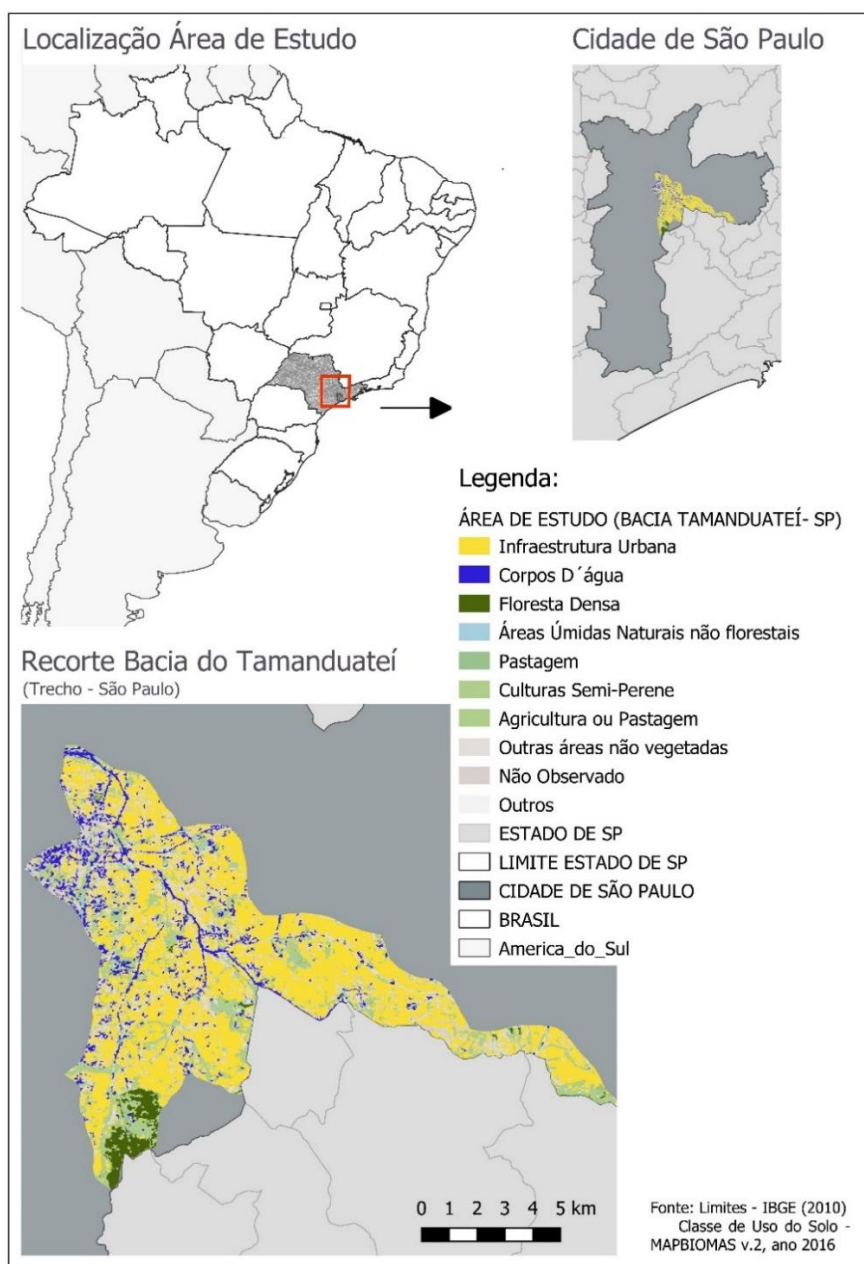


Fonte: Produção do autor

### 3.1. Área de estudo

O recorte escolhido é um trecho da bacia hidrográfica do Rio Tamanduateí (Figura 3.2), definido com base no sistema hídrico urbano que abarcou a população da cidade de São Paulo desde seu surgimento. A definição da área problema foi destacada pela área com sucessão de eventos hidrológicos catastróficos de inundação.

Figura 3.2: Recorte da área de estudo – Bacia do Tamanduateí.

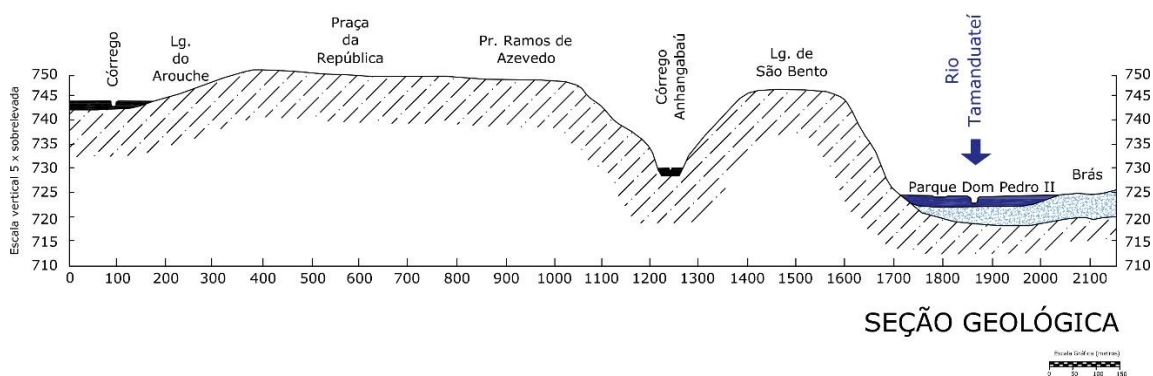


Fonte: Produção do autor.

O rio Tamanduateí está localizado na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BAT), fazendo parte de uma das seis Sub-bacias que drenam os principais rios da Região Metropolitana de São Paulo. A sua nascente se encontra no município de Mauá, na Gruta de Santa Luzia, sediada em um parque que abriga remanescentes de mata Atlântica (RAMALHO, 2007). O rio segue seu percurso passando por Santo André, São Caetano do Sul e deságua no Rio Tietê na cidade de São Paulo e possui Classe de enquadramento 4, conforme Decreto 10.755 de 22/11/1977 (ANA, 2017). A bacia do Alto Tietê possui atualmente 46 Piscinões, que foram construídos no intento de resolver problemas de inundações (RAMALHO, 2007), porém devido à alta impermeabilização e a supressão de áreas de planícies de inundação, estas medidas apenas amenizam os picos de vazão, mas não resolvem o problema.

A Sub-bacia do Rio Tamanduateí, foco deste estudo possui 320km<sup>2</sup> e extensão de 35 km, se encontrando em estágio avançado de ocupação urbana com cerca de 92% impermeabilização (GOUVEIA; RODRIGUES, 2017). O rio Tamanduateí se distribui entre a cota altimétrica 715 e 729 (Figura 3.3) em relação ao nível do mar (DAEE, 1981) e possui diversos afluentes, sendo os principais o Córrego Anhangabaú, Ribeirão dos Meninos, Ribeirão da Moóca, Córrego do Oratório, Córrego Guarará, Ribeirão Apiaí, Córrego Ipiranga, Ribeirão dos Couros, entre outros.

Figura 3.3 Características Geológicas de Relevô, Fisiográficas e Hidrográficas.



Fonte: Adaptada de SPBR (2019).

A maioria destes córregos tornaram-se “Córregos Ocultos”, termo utilizado por Bartalini (2004) ao descrever sobre a canalização e tamponamento de afluentes no espaço urbano paulistano (RAMALHO, 2007).

As planícies de inundação do Tamanduateí são formadas por bacias sedimentares fluviais quaternárias, geradas por processos de agradação, com planícies aluviais de baixa declividade, sendo que áreas de planícies de inundação seguem este padrão de declividade aumentando sua incidência em áreas mais planas (SESP, 2013), como é o caso específico da região do recorte do estudo.

A Tabela 3.1 descreve informações da Estação da Luz (E3-036), em que foi registrada a série histórica apresentada na Figura 3.3.

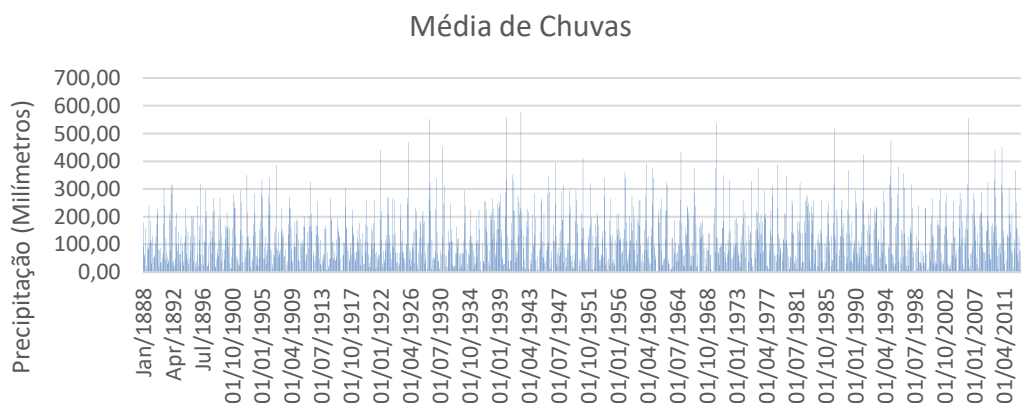
Tabela 3.1: Estação E3-036 - DAEE.

Entidade	Código	Período		Nome	Altitude (m)	Latitude	Longitude
	da Estação	Disponível	Prefixo				
FCTH- DAEE	2346045	1888-2004	E3-036	LUZ (ESTAÇÃO)	730,00	23° 32' 00"	46° 38' 00"

Fonte: Produção do Autor.

A RMSP por localizar-se na Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) o Regime de Chuva da Bacia é caracterizado por significativas precipitações durante a primavera e verão (Figura 3.4). A bacia do Alto Tietê recebe regularmente entre 1300 mm a 3000mm anuais. Fenômenos convergentes no ZCAS acrescido da brisa do mar, circulação de vale a montanha e de ilha de calor, conformam tempestades convectivas que caracterizam as chuvas na região de estudo.

Figura 3.4 Série histórica de chuvas do período (médias mensais).



Fonte: Produção do Autor.

A Variância encontrada na série histórica da ordem de 8629 e o desvio padrão da ordem de 93. Outros resultados de estatística descritiva seguem padrões apresentados na Tabela 3.2.

Da extensão total dos cursos d'água pertencentes à Bacia do Tamanduateí, 1,8 km se encontram retificados, o que corresponde a aproximadamente 16% e 178,7 km. A extensão dos que se encontram tamponados corresponde a 25,5%, onde o rio passa a ser internalizado, tornando-se uma galeria, desaparecendo de vez da paisagem urbana.

Tabela 3.2 Estatísticas descritivas - DAEE série histórica (1888-2014).

Min.	1st Quartil.	Median	Mean	3rd Quartil.	Max.
0.20	44.75	93.80	116.73	167.60	579.40

Fonte: Produção do autor.

Atualmente, níveis extremos de vazão no rio Tamanduateí podem chegar a 700 m<sup>3</sup>/s, embora a calha projetada comporte apenas 480 m<sup>3</sup>/s (GOUVEIA, 2010). Atualmente o Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais de São Paulo (PDMAT), prevê a implantação nos próximos anos de 46 reservatórios de retenção para diminuição da vazão de pico. Outras ideias estão sendo propostas com respeito à urbanização para contenção da impermeabilização na bacia, porém sem perspectivas de implantação por parte do poder público.

### 3.1.1. Escalas de análise sócio-hidrológica

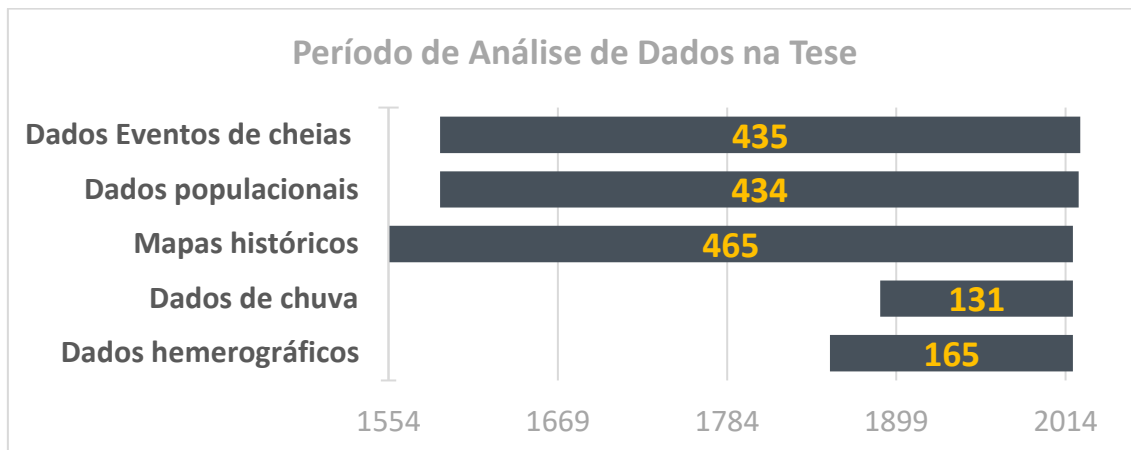
Visando à integração das escalas de análise, da bacia e social, no âmbito das interações sócio-hidrológicas históricas, a abordagem espacial foi cuidadosamente pensada com a aplicação dos princípios de análise espacial de *downscaling* e *upscaling*, sugeridos por Blöschl (2016). Integrando direção à análise espacial multiescalar, ao realizar essa transição de escalas acessou-se níveis distintos de complexidade e volume de informações que puderam ser agregados às análises.

A definição das escalas de trabalho a serem incorporadas nas análises sócio-hidrológicas teve início com a avaliação da disponibilidade de dados abertos na escala macro da bacia hidrográfica. A partir desse ponto, identificaram-se lacunas nos dados existentes que necessitavam ser preenchidas para uma análise sistêmica abrangente. Com o objetivo de



garantir uma amplitude nas análises, buscou-se integrar um vasto conjunto de dados históricos (Figura 3.5).

Figura 3.5 Conjunto de dados Espaço-temporais utilizados na pesquisa.



Fonte: Produção do autor.

O objetivo de incorporar dados da cidade desde sua fundação foi estender nossas análises ao período completo de transformações desta bacia, trazendo maior amplitude e riqueza de detalhes às análises no contexto sócio-hidrológico histórico.

### 3.2. Pesquisa e análise historiográfica

A história é um mosaico complexo que se constrói a partir de fontes diversificadas, entrelaçando eventos, perspectivas e interpretações. A historiografia, em sua essência, busca desvelar os véus do passado através de um exame meticuloso dessas fontes, com o objetivo de construir uma narrativa coerente e fundamentada. Neste capítulo, nos debruçaremos sobre as metodologias e as análises historiográficas que fundamentam o cerne desta investigação, delineando os contornos do que será uma incursão profunda nos registros históricos.

#### 3.2.1. Pesquisa hemerográfica

A pesquisa hemerográfica constitui um dos pilares essenciais do trabalho historiográfico. Ela se dedica ao estudo de documentos históricos publicados periodicamente, como jornais, revistas, boletins e outros materiais impressos que, em sua regularidade e temporalidade específica, capturam o pulso da vida social, política e cultural de uma

época. Esses fatos publicados são testemunhos preciosos do cotidiano, refletindo as dinâmicas sociais e as transformações ao longo do tempo.

A busca por esses documentos foi conduzida através de arquivos, bibliotecas e coleções digitais, em que foi realizado um mergulho na atmosfera de outros tempos, emergindo com material que serve tanto para iluminar eventos específicos quanto para compreender tendências e padrões mais amplos. Como parte da coleta de dados e registros sobre os eventos históricos de inundação ocorridos no recorte do estudo, foram realizadas buscas em mídias no Arquivo Público do Estado de São Paulo, assim como em sites de conteúdo digital e também no site do Centro de Gerenciamento de Emergências de São Paulo (CGESP). Estas buscas auxiliaram também na compreensão do contexto político social da época. A exposição midiática dos eventos da época confere aos fenômenos sociais e aos fatos ocorridos, visibilidade pública, captando interesses e conflitos presentes no senso comum da sociedade e no tratamento público de questões relacionadas aos eventos estudados.

A análise dos periódicos permitiu traçar um panorama das narrativas que foram tecidas nas malhas do tempo, identificando como determinados temas foram tratados, discutidos e entendidos, ofereceu ainda a oportunidade de reconstituir fragmentos de um passado que parece distante, mas também revelam conexões, continuidades e rupturas que ressoam até o presente. A pesquisa hemerográfica de forma geral neste estudo, deu suporte ao mapeamento e caracterização de eventos de inundação, realizada através da compilação de dados históricos. Os jornais e revistas consultados encontram-se no Arquivo Público do Estado de São Paulo e em sites de domínio público e foram acessados entre os meses de junho de 2019 e fevereiro de 2023.

Esta subseção, portanto, descreve a abordagem metodológica adotada e estabelece as bases para as análises subsequentes, que se propõem a desvendar os elos entre as narrativas e acontecimentos históricos com base nos relatos e discursos midiáticos publicados ao longo do tempo.

### **3.3. Mapeamento e processamento de dados espaciais**

O Banco de Dados Georreferenciado (BDG) foi composto a partir de fontes de dados cartográficos provenientes de imagens de alta resolução do Acervo Cartográfico do Arquivo Público do Estado de São Paulo. Posteriormente, esses dados foram vetorizados

e processados no ambiente GIS através da ferramenta na versão 3.32.1 do software QGIS, complementado pelo plug-in Lima ©; A demarcação territorial municipal, juntamente com informações sobre limites e áreas de influência da bacia, é disponibilizada como dados abertos no formato *shapefile*, acessíveis no portal da prefeitura de São Paulo e no portal da Agência Nacional de Águas. Neste mapeamento utilizou-se bancos de dados públicos descritos no (Apêndice A.2).

Foram produzidos e incorporados também dados de relevância secundária ao nosso estudo como instrumentos para análises preliminares, sendo eles: (a) Mapeamento de ruas que sofrem inundações, realizado através de registros do Centro de Monitoramento de Emergências Climáticas (CGE) da cidade de São Paulo e a posterior, destacadas em um mapa único no ambiente GIS através da ferramenta na versão 3.32.1 do software QGIS, complementado pelo plug-in Lima ©; (b) Zona de inundação no território, para delinear o alcance das águas no território de forma simplificada foram aferidos a altimetria dos pontos de alcance da água no local de estudo e traçado; (c) Mapa de Uso do Solo, construído a partir da análise espacial de mudanças no uso e cobertura do solo e caracterização atual da bacia, foram realizados a partir de dados provenientes do projeto MAPBIOMAS (2015), sendo destacadas apenas as classes de uso e cobertura relevantes, com informações originadas de imagens Landsat, que possuem uma resolução espacial de 30x30 metros. (d) Mapa hipsométrico, realizado a partir de modelo digital de elevação (*DEM*) e de estereopares de imagem de sensores remotos orbitais, com base em dados de imagem de Satélite IKONOS com resolução de 11x11 km, bandas *B&W*, *blue*, *green*, *red* e *infrared*. A posterior aplicação de ferramentas *GIS* para a definição do *DEM* em planos na projeção UTM, 21s, *Datum* SAD69/96, com extensão geográfica equivalente a -46,63° N, -46,63° S, -23,55° L, -23,54° (d).

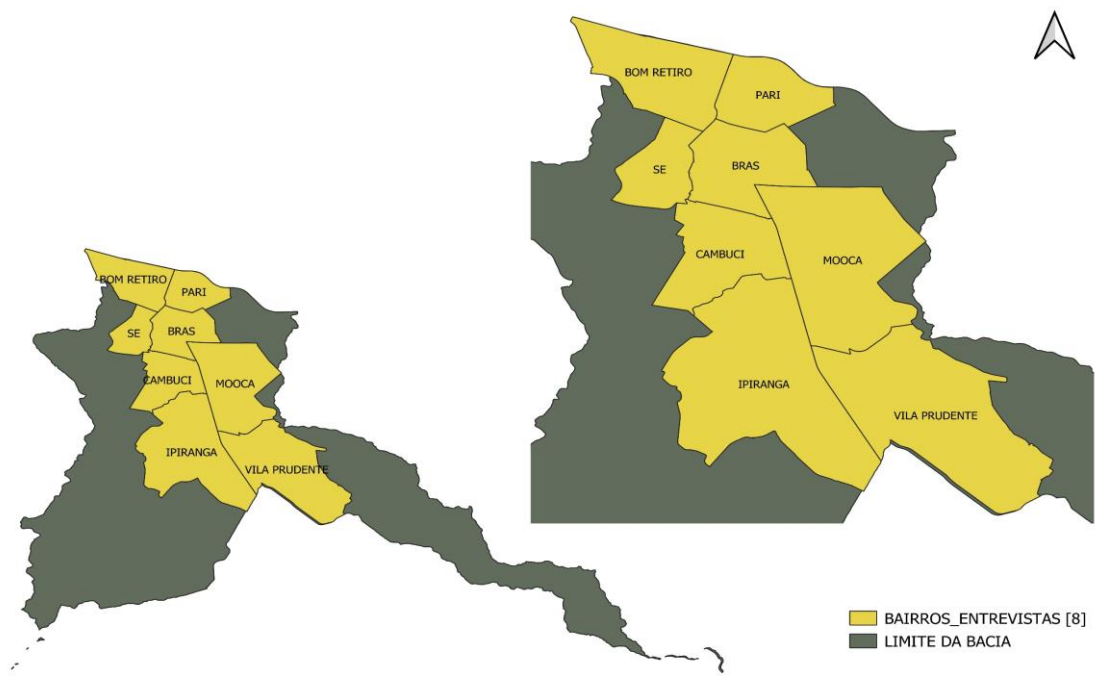
### **3.4. Coleta de dados sociais**

A pesquisa de campo buscou através de entrevistas explorar a compreensão social perante a somatória de eventos catastróficos vivenciados nos bairros adjacentes ao Rio Tamanduateí na cidade de São Paulo. A importância da coleta e análise de dados empíricos para identificar padrões emergentes de dinâmicas sócio-hidrológicas, em planícies de inundação de rios, tem sido destacada em estudos empíricos

(MAZZOLENI et al. 2021), os quais vem sendo realizados em diferentes locais no mundo, a exemplo de Ferdous et al. (2019a, 2019b) e Kreibich et al. (2017).

Considerando as vivências diretas dos residentes das áreas impactadas por inundações na bacia, esta pesquisa excluiu realizar uma análise aprofundada dos riscos, mas considerou capturar de maneira individualizada a percepção das experiências vividas apenas por moradores residentes na região de estudo, diante dos eventos de inundação mais recentes, bem como suas experiências anteriores com outros eventos similares. Além disso, buscou-se obter informações sobre a percepção individual em relação às medidas governamentais e sua eficácia na resolução do problema dentro do contexto analisado. A amostra da pesquisa consistiu em indivíduos residentes nos bairros da Bacia do Rio Tamandateí que vivenciaram eventos de inundação, com idade igual ou superior a 18 anos, sem restrições quanto ao gênero, religião ou classe social. A pesquisa concentrou-se em regiões mais afetadas próximas ao rio para a coleta de dados de campo, foram selecionados bairros próximos ao Rio Tamandateí (Figura 3.6) que são frequentemente afetados por inundações, incluindo Bom Retiro, Brás, Cambuci, Ipiranga, Mooca, Pari, Sé e Vila Prudente.

Figura 3.6 Bairros Entrevistas.



Sé e Vila Prudente.

Fonte: Produção do autor.

A pesquisa foi desenvolvida com perguntas fechadas e submetida através da Plataforma Brasil ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Metodista de São Paulo (CEP 5508 - UMESP), cadastrada no número CAAE 28746519.7.0000.5508, em que tramitou até sua aprovação na data de 18/05/2020. Foi realizado um pré-teste do questionário, na data do dia 23 de maio de 2020, com um grupo de 15 pessoas, com o objetivo de identificar problemas possíveis de compreensão e ambiguidade nas perguntas. A coleta de dados seguiu a aprovação no Comitê de Ética e foi realizada entre os meses de maio de 2020 a agosto de 2020.

Os Passos estipulados para realização das entrevistas foram: (a) Redação da Ficha de Registro de Inventário (instrumento de coleta de dados), (b) Redação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, (c) Submissão ao Comitê de Ética através da Plataforma Brasil para aprovação da referida pesquisa; (d) Início das entrevistas por bairro; (e) Análise dos resultados, (f) Espacialização dos resultados. O Termo De Consentimento Livre e Esclarecido aplicado durante as entrevistas segue as normas presentes na Resolução nº 466, do Conselho Nacional de Saúde de 12/12/2012. Para garantir uma representação mais precisa das posturas da população frente ao evento de inundação e suas experiências. Assegurando o nível adequado de confiança na amostragem da pesquisa, adotou-se uma margem de erro de 5% para a análise, o que resultou em um total de 384 entrevistados. A alocação das entrevistas por bairro foi determinada com base na proporção do número de habitantes em cada região (Tabela 3.3), garantindo uma divisão proporcional destas.

As entrevistas tiveram como propósito compreender o somatório da percepção social através de sua experiência antes, durante e após os eventos vivenciados. Entrevistou-se residentes locais, por meio de um questionário de Avaliação da Percepção Individual e respostas aos eventos de inundação vivenciados na Bacia. Destacamos que as entrevistas foram coletadas poucos meses após a ocorrência de um grande evento que ocorreu entre os dias 9 e 10 de fevereiro de 2020, que começou na madrugada de domingo e continuou até a segunda-feira.

As respostas fornecidas são importantes para a captura de informações do comportamento humano, nesta comunidade especificamente, diante de eventos grandes de inundação que

ocorrem periodicamente na região, com o objetivo de aprimorar a compreensão do problema desde a perspectiva social. As entrevistas possuem também objetivos secundários de agregar corpo à contextualização do problema vivenciado dentro da comunidade recriando uma atmosfera da percepção social para compreender como se comporta no enfrentamento do problema.

Tabela 3.3 Número de entrevistas por bairro.

<b>Bairros</b>	<b>Número de Entrevistados</b>
Bom Retiro	30
Brás	26
Cambuci	33
Ipiranga	96
Mooca	68
Pari	16
Sé	21
Vila Prudente	94
Total	394

Fonte: Produção do autor.

O último grande episódio de inundação vivenciado pela comunidade meses antes da coleta das entrevistas, foi notavelmente distinguido pelo registro histórico de precipitação para o mês de fevereiro, o mais elevado em 37 anos, com um pico de 88,7 mm em 24 horas. Esse fenômeno hidro meteorológico foi induzido por um sistema de frente fria, acompanhado por uma depressão atmosférica, conforme reportado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A intensidade e o volume de água resultaram em um expressivo aumento do nível dos rios e córregos urbanos, ultrapassando a capacidade de absorção do solo e excedendo a eficiência dos sistemas de drenagem urbana. O Corpo de Bombeiros da cidade de São Paulo (CCB) registrou um total de 1.018 chamadas relacionadas a incidentes provocados pela inundação, ressaltando a magnitude do impacto sobre a infraestrutura urbana e os serviços de emergência. Além disso, foi lamentavelmente confirmado um óbito por afogamento, o que evidencia os riscos à segurança humana associados a eventos hidrológicos. Os danos econômicos, por sua vez, foram substanciais, segundo a Federação do Comércio de Bens, Serviços e Turismo do

Estado de São Paulo (FecomercioSP), estimando perdas superiores a 110 milhões de reais.

### 3.4.1. Espacialização de dados sociais

Neste subitem da tese, a espacialização dos dados sociais foi realizada com base na coleta de informações provenientes de diversas seções de interesse da pesquisa, as quais foram especializadas seguindo as escalas de avaliação e siglas de fatores correspondentes.

As Seções Entrevistas, que abrangem desde as Informações Demográficas até a Percepção Ambiental e Apoio Institucional, apresentam uma variedade de fatores sociais analisados, tais como idade, sexo, classificação de renda mensal familiar, memória episódica e experiências anteriores com inundações.

Cada fator é descrito e avaliado em uma escala específica (Quadro 3.1), com o objetivo de compreender de forma abrangente as percepções e comportamentos dos entrevistados diante de eventos de inundação e suas consequências. Os dados foram coletados através de diferentes seções de interesse da pesquisa e espacializados seguindo as escalas de avaliação e siglas de fatores.

Quadro 3.1 Percepção Individual do Entrevistado.

SEÇÕES ENTREVISTAS	DESCRIÇÃO	SIGLAS DE FATORES	DESCRIÇÃO DOS FATORES SOCIAIS	ESCALA AVALIAÇÃO
Seção 1	Informações Demográficas	ID_DEM	Idade	1-100
		SX_DEM	Sexo do entrevistado	1-3
		CLAS_REND	Classificação de Renda Mensal Familiar (Salário mínimo)	1-10
Seção 2	Níveis de Memória Episódica e Percepções Antes do Evento	M_EP	Memória Episódica	1-10
		EXP_ANT	Experiências Anteriores com inundações	1-10
		ALER	Recebimento de Alerta	0-1
		PREP_GOV	Treinamento para emergências	0-1
Seção 3	Percepções Durante a Inundação	ADAP_IND	Estratégia de Adaptação Individual	0-1
		PR_IND_DU	Preparo individual durante a inundação	1-10
		PLAN_EVC	Existência de Plano de Evacuação individual/familiar	0-1
		SENS_INS	Sensação de Insegurança	1-10
		EVC	Precisou evacuar-se do local	0-1

continua

Quadro 3.1 – Conclusão.

Seção	Percepções Pós-Inundação	AV_DANOS		
Seção 4			Avaliação de Danos Individuais	1-10
Seção 5	Respostas Individuais e Recuperação	CAP_REC	Capacidade de Recuperação	1-10
Seção 6	Percepção de Risco Futuro e Preparação	PER_RISC_F	Percepção de Risco (Futuro)	1-10
		PRE_IND_PS	Preparo individual Pós-inundação (Próximo Evento)	0-1
Seção 7	Percepção Ambiental e Apoio Institucional	CONF_GOV	Confiança nas Instituições para soluções	1-10
		CNS_AMB	Consciência Ambiental	1-10
		CONV_RIO	Satisfação na convivência com o Rio	1-10

Fonte: Produção do autor.

A continuação da metodologia adotada nesta pesquisa, buscou-se combinar conceitos da sócio-hidrologia com métodos de análise espacial de dados, utilizando o software GeoDa. Inicialmente o comportamento das respostas das variáveis coletadas foram observadas através de análise estatística simplificada de dispersão no mesmo software.

Em um segundo momento aplicou-se o método para analisar a presença de agrupamentos com o algoritmo KMeans (MOHAMAD; USMAN, 2013). O objetivo é investigar os agrupamentos dos dados das variáveis relacionadas, considerando o espaço geográfico como um elemento fundamental.

O método de análise espacial de dados escolhido, o algoritmo KMeans, foi configurado com 5 agrupamentos e utilizado com uma inicialização aprimorada (KMeans++), realizando 150 execuções de inicialização. O algoritmo foi configurado para um máximo de 1000 iterações, com os dados padronizados (Standardize - Z) e a função de distância Euclidiana para medir as relações entre as variáveis.

Essa abordagem metodológica permitiu uma compreensão mais profunda das interações entre as variáveis sócio-hidrológicas dentro do espaço geográfico estudado, contribuindo para a identificação de padrões e insights relevantes para o entendimento dos processos em análise. A Análise de Agrupamento seguiu as seguintes divisões de valores na escala entre 1 a 5 (Tabela 3.4) e 0 a 1, quando as respostas forem variações entre sim e não, ambas baseadas nas respostas do Questionário Aplicado (Apêndice B.1):



Tabela 3.4: Análises sociais de percepção individual.

<b>GRAU DE PERCEPÇÃO INDIVIDUAL</b>					
Variável Percepção de Risco	MENOR			MAIOR	
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	1	2	3	4	5
Variável Memória Episódica	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
	1	2	3	4	5
Variável Sensação de Insegurança	Seguro	Médio	Inseguro	Muito Inseguro	Extremamente Inseguro
	1	2	3	4	5
Variável Eventos Anteriores	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10
	1	2	3	4	5
Variável Preparo Individual	Muito Alto	Alto	Médio	Baixo	Muito Baixo
	1	2	3	4	5
Variável Convívio nas Proximidades do Rio	Satisfatória	Neutro	Insatisfatória	Muito Insatisfatória	Extremamente Insatisfatória
	1	2	3	4	5

Fonte: Produção do autor.

A integração de técnicas estatísticas simples, permitiu identificar padrões e agrupamentos relevantes nos dados, considerando a dimensão geográfica como fator-chave. A combinação de metodologias de sócio-hidrologia e de análise espacial, oferecem percepções valiosas para a compreensão dos processos em estudo, ampliando não apenas a compreensão das relações entre as variáveis investigadas, mas também impulsionando progressos nesta investigação.

### 3.5. Caracterização das interações sócio-hidrológicas

A caracterização dos fenômenos foi construída através de metodologias sugeridas por Blöschl (2017), adaptadas às necessidades peculiares da Bacia do Rio Tamanduateí e suas dinâmicas humano-inundações na cidade de São Paulo. Através desta caracterização realizou-se identificação e a interações de processos associados a fenômenos típicos descritos pela ciência da sócio-hidrologia e de suas interações.

A seleção das variáveis que compuseram o sistema foi baseada na identificação de fenômenos sócio-hidrológicos fundamentais, conforme definidos por Sivapalan (2014; 2015), Blöschl (2016) e Di Baldassarre (2013 a, b, 2014, 2015, 2016), e também levando em conta os fenômenos emergentes específicos do local de estudo. Foram investigadas as interações entre os aspectos sociais e hídricos durante eventos de inundação, com foco na análise das variáveis de curto e longo prazo, avaliando o impacto e a influência desses fatores no sistema.

### **3.5.1. Análise de interações acopladas**

As interações no contexto da pesquisa foram abordadas por meio de duas metodologias complementares. Inicialmente, utilizamos os Diagramas de Laço Causal (*CLD*) para mapear e compreender as relações dinâmicas do sistema. Essa abordagem analítica tem sido fundamental em estudos sócio-hidrológicos, conforme evidenciado por Di Baldassarre et al. (2013a), Barendrecht et al. (2017), Gu Jiali et al. (2021), Gohari (2022) e Eggert et al. (2024), e posteriormente, procedemos à utilização de uma ferramenta que integrasse todo o Banco de Dados histórico multi-escalar.

Baseado na teoria da Dinâmica de Sistemas proposta por (FORD, 1999; MEADOWS, 2009), foram realizadas análises de componentes de interações complexas do sistema, em que as variáveis foram analisadas de acordo com a polaridade da causalidade e suas respostas sistêmicas. Através do ferramental de diagrama de laços causais (*CLD – Casual Loop Diagram* do inglês) que integra a teoria de dinâmica de sistemas, se dará a compreensão do problema. O *CLD* que permitirá a visualização das interações, demonstrando como um componente do sistema afeta outro componente, e a análise de fluxos que irá representar a dinâmica de componentes dentro do sistema.

Posteriormente, para integrar o Banco de Dados, utilizou-se o conceito de Cubo-Temporal, desenvolvido por Parker et al. (2002), integrando dimensões sócio-hidrológicas uma única estrutura analítica. E para a implementação efetiva da segunda metodologia, recorre-se a uma funcionalidade de dentro do software TerraME de nome Espaço Celular, em que realizamos a configuração do Espaço Celular, permitindo a junção de todas as informações em um único lugar. Estas duas técnicas nos permitiram uma análise integrativa e multidimensional dos padrões sócio-hidrológicos propostos. A estrutura de Preenchimento de Células do módulo de extensão do gerenciador de Script,

foi composto por grid de células de 1x1m. No plano celular são integrados dados atribuindo operadores para a geração de cada camada. Incluindo pontos, linhas, polígonos e rasters, as distâncias mínimas e máximas foram estimadas através da metodologia de distancias euclidianas.

A proposição da modelagem sócio-hidrológica com viés histórico, possui abordagem mista, que integra dados qualitativos e quantitativos em suas análises multiescalares. Para a interpretação e análise desses dados, é necessário considerar diferentes níveis de complexidade e dados. No que concerne às interações sócio-hidrológicas, o estudo integra conhecimentos das ciências sociais, hidrológicas e de outros campos da ciência, recorrendo a pesquisa de campo, incorporando narrativas descritivas e históricas que detalham eventos significativos de inundações.

Para facilitar a compreensão dos momentos históricos que a sociedade paulistana vivenciou em todo seu processo, contextualizou-se as interações analisadas totalizando 4 séculos distintos, nomeou-se assim, por períodos de análise os diagramas de Loops Causais, da seguinte forma: (a) Ciclo do Caminho Natural (1500-1700), (b) Ciclo da Nova Ordenação (1700- 1800), (c) Ciclo de Grandes Intervenções (1800-1900), (d) Ciclo de Colapso (1900-2000). O diagrama reflete as interações de forçantes que distinguem grandes interações potenciais (setas com linhas mais grossas) de interações de potenciais menores (setas com linhas mais finas), processo com maior tempo de duração (setas com linhas duplas transversais). O sistema apresenta condições de equilíbrio ou neutralidade ou reforço negativo (-) e condições de reforço positivo (+).

Quanto ao aspecto quantitativo da pesquisa, técnicas avançadas de geoprocessamento e princípios da hidrologia e dados sociais foram aplicadas para aprofundar a compreensão dos fenômenos estudados. A sinergia entre os componentes qualitativos e quantitativos foi estabelecida através de uma estrutura de dinâmica de sistemas, complementada por modelagem espacial. Este método integrado, busca não apenas mapear, mas também compreender as complexas interações entre os elementos sociais e os processos hidrológicos a fim de fornecer insights valiosos para a gestão de recursos hídricos e o planejamento urbano.

### **3.5.2. Identificação de padrões típicos e emergentes na bacia**

A identificação de Padrões Emergentes na Bacia, foi realizada durante as análises historiográficas, realizadas ao longo do estudo. O critério de escolha das variáveis foi através da identificação de fenômenos sócio- hidrológicos já explorados por Sivapalan (2014; 2015), Blöschl (2016) e Di Baldassarre (2013a, b, 2014, 2015, 2016) e por fenômenos emergentes próprios do local de estudo. Foram analisadas interações sócio-hidrológicas em eventos de inundação, através da observação das variáveis de curto, médio e longo prazo, considerando sua interferência e capacidade de perturbação no sistema analisado.

As relevâncias das dinâmicas sócio-hidrológicas serão analisadas através de seu processo evolutivo histórico entre Rio e sociedade, em que as interferências no sistema são historicamente apresentadas. Para a devida contextualização histórica, é também importante recriar a atmosfera político-social que impulsionou e direcionou o desenvolvimento humano no local de estudo, desde o princípio.

Através da modelagem sócio-hidrológica sugerida por Blöschl (2016), foram conduzidas análises multiescalares, identificando padrões emergentes, específicos do sistema humano-inundações no local de estudo. Ao longo do processo destas análises, fenômenos emergentes, como, padrões sociais nos locais de assentamento humano, transições críticas, dependência de trajetória, situações de bloqueio, colapso do sistema, foram identificados. Durante estas análises, diversos fenômenos emergentes foram mapeados, incluindo os padrões de ocupação social em zonas propensas a inundações, transições críticas no sistema, a dependência de trajetórias históricas, pontos de estrangulamento que precipitam bloqueios sistêmicos, e até o potencial de colapso. Esses insights revelaram a complexidade e a dinâmica intrínseca do sistema sócio-hidrológico do local estudado.

No capítulo a seguir abordou-se os processos históricos da bacia e da sociedade, sob a perspectiva da sócio-hidrologia, destacando os fatores que influenciaram esta análise abrangente, desde os primórdios do estabelecimento humano na região em estudo até a situação atual desafiadora.

## 4 RESULTADOS

### 4.1. Historiografia sócio-hidrológica da bacia do Rio Tamanduateí

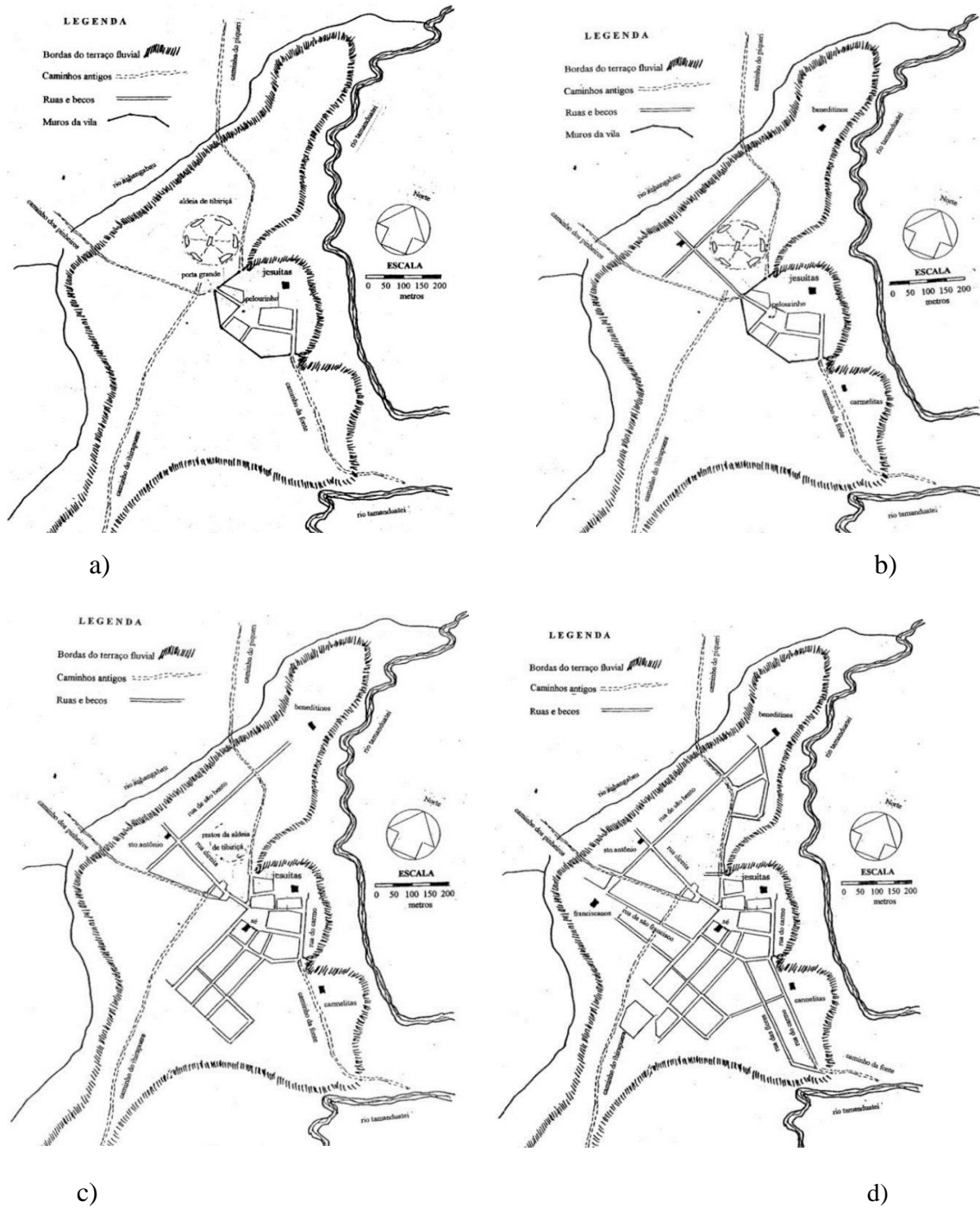
A metrópole de São Paulo viu sua primeira colonização ocorrer no território dos povos nativos, na região de interflúvio Tamanduateí-Anhangabaú (Figura 4.1e). Tamanduateí, de acordo com o dicionário morfológico Tupi-guarani, significa Rio dos peixes secos (RAMALHO, 2007), também já foi outrora conhecido como Rio Piratininga. As águas do rio e suas planícies de inundação desempenharam um papel fundamental para os antigos habitantes indígenas locais. De 1532 a 1560, as primeiras edificações foram concebidas com o propósito de facilitar a comunicação, o abastecimento, o transporte e a proteção contra possíveis ataques dos povos indígenas (BARTALINI, 2006). Essas estruturas foram erguidas nas regiões mais elevadas do interflúvio, com uma diferença de altitude de 30 metros em relação aos leitos dos rios (SANTOS, 2011).

Inicialmente, a vila Piratininga era povoada pelos nativos, denominados “Índios de Tibiriçá”. Mais tarde, João Ramalho e colonos portugueses uniram-se aos nativos locais e, por fim, os jesuítas, liderados por Manoel da Nóbrega, chegaram e se instalaram na região em que posteriormente seria fundada a urbe de São Paulo (ROCHA FILHO, 1992, 2017).

Após enfrentarem os brejos com muitos mosquitos dos novos rios, o Grande e o Pequeno, os colonizadores escolheram o Rio Piratininga como principal meio de exploração das novas terras. Ao longo desse vale encontraram a várzea que os protegeria dos índios por causa da cheia do Rio Anhangabaú e do Piratininga (atual Tamanduateí) [...]. (RAMALHO, 2007).

No ano de 1560, após seis anos de fundação do colégio jesuíta, a comunidade se elevou a categoria de vila, em que se definiu então, sua função, a político-administrativa. A Vila de São Paulo dos Campos de Piratininga tinha apenas pouco mais de 150 moradores e, de acordo com as atas do conselho (ATAS DA CAMARA, 1562, 1596), a vila dispunha apenas de 3 caminhos principais (Figura 4.1a), os quais se dirigiam ao mar percorrendo as fazendas desses moradores. Eram eles o caminho do Ibirapuera na direção sul, o caminho do Piqueri, na direção norte e o caminho de Pinheiros na direção oeste.

Figura 4.1: Expansão do traçado urbano primeiro da Vila de São Paulo de Piratininga a (1600), b (1600), c (1650), d (1700).



Fonte: Rocha Filho (2017).

Durante a fase inicial da colonização, o crescimento da cidade foi gradual e a vila se manteve circunscrita ao muro construído pelos jesuítas que cercava e protegia a cidade (ATAS DA CAMARA, 1914, 1915), sendo inevitável sua expansão.

O rio Tamanduateí e suas planícies de inundação desempenharam um papel fundamental para os primeiros habitantes da região, que habilmente criaram suas rotas e trilhas ao longo do rio e suas planícies de inundação. Foi por meio das antigas trilhas indígenas e dos cursos dos rios que a Vila de São Paulo dos Campos de Piratininga se expandiu, começando a formar e desenvolver seu território por meio dessa intrincada rede de caminhos desde os primórdios da cidade (BUENO, 2009).

Neste cenário, registros de perturbações causadas por condições meteorológicas locais já faziam parte do cotidiano dos primeiros habitantes da Vila de São Paulo dos Campos de Piratininga. O padre jesuíta José de Anchieta descreveu em cartas datadas de 31 de maio de 1560:

*...“Com os trovões tremem as casas, caem as árvores e tudo se conturba”...*

*...“Não há muitos dias, estando em Piratininga, depois do pôr do sol, de repente começou a turvar-se o ar, a enevoar-se o céu, a amiudarem-se os trovões e os relâmpagos; o vento sul envolveu a terra até chegar ao nordeste, donde quase sempre costuma vir tempestade, ganhou tal violência que parecia o Senhor ameaçar com a destruição. Abalou casas, arrebatou telhados, derrubou matos, arrancou pelas raízes grandíssimas árvores, partiu ao meio ou destroçou outras, de maneira que nos matos se taparam caminhos sem ficar nenhum. ”[...]*

*[...]“Em meia hora (que não durou mais) é de espantar quanta devastação produziu em árvores e casas; e na verdade se Deus não abreviasse aquele tempo nada poderia resistir e tudo se arrasaria”.*

Padre José de Anchieta explicou ainda que era:

*“Muito grande a abundância das chuvas”...*

As descrições detalhadas de Padre José de Anchieta não apenas evidenciam as adversidades climáticas enfrentadas pelos colonizadores e pela população indígena na Vila de São Paulo dos Campos de Piratininga, mas também sublinham seus primeiros desafios. Mesmo com as frequentes tempestades, a vila persistia, adaptando-se e moldando-se às condições imprevisíveis e foi neste contexto de superação e ajustes ao

ambiente que, a partir de 1583, a vila começou a se expandir (Figura 4.1.1a). Seguindo as antigas trilhas indígenas e as rotas dos rios, a comunidade foi além das áreas elevadas, estabelecendo-se em novos territórios (BUENO, 2005). E assim, enquanto a vila se desenvolvia, os índios de Tibiriçá, que foram cercados por arruamentos (Figura 4.1.1b) e já pressionados pela expressiva mudança em seus modos de vida e pela disciplina estrita dos padres jesuítas, viam-se compelidos a deixar a vila que ajudaram a formar. Em 1560, marcaram sua resistência abandonando a vila recém-criada e dispersando-se pelas redondezas, com alguns até mesmo ameaçando os jesuítas de morte (ROCHA FILHO, 2017). A expansão da vila, portanto, não foi apenas um movimento físico através do território, mas também um reflexo das tensões sociais e culturais que se desenrolavam no seio da jovem comunidade.

O século XVII foi um período de transformações lentas e graduais, em que a cidade começou a estabelecer as bases para o seu futuro crescimento. Neste contexto, a relação entre urbanização, meio ambiente e sociedade já apontava desafios que persistiriam e se intensificariam com o passar dos séculos (VELLOSO, 2013). Ainda naquele tempo, São Paulo era predominantemente rural, com uma economia baseada na agricultura de subsistência e no trabalho dos bandeirantes. Estes partiam em expedições para capturar indígenas e procurar metais preciosos (ARRUDA, 2011). As marcas da urbanização eram incipientes (Figura 4.1b), com habitações simples, algumas igrejas e poucas construções.

Durante o mesmo século, a região de São Paulo foi cenário de numerosas tensões sociais geradas pela dinâmica da colonização portuguesa e pelo processo de expansão das fronteiras territoriais. A convivência entre diferentes grupos - colonos europeus, povos nativos, escravizados africanos, pessoas de origem mista e os bandeirantes - era frequentemente marcada por conflitos (TAUNAY, 1953). Disputas por terras e recursos, bem como a violência nas relações entre colonizadores e comunidades indígenas, eram eventos comuns. A estrutura social estratificada, em que uma elite branca detinha o poder sobre outros grupos étnicos, provocava choques sociais e raciais, levando a movimentos de resistência e insurreições, sendo que, em 1637 a Câmara orgulhosamente afirmava, que sua vila contava “passante de seiscentos vizinhos”, indicando o número total de habitantes naquele período, da futura cidade de São Paulo (TAUNAY, 1953).



Os conflitos armados entre grupos exploradores e comunidades nativas eram corriqueiros, especialmente nas incursões em busca de escravos e metais valiosos. Divergências religiosas também emergiam, em particular em torno das tentativas de conversão dos colonizados ao cristianismo (ARRUDA, 2011). A disputa pela posse de terra era uma fonte adicional de instabilidade, com frequentes confrontos entre as partes interessadas, o que revela a complexidade dos embates sociais que marcaram a formação da sociedade paulista no período colonial (TAUNAY, 1953).

No contexto de São Paulo no século XVII, a importância da atividade agrícola, como a produção de cana-de-açúcar e a criação de gado, se destaca como fundamental para a economia regional, impulsionando o crescimento econômico e demográfico através da expansão da fronteira agrícola, surgimento de grandes fazendas, organização social e política, hierarquias de poder, interações sociais, papel do comércio e presença dos povos indígenas (MONBEIG, 2004).

Um fator determinante no desenvolvimento da cidade foi a descoberta de ouro em Minas Gerais, o que estimulou o comércio e a circulação de pessoas por São Paulo, marcando o início de transformações urbanas significativas (TAUNAY, 1953), em que o crescimento urbano mais significativo, ganharia impulso apenas no século XVIII, em continuidade ao ciclo do ouro, que fez de São Paulo um ponto estratégico para os caminhos que levavam às minas (Figura 4.1c). Estas transformações impulsionaram a prosperidade e o avanço da região, elevando-a à condição de um relevante entreposto comercial. (ARRUDA, 2011).

A cidade de São Paulo, no século XVIII, ainda distante da metrópole que viria a ser, testemunhou uma série de transformações significativas que moldaram não apenas seu território, mas também sua estrutura social e econômica. Neste período, a cidade estava em meio a um processo de expansão urbana, embora muito mais modesto que as ondas de crescimento que ocorreriam nos séculos subsequentes (CORTESÃO, 1955). Em 1711, São Paulo dos Campos de Piratininga passou de vila para cidade. Até meados do século XVIII, a ocupação das planícies entre o interflúvio (Figura 4.1d) não teve expansão urbana considerável (AB`SÁBER, 1958), neste período tivemos registrados problemas com o aumento de casos de malária e outras enfermidades (TOLEDO, 2012). No final deste século, São Paulo passou por transformações econômicas significativas, com a

promoção de culturas agrícolas variadas em grande parte de seu território, impulsionadas por políticas de fomento agrícola da Coroa e agentes metropolitanos, em que, o comércio entre São Paulo e Portugal continuou a prosperar, uma vez que a interação mercantil já estava bem estabelecida e em pleno vigor e consolidação comercial (MICHELI, 2018).

No início do século XIX, as inundações ainda persistiam como um desafio significativo para a população, e a crescente conscientização sobre esses eventos levou o poder público a assumir um papel mais ativo em sua gestão, reconhecendo as inundações como um problema de sua competência. (ATAS DA CAMARA, 1810). Essa época foi marcada por uma série de relatos sobre as condições naturais e climáticas na cidade, contribuindo para uma melhor compreensão dos fenômenos ambientais que afetavam a sociedade.

Um desses relatos foi fornecido por Auguste de Saint-Hilaire (1851), um viajante francês e botânico renomado, que, entre 1816 e 1822, explorou a Província de São Paulo. Durante suas expedições, ele documentou meticulosamente as condições meteorológicas e seus efeitos sobre os ambientes que visitava. Em sua obra "Viagem à Província de São Paulo", Saint-Hilaire faz 63 menções a eventos de chuvas intensas, empregando o verbo "inundar" em nove ocasiões. Essas observações de um olhar estrangeiro forneceram um relato valioso sobre a frequência e impacto das enchentes na região, contribuindo para o entendimento histórico dos desafios climáticos enfrentados pelos habitantes locais. O viajante menciona que:

“Constitui um verdadeiro suplício viajar pelo Brasil na época das chuvas”  
(1851).

A partir de 1822 o poder público manifesta novamente seu posicionamento sobre os problemas de inundações sofridos pela população já naquela época, havendo a princípio manifestações por parte do governo provisório se desfazendo da importante função das várzeas:

“[...] todos padecem grandíssimos encomodos no tempo das aguas por ficar o caminho intransitável, [...] esta [várzea] tem ficado sempre no miserável estado de terem nela morrido animais empantanados à vista da cidade [...]”  
(Registro Geral, de 11.04.1822).

Richard Morse em sua obra “De comunidade à Metrópole”, descreve as cheias do início do século XIX:

“Por volta de 1820 e ainda por várias décadas depois, a cidade ficava periodicamente isolada com a enchente de seus dois rios próximos. O sinuoso Tamanduateí, inundando a várzea do Carmo, infligia à cidade 'nevoeiros importunos, humidades, defluxos e reumatismos', privando-a também de terras produtivas” (MORSE, 1954).

Neste cenário, em 1823, o poder público emitiu alerta relacionados a riscos envolvendo sujeiras e epidemias provindas do rio Tamanduateí e sugere sua canalização (HISTÓRICA, 2014). Em 1835, a Assembleia Provincial retomou as discussões sobre a canalização do rio Tamanduateí, demonstrando a persistência da preocupação com a saúde pública e o desenvolvimento da região (ATAS DA CAMARA, 1900).

O desenvolvimento inicial da Vila, em 1850, permaneceu circunscrito a presença de dois rios e também pelas bordas do terraço fluvial (Figura 4.1d), sendo impulsionado, neste período, através das descobertas das primeiras minas de ouro, prata e ferro nos arredores da vila, e também pelos sucessos ou dificuldades da economia cafeeira, o chamado “ouro verde”. Com a gradativa aproximação do assentamento humano ao rio e também de suas planícies de inundação os eventos passaram a causar danos à comunidade, representando perdas humanas e econômicas (HISTÓRICA, 2014).

Ao longo dos anos, de maneira gradual, a frequência de eventos hidrológicos aumentou, tornando-se um problema recorrente na história da cidade de São Paulo. Neste contexto a inundação de 1º de janeiro de 1850 provocou mortes e grandes danos a população abrigada no núcleo central da cidade, relatada pelo historiador Eudes Campos:

“No dia 1º de janeiro de 1850, abateu-se sobre a capital paulista um intenso temporal, cuja lembrança manteve-se viva por longo tempo na memória paulistana. É fato que a ainda pequena cidade, daquele tempo, estava habituada às enchentes de verão, que desde sempre alagavam anualmente as planícies de inundação dos seus rios, isolando-a no alto da colina onde se achava implantada. Mas, ao que parece, até então São Paulo nunca sofrera tão graves danos, dentro dos limites de sua área urbanizada. ”

Em 1850, a inundação apresentou impactos significativos no contexto social, interferindo em costumes e até mesmo influenciando os modelos construtivos predominantes da época, como a taipa de pilão, devido à vulnerabilidade das casas durante as cheias, que eram executadas com este método construtivo vigente na época. Observando a proximidade do assentamento humano em relação ao rio, as fotos de Militão Azevedo de 1862 (Figura 4.2b) retratam os moradores desfrutando e dando variados usos ao rio, que incluíam atividades de lazer, além da presença cotidiana de lavadeiras e tropeiros em suas planícies de inundação (Figura 4.2a).

Figura 4.2 (a) Ladeira do Carmo, (b) Rio Tamanduateí em paralelo a Rua 25 de Março e ao fundo o mosteiro de São Bento.



a)



b)

Fonte: Azevedo (1862).

Em um primeiro momento da história de São Paulo a subida das águas configuravam processos de movimentação natural, ou seja, fenômenos eminentemente geofísicos, em que as águas, ao atingir o leito menor alcançavam o leito maior do rio em momentos de grandes precipitações (SEABRA, 1988), os eventos de cheias não causavam tantos inconvenientes, apenas alguns bloqueios de caminhos mais curtos para certas localidades, pois as pessoas esperavam pelos eventos de cheia como parte de um processo natural que ocorria ano a ano.

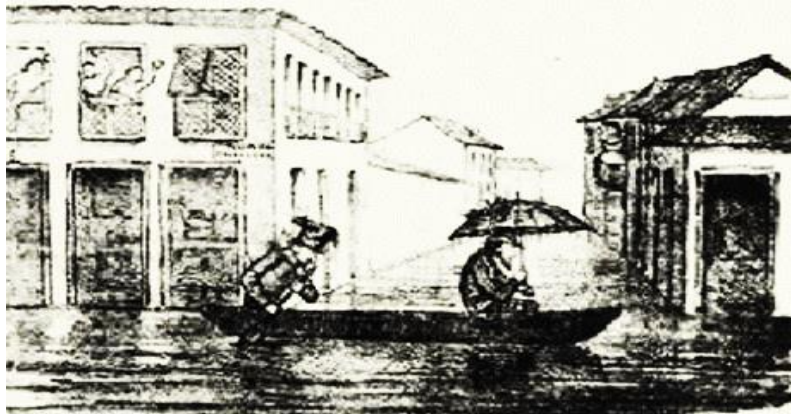
[...] no fim do aterrado Santa Anna, da parte desta cidade, em tempo de aguas, as mesmas avançam até o fim do mesmo aterrado, em forma que é preciso os de pé passarem com agua por cima do joelho, e com muito custo; sendo muito mais custoso, e vergonhoso ás mulheres quando alli chegam,

por ser aquelle logar muito frequentado de gente, e lhes não ser tão decente o arregaçarem o fato, como os homens, dentre os quaes alguns por curiosidade se demoram alli, tomando por divertimento as faltas, e o pejo das mulheres [...]. (Registro Geral, de 26.07.1824).

Em 1824, relatos contidos no Registro Geral da cidade, descreviam o processo natural de cheias e seus percalços (Registro Geral, de 02.06.1824). A situação começou a mudar com a primeira ocupação das planícies de inundação com a execução das obras dos trilhos da São Paulo Railway, também denominada Ferrovia Santos-Jundiaí (SANTOS, et al., 2014). O traçado da ferrovia avançava sobre a planícies de inundação do rio Tamanduateí, seguindo em paralelo ao leito do rio, fora desenvolvido desta maneira com o objetivo de evitar topografias acidentadas e zonas edificadas. A ferrovia passou a operar em 1867 (JORGE, 2011; BORBA, 2014). Neste contexto, e de forma contraditória, a cidade que nascera em meio às águas e que cada vez mais delas dependia, se incomodava cada vez mais com sua presença delas. Tornando o curso do rio gradativamente um obstáculo ao desenvolvimento da cidade, acirrou desta forma conflitos entre o homem e a natureza, em que o processo natural de extravasamento das águas, atingia e incomodava cada vez mais determinada população da capital paulista (SANTOS, 2011).

A charge representada na Figura 4.3, publicada na capa da revista *O Cabrião* em 24 de fevereiro de 1867, oferece uma visão satírica e crítica desse momento histórico. Ela retrata dois cidadãos navegando em um barco pelas águas que inundam a Rua do Imperador, atualmente correspondente à região do lado esquerdo da Praça da Sé.

Figura 4.3 Ilustração de Ângelo Agostini.



Fonte: Adaptada de O Cabrião (1867).

Essa ilustração não só captura os desafios sociais impostos pelas inundações frequentes, mas também reflete a crescente preocupação da sociedade paulistana da época, uma vez que a revista era um influente meio de comunicação social. A escolha de tal imagem para a capa é reveladora do quanto as enchentes já se tornavam um tema persistente e angustiante para os habitantes da cidade, conforme relata Do Lago (1998).

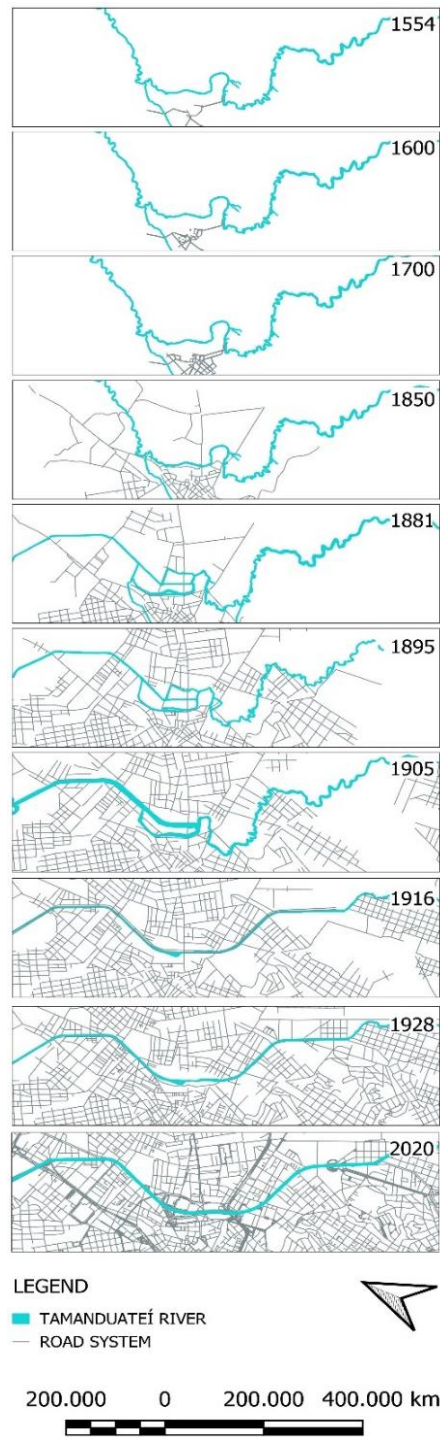
Diante desse cenário desafiador, os primeiros esforços para unificar a cidade emergiram, impulsionando o governo a promover intervenções urbanas significativas. Conforme ilustrado na Figura 4.4, a construção de pontes sobre o rio iniciou-se com o objetivo de conectar os assentamentos humanos, superando as barreiras impostas por suas margens (GOUVEIA, 2016). Neste período da história da cidade o fenômeno das estradas de ferro, também contribuiu para a expansão e o estabelecimento de uma cultura urbana, elevando o padrão de vida e articulação da província de São Paulo (MOTA, 2003). Naquele período, a função do urbanista ainda não havia sido estabelecida, e as leis urbanísticas vigentes se concentravam mais em aspectos estéticos dos edifícios do que na gestão espacial e expansão urbana planejada (MOTA, 2003).

Arranjos de configuração territorial, começaram a adotar a estética da classe burguesa europeia como modelo de ordenamento urbano, se aproximando de um estilo de vida estrangeiro, em detrimento do local "menos desenvolvido socialmente". Desta forma, as experiências internacionais tornaram-se fonte de referência e progresso intervindo com modificações dos cursos d'água a fim de retifica-los, tornando-se alvo de interesse

político-social, representando assim uma implementação inadequada do planejamento urbano europeu (DE OLIVEIRA SOBRINHO, 2013).

Assim, em poucos anos, a capital paulista consolidou-se como o grande centro urbano, favorecendo o crescimento populacional neste período, em que após a sua fundação às margens do Rio Tamanduateí, a cidade cresceu em ritmo acelerado devido às políticas públicas focadas na expansão urbana, promovendo ocupações ao longo das planícies de inundação (MATOS, 1996), em que, intensos processos de imigração, desempenharam um papel significativo neste crescimento populacional e expansão urbana durante este período histórico, incentivando fortemente o dinamismo social na cidade de São Paulo (GALA, 2005). Com as planícies de inundação e sua morfologia caracterizada pela ocorrência de inundações, esses elementos do sistema fluvial assumem uma importância significativa durante períodos chuvosos.

Figura 4.4 Expansão Urbana Histórica (Serie 1554-2020).



Fonte: Produção do autor.

Nesses momentos, as vazões que excedem a capacidade de escoamento do leito menor do rio fazem com que as águas excedentes se espalhem pelas planícies de inundação ou



leito maior, que atuam como áreas de armazenamento temporário das águas (MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2017).

Mudanças na configuração topográfica das planícies de inundação podem criar novas barreiras ao fluxo da água, mas desconsiderando estas questões em 1867 foram iniciadas as primeiras obras de aterrados nas planícies de inundação e margens do Rio Tamandateí (Tabela 4.1), representando mudanças significativas na dinâmica humano-inundações. Os aterrados permitiram ampliar a expansão do assentamento humano sobre as planícies de inundação e redefiniram por consequência a elevação dos diques.

Tabela 4.1: Obras de Aterrados em Áreas de Planície de Inundação.

Ano	Aterrados
1867	Aterrado da Várzea do Carmo
1872	Aterrado dos Pântanos do Carmo
1872	Aterrado do Gasômetro (na cota altimétrica do Brás)
1895	Aterrado do Brás
1908	Aterrado da Várzea do Mercado
1908	Aterrado da Várzea do Cambuci
1908	Aterrado Pasto dos Meneses
1908	Aterrado Pasto do Ozório
1908	Aterrado Várzea do Glicério
1908	Aterrado Várzea do Carmo (trecho em frente à igreja do Carmo)
1908	Aterrado do Mercado
1908	Aterrado do Pari
1908	Aterrado do Seminário Episcopal (dos Lázaros)

Fonte: Adaptado de Gouveia (2017).

Com a intensificação da interferência humana ao longo do processo de desenvolvimento urbano, a relação homem-natureza aos poucos se transformava em uma relação “socialmente construída” (SEABRA, 1988), e dentro de conflitos sócio-hidrológicos crescentes, considerando eventos de inundação, neste período, foram executados vários trabalhos de regulação de rios na cidade, em que o dinamismo dessas relações proporcionou exemplos concretos da dimensão das ações humanas sobre elementos naturais.

Em um artigo de 1884 publicado no jornal A Província de São Paulo, Rangel Pestana aborda a necessidade de melhorias na região das planícies de inundação, sugerindo a transformação do território encharcado em parques e jardins para evitar problemas de

saúde pública. Ele destaca a falta de ação concreta pelo poder público nesse sentido, mencionando a poluição e os despejos na área, além da preocupação com a possível propagação de doenças como a cólera. Pestana também menciona projetos para outros locais da cidade e ressalta a importância de medidas higiênicas e de saneamento básico, como a manutenção dos canais de água para evitar acúmulo de lixo e sujeira. Ele aponta a necessidade de ações por parte da Câmara, da Polícia e da repartição de obras públicas para melhorar as condições de higiene na região, destacando a importância de cuidar desse espaço para o bem-estar da população.

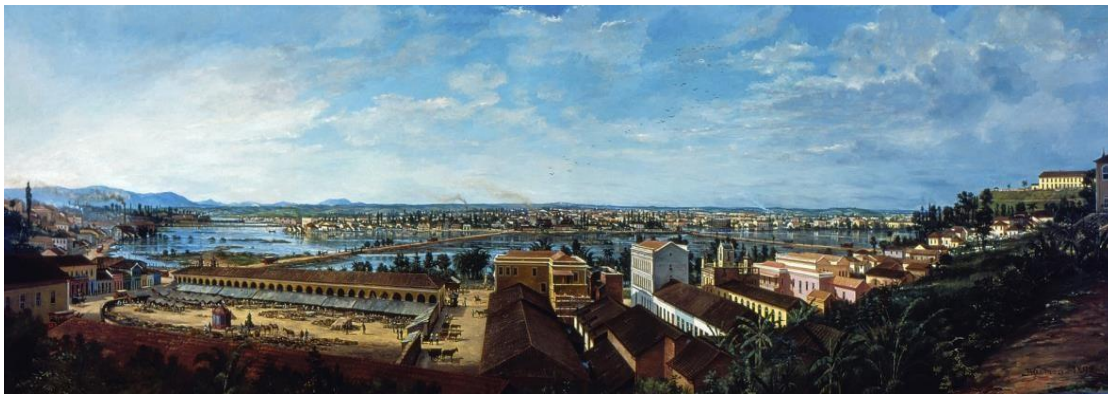
Em 1886 chegou a São Paulo o engenheiro francês July Revy, que, comissionado pelo Ministério da Agricultura para realizar o projeto de Saneamento da Planícies de inundação do Carmo. Julien Revy foi convidado pelo governador da Província à época, Manuel da Costa Pinto, para investigar alternativas de saneamento na região das planícies de inundação. A partir desses estudos, os cidadãos Dr. Antônio Pereira e João Nunes propuseram, em 1889, um plano abrangente de saneamento e desenvolvimento da Várzea do Rosário. A proposta envolvia a construção de um canal de 4 quilômetros de extensão e 385 metros de largura para possibilitar a navegação de embarcações menores. Além disso, contemplava a criação de duas avenidas arborizadas ao longo do canal e o aterramento de outras áreas da várzea. Em contrapartida a essas melhorias, buscavam a concessão dos terrenos públicos próximos, este plano não veio a ser concretizado (REALE, 1982; ESCUDERO, 2017), porém expõem interesses imobiliários iniciais sobre estas áreas de planícies de inundação, neste momento da história.

O quadro intitulado Inundação da Várzea do Carmo (Figura 4.5), retrata a inundação do Rio Tamanduateí ocorrida em 1892, podemos observar a importante função temporária do armazenamento de águas pelas planícies de inundação. Esta obra, por sua riqueza de detalhes e dimensões, passou a ser considerada um importante documento de representação da cidade.

Holanda (1995) aponta para conflitos sociais entre as mentalidades rural e urbana no fim do século XIX, ressaltando o interesse nesse processo de transição histórico-social de desintegração da "antiga sociedade agrária", em que a ideia de "superar o passado" e adotar um ritmo urbano torna-se predominante nas interações sociais da época. À medida que a urbe se expandia, novas medidas governamentais baseadas em políticas sanitárias

higienistas reconfiguravam os cursos dos rios urbanos e suas áreas de inundação. Até então, a cidade de São Paulo já havia enfrentado diversas enchentes, conforme descrito em relatos históricos (SAINT-HILAIRE, 1976).

Figura 4.5: Inundação da Várzea do Carmo.



Fonte: Jesus (1892).

O papel do poder público na ordenação do território urbano teve início no final do século XIX, com a implementação das primeiras regulamentações de ocupação. A área urbana de São Paulo, que anteriormente estava concentrada em parte do interflúvio ribeirinho Anhangabaú-Tamanduateí (Figura 4.6), expandiu-se rapidamente a partir de meados do século XIX (GOUVEIA, 2016; RODRIGUES, 2015), o que contribuiu para o aumento das inundações (SANTOS, 2011).

Paralelamente a estas intervenções urbanas, o poder público seguiu com a execução de obras de aterros em áreas antes ocupadas por planícies de inundação, prática comum de modificação antrópica em metrópoles do Brasil no decorrer do século XIX. Neste cenário é importante enfatizar que as planícies de inundação eram vistas como um “banco de terras”, isto é, zonas destinadas à comercialização após a implementação de aterros que prevenissem inundações recorrentes. Em detrimento dessas ações, magnatas adquiriram essas áreas alagadiças e terrenos agrícolas antecipando uma futura apreciação de seu valor (D’ELBOUX, 2015; SANTOS et al., 2014).

Durante este período histórico, uma das estratégias adotadas contemplava as diretrizes sanitárias integradas às práticas disciplinares de saúde pública. Dentro desta perspectiva, não se restringia exclusivamente às deliberações em esferas estatais, mas também se enraizava na consciência coletiva sob uma “ideologia higienista”, vinculada

diretamente à condição sanitária deficitária das populações de baixa renda e às moradias precárias nas planícies de inundação (DE OLIVEIRA SOBRINHO, 2013). Sob essa doutrina, medidas como a interdição do banho e da prática esportiva de natação no rio Tamandateí foram impostas em 1880, devido à relação entre as áreas alagáveis e a propagação de enfermidades (HISTÓRICA, 2014).

Figura 4.6: Expansão do assentamento no interflúvio berço da cidade de São Paulo à esquerda o Rio Anhangabaú e à direita o Rio Tamandateí (Recorte do mapa original).



Fonte: História de São Paulo (2023).

Neste contexto da história de São Paulo, é relevante ressaltar o ponto de vista do Engenheiro Sanitarista Saturnino de Brito (1926) sobre o processo hidrológico, no qual ele observou que as cheias nem sempre eram prejudiciais aos humanos, mas também tinham

“Seus efeitos benéficos para a lavoura, devido à processos de fertilização natural que, em certas condições pode ocorrer”;

Reitera ainda que para que as inundações fossem consideradas nocivas a população, era preciso

“Que o homem [insistisse] em querer ocupar as áreas de várzea inundáveis, ou que as enchentes diluvianas [invadissem] localidades habitadas e nunca dantes inundadas.”

No final do século XIX, a legislação urbana intensificou as interferências de forma direta no ordenamento do território (ROLNIK, 1997). Através de controle urbanístico implantou novos instrumentos legais (Quadro 4.1), o “Planejamento Normativo” (MOTA, 2003). Através desta interferência legislativa novas configurações nos eixos do solo urbano, permitiram a valorização imobiliária (ROLNIK, 1997).

Quadro 4.1: Atuação do poder público no município (1890-1930).

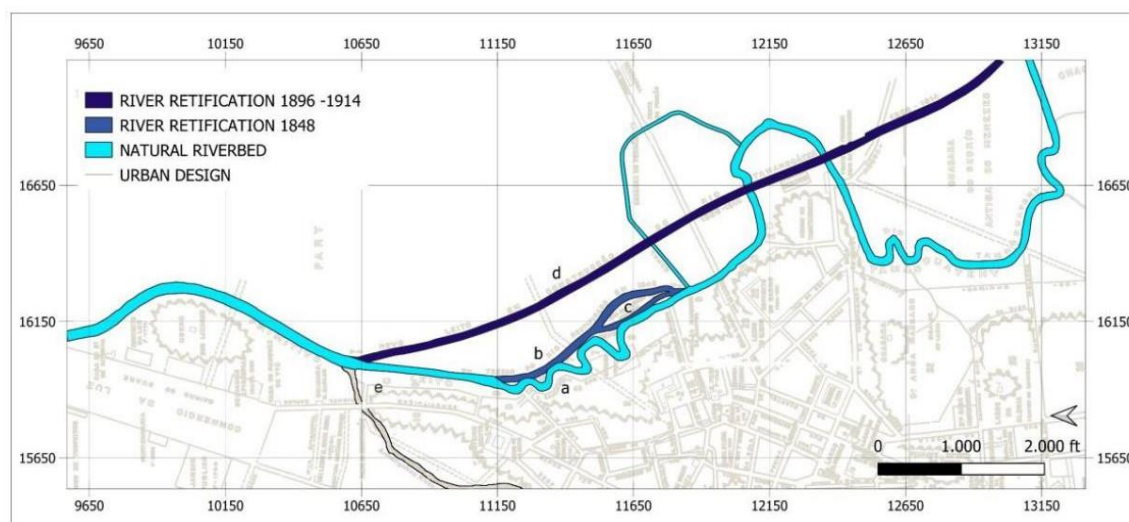
Ano	Lei	Resumo de Conteúdo
1890	Código de Posturas Lei nº1.666/90	Regulamentou a abertura e alargamento de vias e ainda a execução de obras
1915	Lei nº1874/15	Regulamentou a legislação sanitária existente, relacionando-a também com as construções e a subdivisão do município em zonas central, urbana e suburbana.
1917	Lei nº 1958/17	Regulamentou padrões sobre construções, reformas e licenciamento de edificações
1923	Lei 2.611/23	Regulamenta plano de arruamentos
1929	Código de Obras Arthur Saboya Lei Nº 3.427/29	Regulamenta Construções e a aprovação de projetos para obtenção de alvarás de construção

Fonte: Adaptado de Mota (2003).

Jorge (2012) ao investigar a evolução urbana de São Paulo no término dos séculos XIX, observou que a urbanização esteve intensamente atrelada a questões sanitárias, as quais moldaram o tratamento dispensado aos cursos d’água da metrópole. Seabra (1987), ao examinar os planos de mudança urbana, constatou que a domesticação do território e de seus cursos fluviais sob a ótica dos princípios higienistas constituiu o cerne das transformações implementadas. Na metrópole paulista estabeleceu-se a dupla estratégia de canalização de rios e construção de grandes vias nos vales, em parte devido à obtenção mais fácil de recursos para obras de saneamento. A criação de vias foi taticamente vinculada, com a finalidade de promover uma execução simultânea (GOUVEIA, 2010).

As inundações catastróficas que ocorreram em 1903 e 1906 transbordaram o rio Tamandateí extravasando suas margens (ANTUNES, 1992) e trazendo adversidades severas aos bairros lindeiros ao rio e a diversas outras regiões da cidade (HISTÓRICA, 2014). Como reação a esses eventos, as operações da entidade municipal de saneamento, sempre optando por abordagens estruturais de cunho tecnológico, alteraram radicalmente o curso e as planícies de inundação do Rio Tamandateí (Figura 4.7a). As planícies foram gradualmente preenchidas por meio de sucessivos aterramentos (Figura 4.7b), despertando um crescente interesse por parte do setor imobiliário nessas zonas, as quais igualmente entraram para a pauta de agendas políticas (SILVA, 2009).

Figura 4.7: Retificação do Rio Tamandateí 1848 a 1914.



Fonte: Adaptado de Freitas (1911).

Os aterramentos viabilizaram a extensão de ocupações sobre as planícies alagadiças, o que, por sua vez, exigiu uma reavaliação das alturas dos diques de proteção (Figura 4.6b). Contudo, face às inundações frequentes, era imperativo realizar manutenção e reconstrução contínua dos aterros (GOUVEIA, 2016).

O crescimento populacional levou ao surgimento de distritos residenciais elitizados, bem como zonas majoritariamente dedicadas à indústria ou ao comércio em territórios recém-desenvolvidos. Comunidades de baixa renda estabeleceram-se em terrenos propensos a inundações próximos a rios e riachos (JORGE, 2011; SANTOS et al., 2014), áreas que se tornaram focos de epidemias recorrentes de enfermidades hídricas (Quadro 4.2) devido à insuficiência de sistemas de tratamento de água.

Quadro 4.2: Epidemias na cidade de São Paulo entre séc. XIX e XX.

<b>Ano</b>	<b>Epidemias</b>
1875	Varíola
1893	Varíola, Febre Amarela
1899	Febre Tifóide
1906	Rubéola
1908	Varíola
1913	Febre Tifóide
1916	Febre Tifóide
1918	Gripe
1920	Encefalite

Fonte: Adaptado de Rocha Filho (2003).

Questões de saúde pública foram determinantes no processo de intervenções no rio Tamandateí, repelindo de certa forma, a aproximação de assentamentos humanos às áreas inundáveis. A explosão demográfica da cidade não foi acompanhada da equivalente ampliação de redes de serviços básicos (AMADIO, 2004). Epidemias que ocorriam entre o final do século XIX e início do século XX (Quadro 4.2) eram associadas às áreas vizinhas ao Tamandateí e de suas planícies de inundação, em que se encontravam os casebres e cortiços. Nesta época o discurso sanitarista dominante era de que a eliminação da pobreza coincidiria com a eliminação das doenças, não se cogitando qualquer programa de cunho social (SOMEKH, 1997).

No início do século XX, chácaras que se encontravam no entorno da cidade foram sendo vendidas e loteadas por diversos arruadores, o esgoto ficava a cargo da Repartição de Águas e Esgotos (RAE), não havendo preocupação alguma com redes de drenagem. Se cobrava dos usuários uma taxa para a ligação do esgoto, mas a drenagem era um ônus para o poder público, sem que houvesse qualquer planejamento prévio para a drenagem e não havendo áreas destinadas a estas redes (OSTROWSKY, 1989; CUSTÓDIO, 2002).

A urbanização no Brasil no século XX manteve características dos períodos colonial e imperial, como a concentração de terra e poder, destacando neste processo a correlação entre desigualdade social, segregação territorial e meio ambiente, perpetuando privilégios urbanos (MARICATO, 2003). As áreas de explosão demográfica, a especulação imobiliária e ainda o desejo de segregação social por parte das camadas privilegiadas,

sem a existência de um planejamento adequado que orientasse essa expansão na capital paulista, criaram condições favoráveis para um espraiamento incontrolável da mancha urbana (JORGE, 2011, 2012).

Com a total apropriação das planícies aluviais por comunidades, intervenções sucessivas pós-dilúvios incluíram escavação profunda do leito, extração de sedimentos para expansão da seção transversal do curso d'água e sua retificação. A trajetória primitiva do curso d'água, preservada em seu leito original (Figura 4.8a), ondulando pelas planícies aluviais e resistindo a inundações cíclicas, foi em 1848 pela primeira vez retificada (Figuras 4.8b), em que foram retiradas as chamadas “7 voltas do Rio Tamandateí”. A visão sanitaria, nessa fase histórica, já se encontrava entranhada no entendimento popular, enquadrando as planícies aluviais em um espectro de perigos e aversões, em que, em 1849, até a navegação fluvial foi proibida (DE OLIVEIRA SOBRINHO, 2013). Posteriormente, foram empreendidas ações na cidade, visando a integração e a “recuperação de áreas” para o desenvolvimento urbano, em que, após a conclusão do primeiro aterro nas áreas de inundação em 1867, foram concedidos lotes de terra aos signatários da petição (MOTA, 2007). As intervenções seguiram no ano de 1875, em que foi construída a Ilha dos Amores (Figura 4.8c), ao longo de um antigo meandro do rio, que perdurou até os anos 1890 (SANTOS, 2018).

É essencial destacar que somente em 1890 foi instituído um marco regulatório para o zoneamento construtivo e o planejamento urbano, com a promulgação da Lei nº 1.666/90, que instaurou o Código de Posturas. Tal legislação começou por regular elementos fundamentais do desenho urbano e da realização de obras no território municipal, sendo posteriormente enriquecida com a inclusão de novos dispositivos legais (HISTÓRICA, 2014). No entanto, essa legislação não abrangia a conservação de áreas naturais de planície de inundação para garantir a separação adequada entre os assentamentos humanos e o leito dos rios. Assim, o poder público deu seguimento as alterações no curso do rio e uma nova seção do curso d'água foi retificada em 1896 (Figura 4.8d). Além de implantar no final do século XIX, iniciativas com o objetivo de fiscalizar o uso das planícies de inundação.

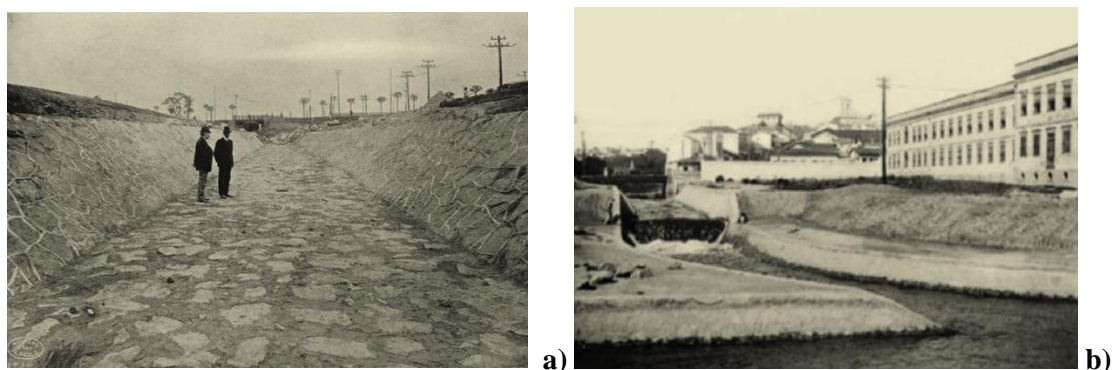
Nesse período, as planícies de inundações, já se encontravam incorporadas a zonas urbanas e eram vistas como zonas devastadas, impuras, repulsivas e arriscadas



(HISTÓRICA, 2014). Nessa direção, em 1907, uma normativa municipal promulgada pela autoridade governamental determinou diretrizes para os "agentes fiscais de rios e várzeas" (HISTÓRICA, 2014). Algumas dinâmicas de desenvolvimento e sociais foram determinantes ao longo do século XIX e XX dentro deste processo, como o aumento da pressão populacional. A relação pobres/áreas de risco/ na periferia somente aumentou, tendo, ano a ano, o noticiário sobre inundações, retratado situações principalmente nas regiões mais pobres da cidade de São Paulo (JORGE, 2011). Dentro deste contexto de inundações periódicas a sociedade paulistana, neste cenário de inundações recorrentes, a sociedade paulistana não se voltava para questionar o modelo de ocupação urbana. Pelo contrário, era levada a favorecer esses processos, sendo enganada em relação a investimentos que, na realidade, incentivavam ainda mais especulação imobiliária (ALVES FILHO; RIBEIRO, 2006; SEABRA, 1987).

Os meios de comunicação da cidade, neste momento, refletiam ideias sanitaristas, ecoando o descontentamento da população com os desafios das cheias com esse enfoque. A comunidade, ao longo dos anos, começou a crer que a administração pública detinha a chave para a resolução dos desastres hidrológicos, e, por conseguinte, apoiou a canalização do rio Tamanduateí. Entre 1910 e 1911, o estado prosseguiu com a retificação técnica (Figuras 4.8d, 4.8a, b), executando mais 1.197,25 metros de canalização (ESTADO DE SÃO PAULO, 1912).

Figura 4.8 Obras de canalização trecho Tamanduateí, presença da Diretoria de Obras Públicas no local (1910).

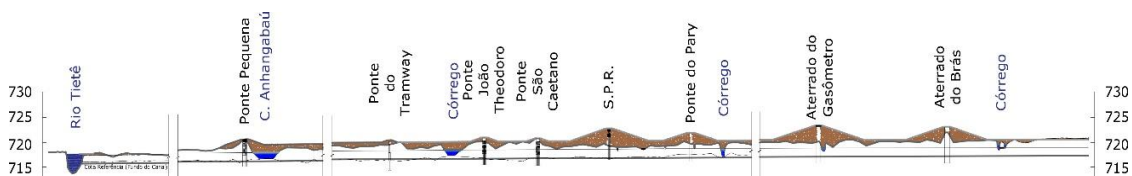


Fonte: (a) Estado de São Paulo (1912), (b) Moroz-Caccia Gouveia (2016).

Ao longo do tempo, o rio que antes seguia um curso sinuoso, repleto de meandros, foi sendo transformado pela intervenção humana, perdendo suas características naturais em um processo gradual de retificação e canalização. Os projetos de engenharia aplicados ao rio, embora aparentassem ser tecnicamente eficientes em suas áreas de atuação imediata, revelaram-se soluções ineficientes e de alcance e duração limitados. Essas intervenções, ao focarem em solucionar problemas locais de inundação, acabavam por deslocar e, muitas vezes, exacerbar a questão das enchentes para áreas a jusante. No desenvolvimento histórico da gestão do Rio, formatos e inclinações das calhas foram sendo alterados e diferentes tipos de materiais foram sendo empregados ao longo do tempo em diferentes trechos, em que, o revestimento do leito menor feito em alvenaria de pedra e o leito maior sendo revestido com leiva, passou-se para o emprego de concreto armado, um material mais resistente e moderno para a época, que provavelmente foi introduzido para melhorar a durabilidade e eficiência da canalização, acelerando por consequência o coeficiente de escoamento das águas.

O efeito cumulativo dessas ações, sem uma visão integrada e de longo prazo, resultava em um ciclo vicioso em que cada nova obra apenas redirecionava o problema, ampliando-o pela própria dinâmica das intervenções realizadas a montante. Este impacto, frequentemente negligenciado no planejamento, evidenciava a complexidade de gerir os recursos hídricos urbanos de forma sustentável e equitativa, conforme analisado por Moroz-Caccia Gouveia (2010). A problemática era agravada pelo fato de que, a despeito das retificações e dos aterros realizados (Figura 4.9), as enchentes continuavam a castigar as regiões de várzea, desafiando as medidas de controle de inundações.

Figura 4.9 : Seção Longitudinal do Rio Tamanduateí. Esta seção retrata a elevação do leito do rio e as alturas dos aterros realizados ao longo dos anos, destacados em marrom.



Fonte: Adaptado de Braga (1897).

Novas complicações emergiram no cenário urbano, agravando ainda mais a situação, em que, os resíduos que se acumulavam na foz do rio Tamanduateí, sem serem devidamente

arrastados pela correnteza, começaram a exalar um odor insuportável, transformando a área em um foco de mau cheiro e em um ambiente propício à proliferação de mosquitos (AZEVEDO, 1958). Este conjunto de problemas refletia a insuficiência das soluções adotadas e a necessidade de abordagens mais ambientalmente integradas para a gestão das águas urbanas.

As inundações memoráveis de 1912, 1919 e 1922 foram alvos de severas críticas à gestão governamental, narrando-se riscos significativos, constrangimentos e prejuízos financeiros e ainda danos de magnitude indescritível de diversas formas, incluindo óbitos, desmoronamentos, tensões no contexto socioambiental e inundações. (O ESTADO DE SÃO PAULO, 1922).

Sobre o evento de 3 de fevereiro de 1919, o jornal Correio Paulistano, relata que a precipitação já durava mais de duas semanas antes da ocorrência da inundação (Figura 4.10 a b). Além das partes mais baixas da cidade, ocupada pela população ribeirinha, a inundação atingiu bairros altos, causando mortes, desabamento de casas inteiras, sendo os prejuízos incalculáveis para a sociedade paulistana. O poder público empregou, além de bombeiros, o contingente de infantaria e cavalaria para o resgate e socorro às vítimas.

Figura 4.10: Vila economizadora.



a)



b)

**Fonte:** (a) Autor desconhecido (1919), (b) A Cigarra (1919).

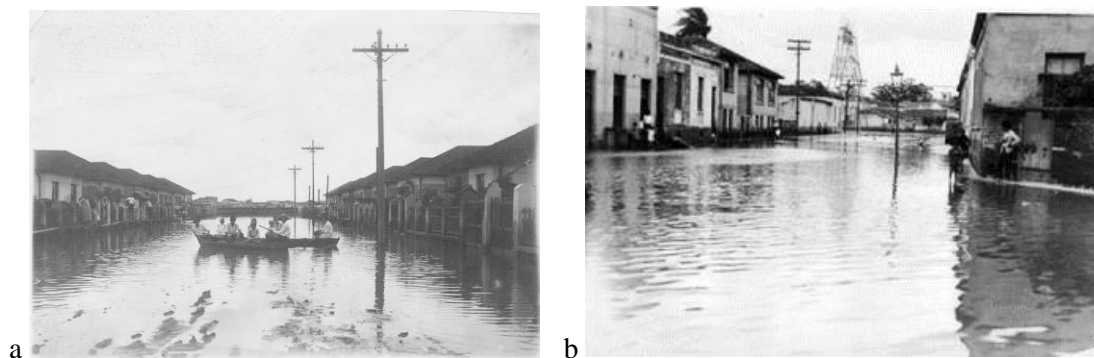
Em 1922 várias inundações tomaram conta da cidade, invadindo casas, sítios e chácaras. O jornal O Estado de São Paulo registrou tensões sociais e prejuízos, sendo eles, o desespero de trabalhadores aflitos, que buscavam por socorro na delegacia, o abandono de animais em perigo, a intervenção da polícia sobre o trabalho de barqueiros, que cobravam para realizar salvamentos, a interrupção do serviço dos correios e a interrupção

do trabalho em geral da população. Neste ano várias pontes obstruíram o escoamento, retendo resíduos em suas estruturas, como aguapés, animais mortos, restos de árvores, barcos velhos entre outros, obrigando o poder público a deslocar trabalhadores para realizar a desobstrução das pontes (HISTÓRICA, 2014).

Nesse contexto, alguns anos mais tarde, ocorreu a considerada pior inundação na memória da metrópole, o episódio de 18 de fevereiro de 1929, que afetou diversas áreas da cidade e foi amplamente discutido na imprensa, destacando tanto as perdas humanas quanto os danos materiais. Os estragos públicos e privados resultaram em desabamentos de residências, enchentes nas vias públicas, interrupção dos transportes, êxodo da população, moradores aflitos e destruição de pontes (HISTÓRICA, 2014).

A inundação de 1929 é tida como a pior da história. Após dias de chuvas, várias inundações ocorreram em diferentes regiões da cidade no dia 18 de fevereiro. Os jornais noticiaram e debateram sobre este evento durante muito tempo, enumerando prejuízos de perdas humanas e materiais. Dentro de um cenário catastrófico (Figura 4.11a, b) de prejuízos públicos e privados, estão, o desabamento de casas, as ruas intransitáveis, serviços de transporte interrompidos, êxodo de moradores, população flagelada, destruição de pontes e a invasão da água por todos os locais (HISTÓRICA, 2014).

Figura 4.11: (a) Rua Rodolfo Miranda, (b) Rua Cantareira.



Fonte: (a) A Cigarra (1929) (b) Museu da Cidade (1929).

No âmbito da gestão pública, construiu-se, na capital paulista, neste momento, o binômio canalização de rios e córregos e construção de avenidas de fundo de vales. Em parte, em função da facilidade de acessos a financiamentos para o saneamento, a abertura de vias

foi estrategicamente associada, com o objetivo de implementação conjunta (GOUVEIA, 2010).

Nos períodos subsequentes, a administração respondeu com ações estruturais em uma nova série de obras, táticas que abrangiam a edificação de barreiras de contenção marginais às planícies aluviais e a escavação do leito fluvial (HISTORICA).

Logo após o evento catastrófico de inundação ocorrido em 1929, marcos geodésicos (Figura 4.12) foram implantados na cidade de São Paulo pela The São Paulo Tramway, Light and Power Company Limited, que garantiriam a futura desapropriação (Anexo B) e seguido o uso dessas áreas inundáveis em favor da empresa delimitadas por uma “linha da máxima enchente”.

Figura 4.12: Marco geodésico do nível da enchente de 1929.



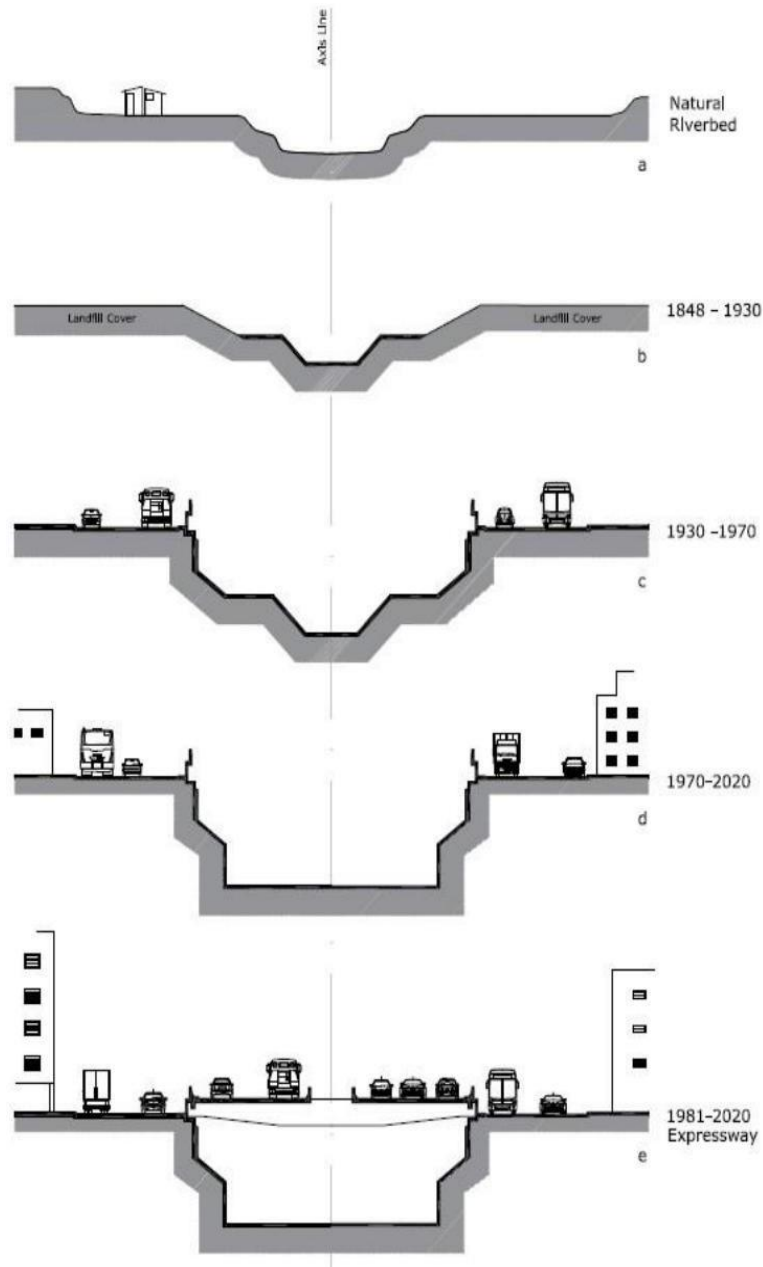
Fonte: Prefeitura de São Paulo (2024).

A partir desta demarcação, Fiscais de Terras passaram a proibir as pessoas de usarem as planícies de inundação, para todo tipo de uso, desde atividades de lazer até o abastecimento de animais (SEABRA, 2015).

O panorama urbano seguia com planos de crescimento via construção de infraestrutura tecnológica e através da oficialização das marginais construídas nas planícies de inundação de ambos os lados do Tamanduateí (ATO nº: 679 de 03/04/1914), somadas às já existentes linhas férreas e ao desenvolvimento industrial no local. A bacia do rio Tamanduateí teve então sua maior expansão urbana (GOUVEIA, 2010), em que em 1930, um esquema de tráfego foi idealizado por Francisco Prestes Maia, objetivando transpor barreiras físicas que pudessem “impedir” o crescimento da cidade, neste caso incluindo o próprio rio. Tal esquema de tráfego passou a dividir e restringir a extensão urbana.

Naquela conjuntura, foram planejadas e erguidas as vias principais da cidade e a região central da urbe, alvo desta pesquisa, foi incluso neste processo de metamorfose. Assim, o plano compreendeu um novo ciclo de geração de espaços para assentamento humano em planícies de inundação.

Figura 4.13 : Reconstrução Histórica das Seções Transversais Tipo (Alterações do Canal do Rio Tamanduateí).



Fonte: (a) Bresser (1841); (b) Arquivo Público do Estado de São Paulo (1870); (c) Arquivo Público do Estado de São Paulo (1902); (d) Rath (1982), (e) DAEE (1981).

À época, as margens do rio Tamanduateí, foram delimitadas por um corredor de tráfego expresso. Os entes governamentais, neste período, autorizaram as ocupações dos aterros edificadas ao longo das planícies fluviais culminando assim na ocupação integral das planícies (Figura 4.13c). A visão sanitaria dentro da engenharia dominou o direcionamento urbano na virada do século XX, seguida por planos “rodoviaristas”, presentes no Plano Urbanístico Básico – PUB (1968), atendendo a preceitos de modelos estruturais norte-americanos (SATO; BERNARDINI, 2018).

A concentração industrial da região metropolitana de São Paulo favoreceu estratégias de políticas públicas voltadas à construção de avenidas por todo território, com o intuito de viabilizar conexões, incluindo a implantação destas, inclusive em áreas de planícies de inundação (SEABRA, 1987). Faziam parte deste projeto o confinamento de rios (Figura 4.13e), transformando-os em galerias subterrâneas, em que em seus antigos leitos se estenderam avenidas e sobre suas planícies de inundação se expandiram assentamentos humanos (ROLNIK, 2001). Desta forma a sobrevalorização do sistema viário, passou a comprometer as calhas naturais e planícies de inundação, substituindo-as pela monofuncionalidade das avenidas (BARTALINI, 2004).

Seguindo essas diretrizes, novas vias de tráfego foram abertas e/ou prolongadas, para atender necessidades imediatas ou ainda a interesses específicos, sem preocupações futuras. Nas margens de rio, que outrora serviram de chão para instalações habitacionais precárias de desatendidos de políticas habitacionais, observa-se a regra de construir vias de automóveis, o mais rente possível dos canais, evitando assim futuras ocupações (BARTALINI, 2004).

A ampla rede hidrográfica metropolitana, incluindo seus afluentes e córregos, foi sendo reconfigurada em direção a construções subterrâneas de drenagem, concedendo espaço para o alargamento das vias principais no traçado original dos rios (ROLNIK, 2001). Conseqüentemente, consolidou-se a reutilização do espaço liberado pelos rios para a instalação de vias (Figura 4.13d) destinadas ao tráfego de veículos e ao transporte de bens e insumos do centro da cidade para regiões das cercanias.

A cidade, em meio a grandes mudanças estruturais, vivia uma época de turbulência marcada por conflitos sociais, cujos ecos repercutiram na expansão urbana. A Revolução de 1930 e a Revolução Constitucionalista de 1932, em particular, deixaram cicatrizes

profundas no tecido da sociedade e na geografia da cidade. A primeira dessas revoluções trouxe devastação e estados de urgência, enquanto a segunda, em 1932, ressaltou-se no cenário político local pela participação ativa de expressivos segmentos dos moradores urbanos. Estes, frente à adversidade, desenvolveram estratégias econômicas para suportar os embates e reconstruir suas vidas se em meio à desolação que se abateu sobre a cidade. Esse período de conflitos resultou em um êxodo significativo, transformando a demografia urbana e impondo aos que ficaram o desafio de reconstruir a partir do caos.

Neste período, novos eventos registrados no jornal Correio Paulistano, no dia 13 de janeiro de 1935, trouxeram consequência para a cidade, na ocorrência de chuvas torrenciais na região, nesta data e também nos dias que antecederam o evento (Figura 4.14a). Este evento ficou incluindo a participação efetiva do corpo de bombeiros no resgate às vítimas, além de perdas humanas e materiais diversas relatadas por moradores. Alguns anos depois, em 1958, o jornal O Estado de São Paulo foi quem registrou, na data de 04 de fevereiro, inundações na região da Cantareira (Figura 4.14b), os passageiros do bonde com destino Mooca ficaram ilhados. O jornal registrou vários outros transtornos na região.

Figura 4.14 : Inundações na Região Central da Cidade (a) (b).



a)



b)

Fonte: (a) Museu da Cidade (1935); (b) Veja (1958).

A tenacidade demonstrada nesses tempos difíceis pavimentou o caminho para uma nova era de consciência social. As lições aprendidas na reconstrução pós-conflito influenciaram as futuras gerações, que começaram a vislumbrar questões relacionadas a sustentabilidade e equilíbrio entre desenvolvimento e preservação. Na metade do século XX, essa “mudança de valores” culminou na criação de um marco legal crucial para a



defesa das áreas de planície: o Código Florestal, instituído pela Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Este ato legislativo refletiu o amadurecimento de uma consciência ambientalista e representou um avanço significativo na relação entre o homem e o meio ambiente.

A proibição da ocupação dessas áreas, agora protegidas por lei, foi um testemunho da resiliência da comunidade, que, aprendendo com o passado, passou a valorizar e a salvaguardar os recursos naturais para as gerações futuras. Da mesma forma que os cidadãos se uniram para reconstruir a cidade após os conflitos, uniram-se também para proteger suas planícies aluviais, enfrentando novos desafios que, uma vez mais, exigiam a união e a força coletiva.

No mesmo ano em que o Estado desenvolvia mecanismos jurídicos com leis mais restritivas no Código Florestal, no dia 01 de fevereiro de 1965, O jornal Estadão relatou novas ocorrências catastróficas, em que destacou, novamente que o prédio do mercado municipal havia sido invadido pela água através do transbordamento do Rio Tamandateí. Prejuízos incalculáveis são descritos pelos meios de comunicação (Figura 4.15), em que comerciantes da região reclamam na ocasião, suas enormes perdas de mercadorias.

Figura 4.15 : Inundação na região do Mercado Municipal.



Fonte: Veja (1965).

Nesta ocasião, processos climatológicos tiveram influência direta na inundação de janeiro de 1965 (Figura 4.16), em que volumes acumulados superiores a 200 mm foram registrados, podem demonstrar a gravidade do evento. Nesse mesmo ano, foi estabelecido o Sistema Estadual de Defesa Civil (Decreto nº7.550) e o primeiro Comitê Especial de Bacias Hidrográficas, visando resolver questões relacionadas aos conflitos hídricos (ALVES FILHO; RIBEIRO, 2006).

Figura 4.16 : Inundação Centro da Cidade de São Paulo.



Fonte: Acervo Arquivo Público do Estado de São Paulo (1965).

Os eventos de inundação, infelizmente, persistem como uma realidade problemática na história urbana, revelando-se não apenas como desafios estruturais, mas também como tragédias humanas e econômicas. Em um relato impactante, O Jornal da Tarde na sua edição de 17 de março de 1966, destaca as graves consequências desses episódios, incluindo perdas humanas que marcam profundamente a comunidade (Figura 4.17). O periódico não apenas relata a trágica perda de vidas, mas também documenta uma série de colapsos na infraestrutura urbana decorrentes das inundações. Há descrições detalhadas sobre a paralisação dos transportes públicos e privados, evidenciada pela interrupção de importantes vias de circulação, o que gerou um verdadeiro caos na mobilidade urbana, afetando a rotina e a economia da cidade.

Neste episódio, houveram interrupções significativas no fornecimento de serviços essenciais, como energia elétrica e gás, levando a uma sensação de paralisação e vulnerabilidade na vida cotidiana dos cidadãos. O jornal evidencia ainda os prejuízos

materiais diversificados, desde danos a propriedades residenciais e comerciais até a perda de mercadorias, o que impõe um ônus econômico considerável à população afetada. Esses relatos servem como um registro dos efeitos multifacetados das inundações, ressaltando a urgência de medidas preventivas e de uma gestão de riscos de desastres mais eficaz.

Figura 4.17: Inundação Rua do Gasômetro.



Fonte: Veja (1966).

No ano de 1968, a capital paulista foi palco de devastadoras inundações, marcadas pela dramaticidade das cenas registradas na Figura 4.18. Em sua edição de 13 de março, o jornal Folha de São Paulo noticiou um temporal severo, descrevendo uma das mais significativas inundações na memória recente da cidade, que teve o rio Tamanduateí como um dos principais protagonistas da calamidade. As páginas do jornal capturaram o terror vivenciado pela população, que se via impotente diante da força das águas e do aumento súbito do nível do rio.

Figura 4.18: Inundação na área central da cidade.



Fonte: Acervo histórico do Círculo de Trabalhadores Cristãos de Vila Prudente (1968).

A comunidade empresarial foi particularmente atingida, com dezenas de estabelecimentos contabilizando prejuízos na ordem de milhões. Empresários, tomados pelo desespero, lamentavam as perdas avultadas não só em matéria-prima e maquinários, mas também em equipamentos de tecnologia avançada, que representavam investimentos significativos e um duro golpe à produção local.

O jornal também fez eco à tragédia humana, reportando a morte de três pessoas na Avenida do Estado, uma perda irreparável que sublinhava a gravidade da situação. A brutalidade das águas deixou um rastro de destruição e prejuízos de grande escala, uma situação que exigia destaque nas manchetes e uma reflexão profunda sobre as medidas de prevenção e gestão de desastres urbanos.

A partir de 1977, em resposta a uma série de eventos, múltiplos estudos foram efetuados pelo DAEE – Secretaria de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo e pela PROMOM Engenharia S/A, em busca de estratégias para mitigar enchentes (ALVES FILHO; RIBEIRO, 2006), ainda que sem atingir medidas definitivas para a resolução da questão.

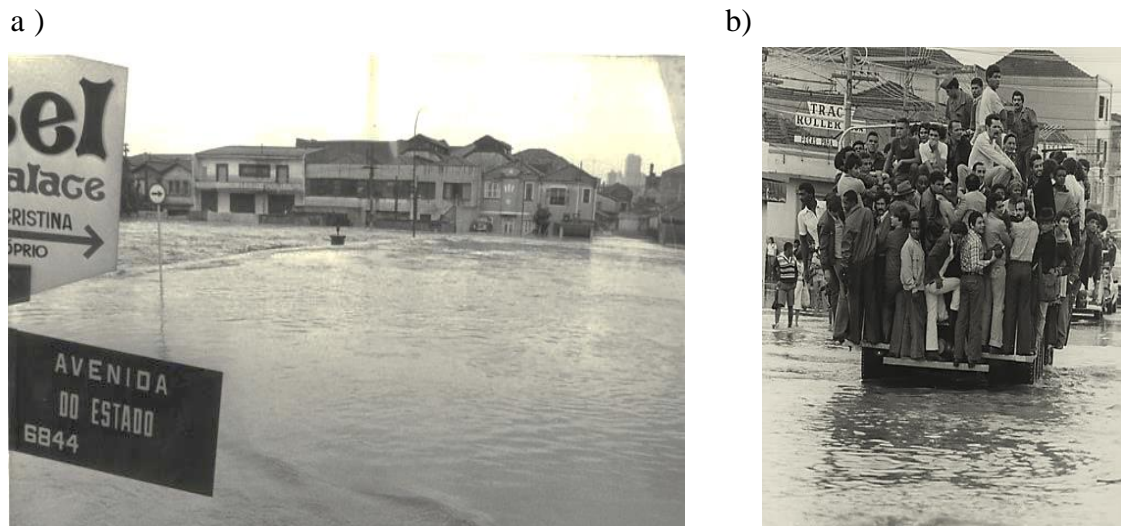
A inundação de 1978 (Figuras 4.19a) foi retratada pelo jornal O Estado de São Paulo que descreve que a cidade foi novamente invadida pelas águas, bastassem alguns minutos de chuva para a cena se repetir, o jornal reforça a incompetência do poder público em resolver a questão como um instrumento de aumento do problema ressaltando ainda que os acontecimentos do dia demonstravam cabalmente que a rede de galerias pluviais já não alcançava receber a vazão às águas precipitadas na capital paulista.

No ano de 1980 o jornal Estadão de 21 de fevereiro retratou a inundação no centro da cidade e registrou prejuízos. O veículo midiático ressalta que populares se aglomeraram em caminhão durante enchente na região central de São Paulo (Figura 4.19b).

No ano de 1981, o jornal O Estado de São Paulo documentou as intensas chuvas que assolaram a cidade de São Paulo, relatando uma série de desabamentos e instâncias de caos urbano, conforme registrado por Cabral e Jesus (1994). Em um momento subsequente, a próxima grande inundação, ocorrida em 1983 (Figura 4.20), evocou comparações com o evento histórico de 1929; no entanto, uma distinção crucial emergiu: as perdas e danos registrados na inundação de 1983 foram exclusivamente materiais, sem relatos de fatalidades humanas.

Esta inundação, assolou a cidade de São Paulo em 1983 deixou um rastro de destruição e caos, paralisando a rotina da metrópole e expondo as fragilidades de sua infraestrutura urbana.

Figura 4.19 Inundação Avenida do Estado (a); inundação no centro da cidade de São Paulo (b).



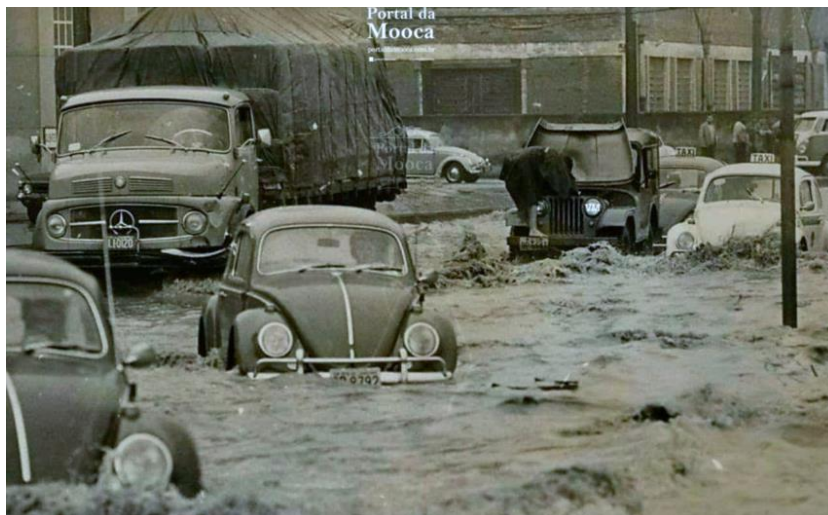
Fonte: (a) Folha de São Paulo (1978); (b) Veja (1980).

As chuvas torrenciais que caíram sobre a cidade durante o mês de fevereiro provocaram o transbordamento de rios e córregos, inundando bairros inteiros, arrastando veículos e afetando a vida de milhares de paulistanos. Bairros como Mooca, Ipiranga e Vila Prudente foram alguns dos mais atingidos, com águas que subiram a níveis alarmantes, forçando moradores a se refugiarem nos andares superiores de suas residências ou buscar abrigo em locais seguros. A precipitação acumulada em curto período de tempo superou a capacidade de escoamento das galerias pluviais, deixando evidente a insuficiência dos sistemas de drenagem frente a eventos extremos.

As autoridades da época se viram diante de um desafio monumental para atenuar os impactos da calamidade e restabelecer a ordem. Os prejuízos econômicos foram significativos, com centenas de estabelecimentos comerciais danificados e a interrupção do fluxo de mercadorias e serviços. O transporte público foi severamente comprometido, com linhas de ônibus interrompidas e trechos do sistema ferroviário submersos. A recuperação da cidade demandou esforços intensos e coordenados, incluindo a limpeza e

desobstrução de vias, o restabelecimento dos serviços essenciais e a implementação de medidas emergenciais para socorro e assistência às populações afetadas.

Figura 4.20 : Inundação nas proximidades do Rio Tamanduateí.



Fonte: Folha de São Paulo (1983).

A inundação de 1983 ficou registrada na memória da cidade, servindo como um lembrete pungente da necessidade de políticas públicas eficazes na gestão de recursos hídricos e planejamento urbano, para prevenir e mitigar os efeitos de desastres naturais semelhantes que continuaram acontecendo ano após ano da mesma forma. O eco desses eventos reiterou a urgência de revisões e melhorias contínuas nas estratégias de enfrentamento às enchentes, que, como se viu, continuaram a desafiar a cidade nas décadas seguintes, sendo realizada através da Câmara Municipal de São Paulo, uma Comissão Especial de Inquérito sobre Enchentes. Esta comissão através do parecer de nº631/83 Publicada no Diário Oficial do Estado de 1º de novembro de 1983, concluiu que várias ações devem ser tomadas pelo poder público com relação ao problema de enchentes em que ele se torna inteiramente responsável pela prevenção e solução, bem como pela indenização dos prejuízos causados à população. Neste documento (Anexo B) foi declarado também a necessidade da participação intensa da sociedade no processo da tomada de decisão, controle e fiscalização das medidas adotadas pelo poder público.

Quase três décadas depois, a cidade seguiu sofrendo, ano após ano, inúmeras ocorrências de inundação neste período, sendo que o cenário não parecia ter sofrido as transformações necessárias para a contenção de tais calamidades. O jornal O Estado de São Paulo, em

sua edição de 01 de março de 2011 (Figura 4.21), trouxe à tona a crônica de uma cidade que, repetidamente, se vê submersa. A reportagem detalhou a situação vivenciada pelos paulistanos durante o evento de inundação, em que as chuvas superaram em 24% a média esperada para o mês inteiro. Situações de emergência se espalharam pela cidade, com transbordamentos de rios que castigaram, mais uma vez, a população paulistana. A reportagem considerou na ocasião que as imagens de ruas transformadas em rios e de pessoas desamparadas resgatavam a memória das enchentes passadas e evidenciavam a recorrência de um problema crônico. A evidente insuficiência das medidas adotadas pelas autoridades, mesmo diante dos avanços tecnológicos e lições aprendidas ao longo dos anos, destacava-se contra o pano de fundo da recorrência de desastres naturais. A reflexão sobre a necessidade de um planejamento urbano mais resiliente e adaptativo às variações extremas do clima tornou-se cada vez mais crítica.

Figura 4.21: Inundação rio Tamanduateí, Viaduto Grande São Paulo.



Fonte: Folha de Vila Prudente (2011).

Relatórios orçamentários da prefeitura de São Paulo relataram preocupante realidade: houve uma significativa redução nos investimentos voltados para combater as inundações e manter o sistema de drenagem urbano. Dados ajustados pela inflação mostraram uma

queda de 21% nos fundos alocados para essas ações essenciais, passando de 486,2 milhões de reais em 2017 para 382,7 milhões de reais em 2018, o que aponta para uma potencial relação entre a diminuição de recursos e a persistência, ou até o agravamento, dos problemas relacionados a inundações (R7, 11/03/2019).

Essa tendência orçamentária alarmante foi posta à prova quando, em março de 2019, um evento catastrófico de inundação mais uma vez mergulhou São Paulo em um estado de caos (Figura 4.22). Famílias e comerciantes enfrentaram um turbilhão de desafios, com cenários que pareciam repetir os erros do passado. Em algumas áreas da cidade, moradores foram forçados a buscar refúgio nos telhados de suas casas, enquanto as águas subiam incontrolavelmente. No bairro da Mooca, um dos mais castigados, a água alcançou alturas catastróficas de até 3 metros, segundo relatos dos habitantes locais. Os prejuízos econômicos foram imensos, com comerciantes reportando perdas devastadoras; em uma estimativa conservadora, uma única loja sofreu danos que ultrapassaram a marca dos R\$50.000,00, conforme noticiado pelo portal R7 em 11 de março de 2019.

Esse episódio não apenas reiterou a vulnerabilidade da infraestrutura urbana, mas também lançou luz sobre a necessidade imperativa de investimentos mais robustos e estratégicos em prevenção e gestão de riscos ambientais. Neste contexto a Defesa Civil registrou a morte de 13 pessoas e um sobrevivente do desastre registrou sua opinião ao veículo de comunicação local:

“Passei por 20 enchentes, mas essa foi a pior” (AGÊNCIA BRASIL, 12/03/2019)”.

O objetivo deste capítulo foi percorrer a trajetória dos fatores principais que compõem os sistema humano-inundação, apresentando um panorama de alguns dos principais eventos catastróficos da cidade, lembrando que eventos de inundação na cidade de São Paulo ocorrem hoje com periodicidade anual. A sociedade paulistana fica exposta anualmente a todos os tipos de perigos relacionados a esses eventos, havendo registros midiáticos, relatando sentimento de insegurança, horror e medo.

Neste contexto forçantes antropogênicas e alterações geomorfológicas no Rio Tamandateí. Atualmente as intervenções antrópicas no rio Tamandateí se classificam como de alto grau de perturbação geomorfológica, a partir das quais se consideram



irreversivelmente perdidos os atributos do Rio e suas planícies de inundação, incluídas nas perturbações represamentos, canalizações, estruturas hidráulicas, sistemas viários interferentes, urbanizações com aterros, cortes, fundações edificações, impermeabilização de superfície entre outras conforme conclui Rodrigues (2015).

Desta forma a natureza das modificações realizadas no rio, foram impulsionadas até o momento por fatores e decisões sociais, em que, dinâmicas populacionais e econômicas interferiram diretamente nas alterações geomorfológicas realizadas no rio Tamanduateí.

Figura 4.22: Estação de metrô Tamanduateí.



Fonte: R7 (2023).

Essas interferências podem ser observadas por algumas forças que impulsionaram dinâmicas dentro do sistema, através de respostas entre o homem e os eventos de inundação recorrentes que ocorreram na história da cidade de São Paulo.

#### **4.1.1. Análises iniciais de fatores sócio-hidrológicos presentes no sistema**

No início desta etapa de pesquisa, foram conduzidas análises preliminares dos fatores sócio-hidrológicos presentes no sistema em estudo. Essas análises iniciais desempenharam um papel fundamental ao direcionar as investigações subsequentes, as quais serão exploradas com mais detalhes ao longo deste capítulo. Os insights obtidos a

partir dessas análises estabeleceram uma base sólida para aprofundar a compreensão e a investigação do tema em questão.

A sócio-hidrologia investiga a relação entre a sociedade e os sistemas hídricos. Segundo Ciullo et al. (2017), infraestruturas como diques podem incentivar a ocupação humana em áreas sujeitas a inundações, representando adaptações sociais aos riscos de enchentes. Por outro lado, Di Baldassare et al. (2015) ressaltam que, embora tais estruturas reduzam a ocorrência de inundações menores, elas também podem aumentar a vulnerabilidade a desastres de maior magnitude, devido à confiança excessiva nos mecanismos de proteção tecnológica. Este fenômeno evidencia a importância de considerar a evolução e o desenvolvimento econômico de São Paulo, que desempenham um papel crucial na compreensão da dinâmica sócio-hidrológica da região. Esses fatores podem tanto viabilizar quanto impedir investimentos significativos na implementação de infraestruturas de proteção contra inundações, como aquelas instaladas no Rio Tamanduateí, conforme discutido por Grames et al. (2016), Barendrecht et al. (2017) e Horn e Elagib (2018). A seguir destacam-se fatores que influenciaram diretamente na dinâmica do sistema humano-inundações na Bacia do estudo.

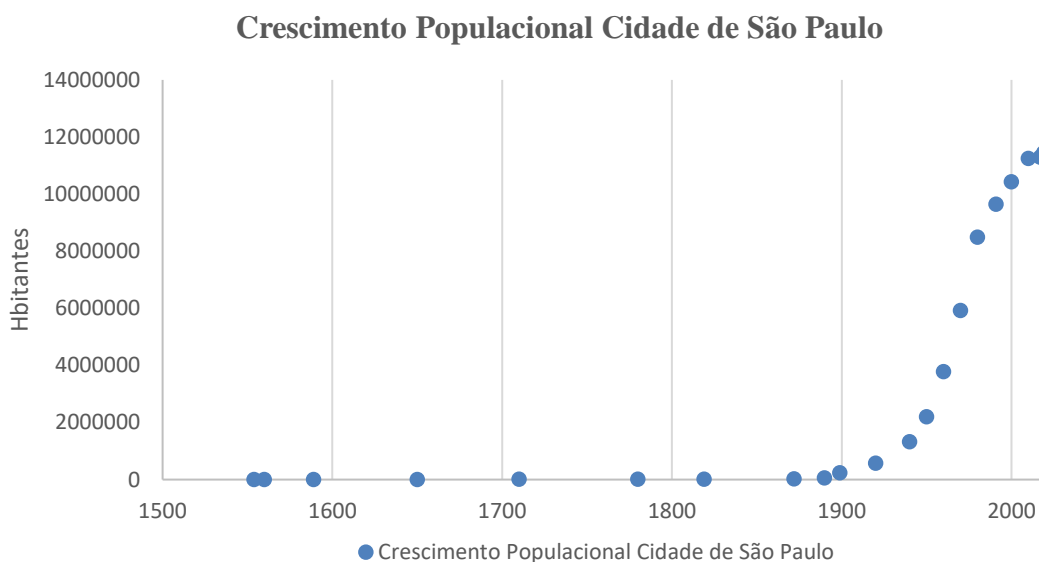
Nestas subseqüentes interferências, nota-se a expansão do crescimento populacional na área de estudo, sendo este um fator de pressão crucial ao considerar-se a interação complexa entre os fatores hidrológicos e sociais que influenciam essa dinâmica.

A distribuição da população ao longo do tempo na região em análise desempenha um papel significativo na configuração dos padrões de uso da terra, na demanda por recursos hídricos e nas vulnerabilidades socioambientais. A Figura 4.23, apresenta a evolução demográfica da Cidade de São Paulo, fornecendo informações importantes para compreender as inter-relações entre o crescimento populacional e os aspectos sócio-hidrológicos da região.

Para analisar a evolução do crescimento populacional da cidade de São Paulo ao longo do tempo, desde sua fundação em 1554 até o ano de 2022, é possível identificar diversas tendências e pontos de interesse. A progressão revela um crescimento populacional total no período notável e uma evolução demográfica significativa. Vale ressaltar que, no período compreendido entre 1554 e 1872, houve um crescimento inicial lento, caracterizado por séculos de desenvolvimento populacional limitado pela capacidade

agrícola local, pela prevalência de doenças e por outros fatores restritivos. Contudo, a partir de 1872 até 1950, observa-se uma aceleração no crescimento populacional. Nesse intervalo, registra-se um aumento expressivo e contínuo na população, impulsionado pela chegada de imigrantes e pelo início da expansão da infraestrutura urbana.

Figura 4.23 : Evolução Demográfica da Cidade de São Paulo.



Fonte: Produção do autor.

Entre os anos de 1930 a 1980, o crescimento demográfico exibiu uma expansão explosiva da população, possivelmente em decorrência do acelerado desenvolvimento econômico da cidade e da intensa urbanização, acompanhados pelos processos migratórios de pessoas do interior para a capital em busca de novas oportunidades. No entanto, a partir dos anos 1980 até 2022, houve uma desaceleração nesse ritmo de crescimento populacional. Essa desaceleração pode ser atribuída à redução das taxas de natalidade, à saturação urbana e a uma possível melhoria na distribuição da população pelo território brasileiro. Outro fator importante para compreendermos as interações sócio-hidrológicas são os de crescimento econômico.

Outro fator que impulsiona e tem um grande potencial de atuação sistêmica sócio-hidrológica é a economia. A sustentação da adoção de medidas estruturais no Rio Tamandateí só foi viabilizada mediante a expansão do desenvolvimento econômico (Figura 4.24), que permitiu a implementação de diversas intervenções ao longo do período. Em seu momento primevo de 1554 a 1700, a cidade de São Paulo estava em sua

fase inicial de desenvolvimento, caracterizando-se pela economia de subsistência baseada na agricultura. A cidade de São Paulo, neste período inicial, era apenas um pequeno povoado. A economia local começou a se diversificar com o cultivo de cana-de-açúcar e a introdução da pecuária, mas ainda era limitada devido ao difícil acesso e à falta de vias de comunicação com os principais centros econômicos do Brasil colonial.

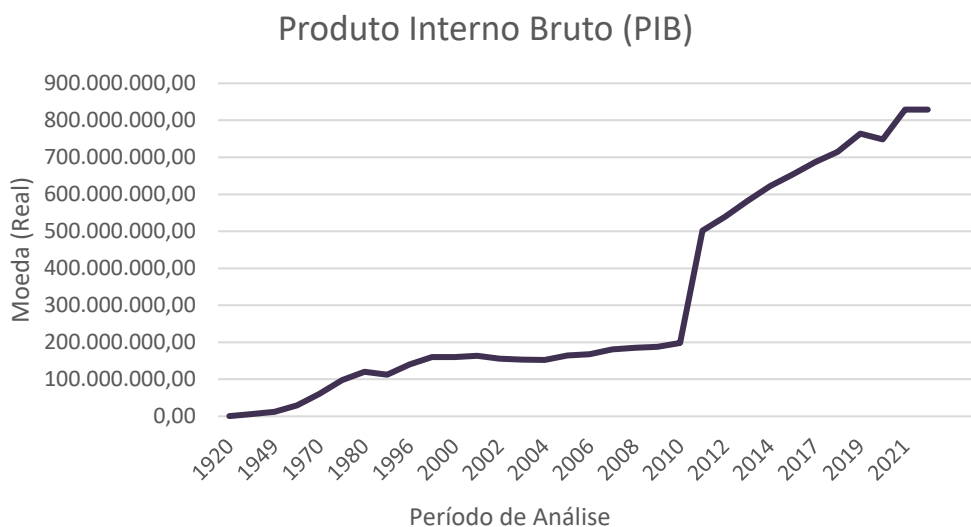
No período de 1700-1800, caracterizado pelo início da ainda modesta expansão das fronteiras da cidade e do importante Ciclo do Ouro, a economia de São Paulo começou a se expandir em função da descoberta de ouro em regiões como Minas Gerais. São Paulo serviu como um ponto de passagem para os bandeirantes e exploradores que seguiam em direção às minas. Isso estimulou a criação de rotas e o desenvolvimento de serviços para suportar as expedições, impulsionando comércios de abastecimento, gerando riquezas para a região. Apesar da cidade não haver se beneficiado diretamente da riqueza gerada pelo ouro, mas através de ganhos secundários passou a adquirir maior importância regional.

No período 1800-1900 a economia da cidade foi marcada pelo Ciclo do Café e pelo consequente início da transformação econômica, que ocorreu através da expansão do cultivo do café, se tornando a principal atividade econômica e um dos principais produtos de exportação do Brasil. O café propiciou a acumulação de capital, atração de investimentos e chegada de imigrantes europeus, que contribuíram para a expansão da força de trabalho e diversificação da economia. São Paulo se transformou em um importante centro comercial e financeiro, com a fundação da Bolsa de Valores e o surgimento de instituições bancárias. A infraestrutura da cidade também evoluiu com a construção de ferrovias, que integraram a região ao porto de Santos e facilitaram a exportação do café.

No período de 1900 a 2000, caracterizado pelos processos de Industrialização da cidade e Metropolização, testemunhou-se a consolidação de São Paulo como o principal polo econômico do Brasil. A economia paulista se diversificou ainda mais com o desenvolvimento da indústria, atraindo mais imigrantes e migrantes de outras partes do Brasil. A industrialização foi acelerada pelas duas guerras mundiais e pela crise de 1929, que incentivaram a produção nacional de bens que antes eram importados. O PIB da cidade cresceu exponencialmente, como demonstram os dados a partir de 1920, com a

cidade se consolidando como centro financeiro, industrial e de serviços. Este crescimento foi apoiado por políticas governamentais de incentivo à industrialização, como a criação

Figura 4.24 : Produto Interno Bruto Cidade de São Paulo (PIB).



Fonte: Produção do autor.

da Zona Franca de Manaus e políticas de substituição de importações. A transição, ocorrida neste período, marcou São Paulo como uma metrópole globalizada, com um setor de serviços sofisticados e uma economia diversificada.

Os dados de PIB apresentados na Figura 4.24, ilustram o crescimento acelerado ao longo do século XX, refletindo as mudanças estruturais na economia de São Paulo. No início do século, a cidade começou a se estabelecer como o coração econômico do Brasil, com o PIB crescendo mais de 533 mil reais em 1920 para mais de 5 milhões de reais em 1939. Após a Segunda Guerra Mundial, a cidade continuou sua trajetória ascendente, com o PIB chegando a 29 milhões de reais em 1959 e saltando para mais de 60 milhões de reais em 1970. Este crescimento foi impulsionado pela industrialização, urbanização e pela contínua atração de investimentos e mão de obra.

A partir de 1970, a economia de São Paulo começou a se diversificar ainda mais, com o setor de serviços ganhando relevância. Apesar de alguns períodos de estagnação e crise econômica, como o observado nos anos 1980 e início dos 2000.

Os dados apresentados neste gráfico (Figura 4.24) partem do início do século XX, pois anteriormente, não há dados de PIB disponíveis para a cidade de São Paulo devido a limitações históricas e metodológicas. Na época, a coleta e registro de dados econômicos eram menos regulares e detalhadas, as práticas contábeis e estatísticas estavam em estágios iniciais e O próprio conceito de PIB como conhecemos hoje foi desenvolvido no início do século XX. Com a evolução das práticas econômicas ao longo do tempo, especialmente após a Grande Depressão e as Guerras Mundiais, houve avanços significativos na coleta e interpretação de dados econômicos. Embora seja possível reconstruir estimativas aproximadas do PIB para períodos anteriores com métodos modernos retrospectivos, os dados existentes para períodos anteriores são fragmentários e interpretados de maneira diferente dos padrões atuais.

Ao observar o gráfico de barras empilhadas, observa-se que a densidade populacional nas proximidades do Rio Tamanduateí apresentou um crescimento exponencial ao longo do tempo. A vertente ocupação das áreas mais propensas a inundação, ao longo do período especialmente notável nas distâncias de 50 a 500 metros, aumentando significativamente a vulnerabilidade das comunidades nos bairros que avizinham o Rio Tamanduateí. Analisando os números gerados, a partir de recortes de mapas em faixas distintas de influência do Rio Tamanduateí, sendo elas, tomadas a partir das margens do rio, com distanciamento de 50, 100, 250, 500, 1000 e 2000 metros, realizado através da geração de “*buffers*” de análise, pode-se compreender os efeitos de crescimento vertiginoso em cada espectro de análise.

Este padrão de assentamento intensificado nas áreas de risco de inundação, especialmente em zonas próximas ao rio, ressalta um paradoxo identificado na sócio-hidrologia, em que comunidades se estabelecem em áreas de alta vulnerabilidade hidrológica, frequentemente devido aos benefícios econômicos e sociais associados à proximidade com recursos hídricos (KAHN, 2005; MOEL et al., 2011; VIGLIONE et al., 2014), no caso específico de nossa área de estudo esta aproximação se deu no contexto de interesses imobiliários que impulsionaram os aterrados e posteriores expansões de assentamentos sobre essas áreas.

Como resultado, a segurança proporcionada pelo desenvolvimento econômico pode levar ao aumento da densidade populacional e à infraestrutura em planícies de inundação

(VIGLIONE et al., 2014), por outro lado, a sociedade enfrenta inundações frequentes e sofre grandes prejuízos, o que acaba por retardar seu desenvolvimento econômico. Isso está em linha com a perspectiva de Cameron e Shah (2012), que destacaram que as preferências de risco têm impactos substanciais nas decisões socioeconômicas, refletindo-se na escolha de residir em regiões propensas a enchentes.

A evolução dos números no gráfico sugere que, apesar do conhecimento dos riscos, o desenvolvimento econômico e a segurança percebida contribuem para o aumento da ocupação humana nessas zonas de risco. No entanto, essa ocupação pode estar criando uma falsa sensação de segurança, potencialmente aumentando o custo humano e financeiro de eventos de inundação, uma vez que a infraestrutura e as medidas de proteção podem não ser suficientes para lidar com as enchentes mais severas. A análise do gráfico de barras empilhadas (Figura 4.25) revela uma mudança dramática na densidade populacional nas diversas zonas de influência do Rio Tamanduateí ao longo de vários séculos. O crescimento populacional ocorreu de maneira mais intensa nas áreas imediatamente adjacentes ao rio, particularmente nas zonas dentro de um *buffer* de 50 a 500 metros da margem.

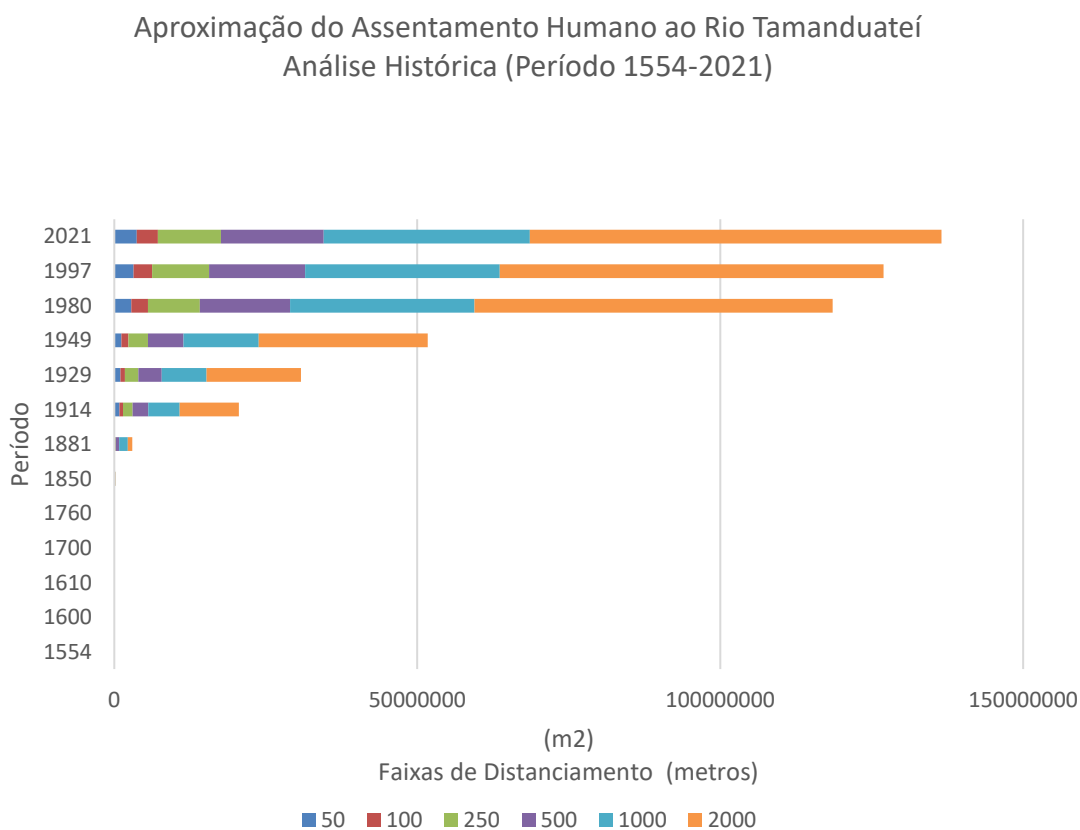
Começando com uma presença praticamente nula em 1554, as áreas a 50 metros do rio viram um aumento desde valores insignificantes até atingir uma área urbanizada de 3.694.832,15 m<sup>2</sup> em 2021. Um padrão semelhante é observado nas distâncias de 100, 250 e 500 metros, com a densidade populacional amplificando-se significativamente a cada intervalo de tempo registrado, refletindo uma expansão urbana consistente em direção ao rio.

Esta tendência de ocupação humana nas zonas de risco inundações se intensificou ao longo do tempo, exacerbando a vulnerabilidade das comunidades locais. A zona de 50 metros, por exemplo, demonstrou o crescimento mais veloz e substancial, implicando uma propensão para a ocupação de áreas com alto risco de inundação. À medida que nos afastamos para a zona de 2000 metros, embora o crescimento ainda seja exponencial, é menos acentuado em comparação com as zonas mais próximas ao rio.

O aumento da população dentro dessas zonas sugere uma preferência por assentamentos próximos ao rio, talvez devido às vantagens de acesso a recursos hídricos ou por conveniência econômica, assumindo e se adaptando aos riscos. Contudo, essa ocupação

traz consigo um risco incrementado de ser afetada por eventos hidrológicos. É evidente que a alocação de recursos para infraestrutura e medidas de mitigação de inundações não solucionou o problema, o que pode ter levado a uma falsa percepção de segurança entre os residentes influenciando dentro do processo no ritmo acelerado de urbanização nestas regiões.

Figura 4.25: Mapeamento da Expansão de Área de Assentamento Humano em Planícies de Inundação.



Fonte: Produção do autor

Refletindo sobre aspectos da sócio-hidrologia, o gráfico sugere que a memória social de eventos passados de inundação pode não ser suficientemente forte para dissuadir a ocupação de áreas de alto risco, ou que a densidade populacional e o desenvolvimento econômico têm priorizado sobre as considerações de segurança hidrológica. Isso reforça a necessidade de políticas de planejamento urbano que equilibrem o desenvolvimento urbano, reflexo de um crescimento econômico pujante, com a sustentabilidade ambiental



e a resiliência a inundações, bem como a importância de educar as comunidades sobre os riscos associados a viver tão perto de corpos d'água propensos a inundações.

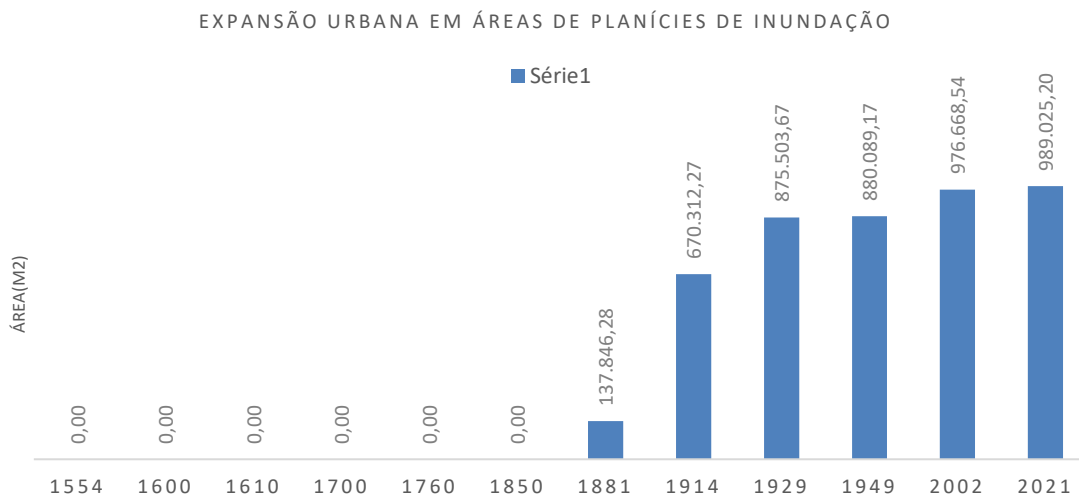
Outras análises foram realizadas no intuito de mapear comportamentos de assentamentos humanos na bacia, agregando comportamento da urbanização em torno a área de estudo. O mapeamento da crescente urbanização em áreas naturais de planícies de inundação ao longo do período (Figura 4.26), fora realizado através de sucessivos recortes espaciais de expansão territorial ao longo destas áreas naturais.

A expansão do assentamento humano expressa no gráfico, revela que, ao examinar a sequência cronológica dos dados, é evidente que houve um aumento quase inexistente ou muito lento da ocupação humana nas planícies de inundação até o século XVIII, porém padrões de crescimento significativos de ocupação destas áreas, ocorre a partir do século XIX. Esses incrementos mais vertiginosos, estão relacionados com o desenvolvimento industrial e o aumento da população, que demandaram mais espaço para habitação impulsionados por atividades econômicas. Ressalto que esta ocupação humana em áreas que são naturalmente propensas a inundações, ocorreu de forma desordenada e acentuada, sendo corroborada pelo poder público, como visto anteriormente.

A expansão é expressa em metros quadrados, permite uma visão quantitativa do desenvolvimento humano nessas regiões mais vulneráveis. A partir do início do século XX, observou-se incrementos mais substanciais vertiginosos, que estão relacionados com o desenvolvimento industrial e o aumento da população, que demandaram mais espaço para habitação impulsionados por atividades econômicas.

O mapeamento histórico da urbanização em planícies de inundação revela um padrão significativo de expansão territorial humana nessas áreas naturalmente vulneráveis. Através da análise de dados de ocupação em metros quadrados, é possível observar um crescimento marginal até o século XVIII, seguido por um aumento exponencial que coincide com o avanço da revolução industrial e o crescimento demográfico. Este fenômeno reflete uma intensificação dos assentamentos humanos em áreas de risco, o que sugere uma potencial subestimação das implicações associadas a eventos de inundação. As evidências quantitativas demonstram que o desenvolvimento urbano tem se estendido cada vez mais para essas zonas críticas, desafiando as práticas de planejamento urbano e

Figura 4.26 : Mapeamento da Expansão de Área de Assentamento Humano em Planícies de Inundação.



Fonte: Produção do autor.

gestão de recursos hídricos. Para compreender a dimensão dos eventos de inundação, apresentamos um levantamento a seguir.

Os dados apresentados a seguir (Figura 4.27) seguem os padrões de chuvas intensas na região demonstrando a presença maior de eventos de inundação nos meses de maior ocorrência de chuvas, estando estes concentrados entre os meses de dezembro a março.

Figura 4.27 : Meses com Eventos de Inundação.



Fonte: Produção do autor.

O levantamento revela um aumento de eventos críticos ao longo dos anos, considerando sua frequência e severidade.

Diante dos eventos de inundação na região de estudo, a sociedade, por meio de seus gestores públicos, tem historicamente respondido implementando sistemas de diques. Ao longo do tempo, esses sistemas foram continuamente aprimorados e adaptados, incorporando diversos níveis de proteção para mitigar os impactos das inundações. Essas medidas (Figura 4.28) refletem a constante evolução das estratégias sócio-hidrológicas adotadas para lidar com os desafios decorrentes da interação entre a sociedade e o ambiente hidrológico.

Figura 4.28: Níveis de proteção contra inundações adotado.



Fonte: Produção do autor.

A análise dos dados históricos das alturas de diques em São Paulo de 1554 a 2021 revela uma tendência crescente na construção de infraestruturas de proteção contra inundações. Esta tendência é um reflexo direto do "efeito dique" teorizado por White (1945), em que o aumento da sensação de segurança com a elevação dos níveis de proteção leva a uma maior ocupação humana nas proximidades de corpos d'água. O avanço dos diques no Rio Tamanduateí, passando de 5,3 metros de altura em (Figura 4.38a) para 12,7 metros (Figura 4.38e), sugere tentativa de controle da água no espaço urbano dentro de uma resposta às crescentes demandas de uma sociedade em expansão e os desafios impostos pelas inundações.

No entanto, como apontam Kates et al. (2006) e Di Baldassarre et al. (2013 a,b), essa sensação de segurança pode ser enganosa. Castellarin et al. (2011) e Viglione et al. (2014, 2015) destacam que o crescimento econômico estimulado pelo "efeito dique" vem com o preço de uma maior exposição a inundações, criando uma vulnerabilidade que Barendrecht et al. (2017) reconhecem como uma ameaça significativa.

No caso da Bacia do estudo, após a evolução dos modelos adotados de diques e rebaixamento de calhas (Figura 4.38d), o nível de proteção adotado em 1981 seguiu sem alterações até o presente momento, o que pode indicar uma percepção social da necessidade de estratégias distintas para a mitigação dos riscos presentes nas inundações.

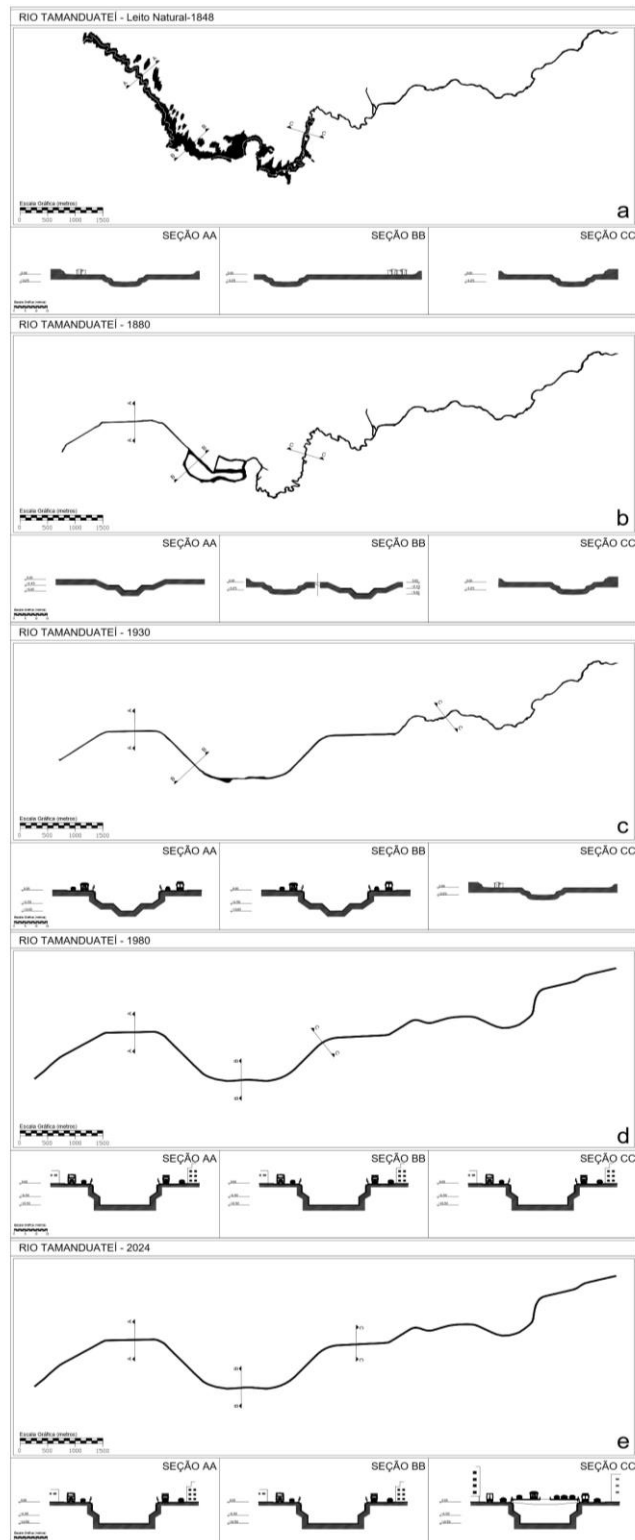
Krause (2016) identifica como um paradoxo de proteção, em que a defesa de uns pode significar o risco de outros, como um lembrete da complexidade das interações sócio-hidrológicas. Em uma análise de longo prazo, é possível observar que, apesar dos aumentos na proteção física, o risco de inundação para a sociedade como um todo pode não ter diminuído proporcionalmente. Isso é particularmente verdadeiro se considerarmos o "efeito chamada", em que a falta de regulamentação adequada do uso do solo promove a ocupação de áreas de risco, como apontado por Barendrecht et al. (2017). A citação de Krause (2016) sugere ainda que as medidas de proteção tomadas por um grupo podem ter consequências indesejadas para outros. Por exemplo, o reforço de um dique em uma área pode aumentar o risco de inundações em outra, devido a alterações no fluxo de água, transbordamentos ou outros fatores hidrológicos.

A pesar do aumento da proteção oferecido pelos diques mais altos adotados ao longo dos anos (Figura 4.29), a vulnerabilidade da sociedade às inundações pode ter aumentado devido à maior ocupação humana dessas áreas protegidas. Esse efeito é mencionado por Barendrecht et al. (2017) e pode resultar em danos mais significativos e catastróficos se os diques falharem ou forem superados por eventos extremos, conforme alerta Ciullo et al. (2017).

Em resposta a esses desafios complexos, a gestão hídrica da cidade de São Paulo, se desloca no mesmo sentido de abordagem, optando por investimentos em estruturas tecnológicas no gerenciamento de riscos de inundação, como a adoção de reservatórios de retenção (Figura 4.30). Esta mudança de estratégia sinaliza um reconhecimento da

limitação dos sistemas de diques e afundamento da calha do Rio, porém, podendo acarretar consequências futuras, conforme estudos de Di Baldassarre et al. (2018).

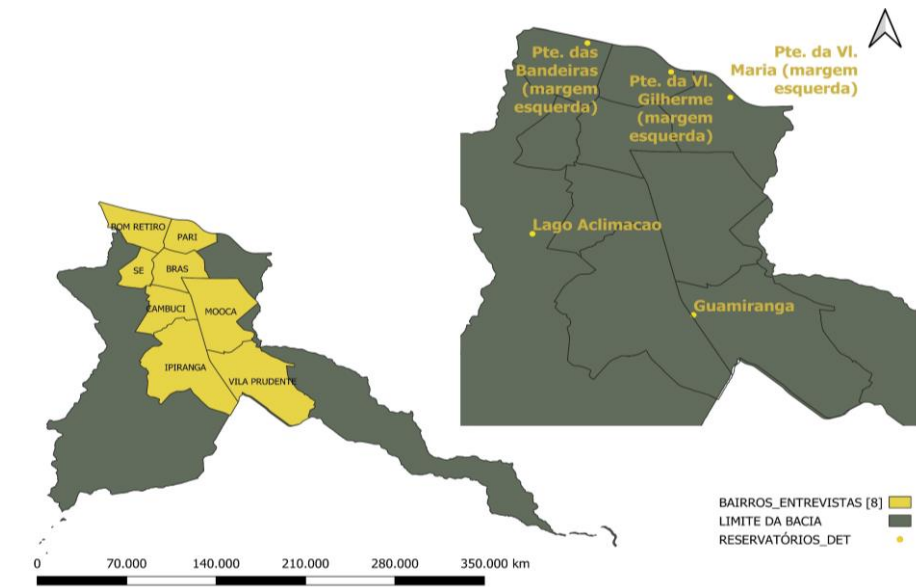
Figura 4.29: Análise das seções transversais Rio Tamanduateí (1554-2024).



Fonte: Produção do autor.

O conhecimento das áreas mais vulneráveis e afetadas durante os eventos estudados, pode fornecer *insights* valiosos para a compreensão do problema na área de estudo. Essa abordagem integrada ao ambiente GIS pode contribuir para a compreensão das interações relacionadas à aproximação ou distanciamento no convívio com áreas mais vulneráveis.

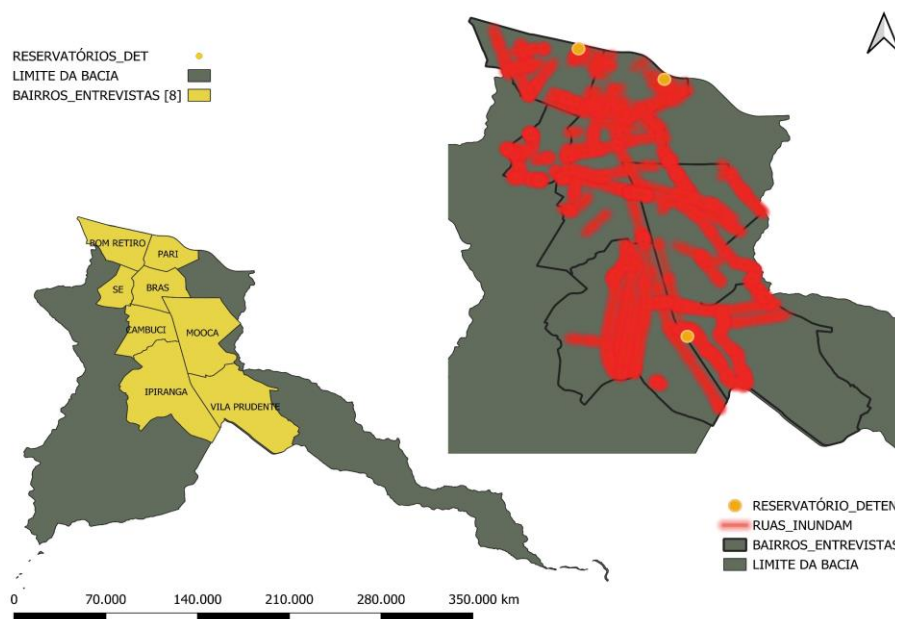
Figura 4.30: Sistemas de proteção contra inundação - Reservatórios de Detenção.



Fonte: Produção do autor.

O mapa abaixo (Figura 4.31) apresenta as principais vias propensas a apresentar problemas durante os eventos de inundação.

Figura 4.31: Principais ruas afetadas por eventos hidrológicos no recorte.



Fonte: Produção do autor.

Os fatores discutidos neste capítulo estabeleceram bases essenciais para compreender a gravidade do problema que afeta a região, resultando em caos periódico e sérias consequências com perdas irreparáveis para a população. A partir deste ponto, daremos início a análises mais detalhadas e aprofundadas.

## **4.2. Análise das interações sócio-hidrológicas**

A sequência de episódios de enchentes na metrópole de São Paulo, com episódios prolongados e de magnitude devastadora, sinaliza a urgência de discernir os elementos que influenciam e configuram essas crises hidrológicas. Esses elementos podem alternadamente atuar como um mecanismo de amplificação ou criar condições para um estado de estabilidade dentro do sistema sócio-hidrológico. As análises a seguir traduzem a co-evolução sistêmica desses processos até as repostas atuais na bacia do Rio Tamanduateí.

### **4.2.1. Interações sócio-hidrológicas acopladas**

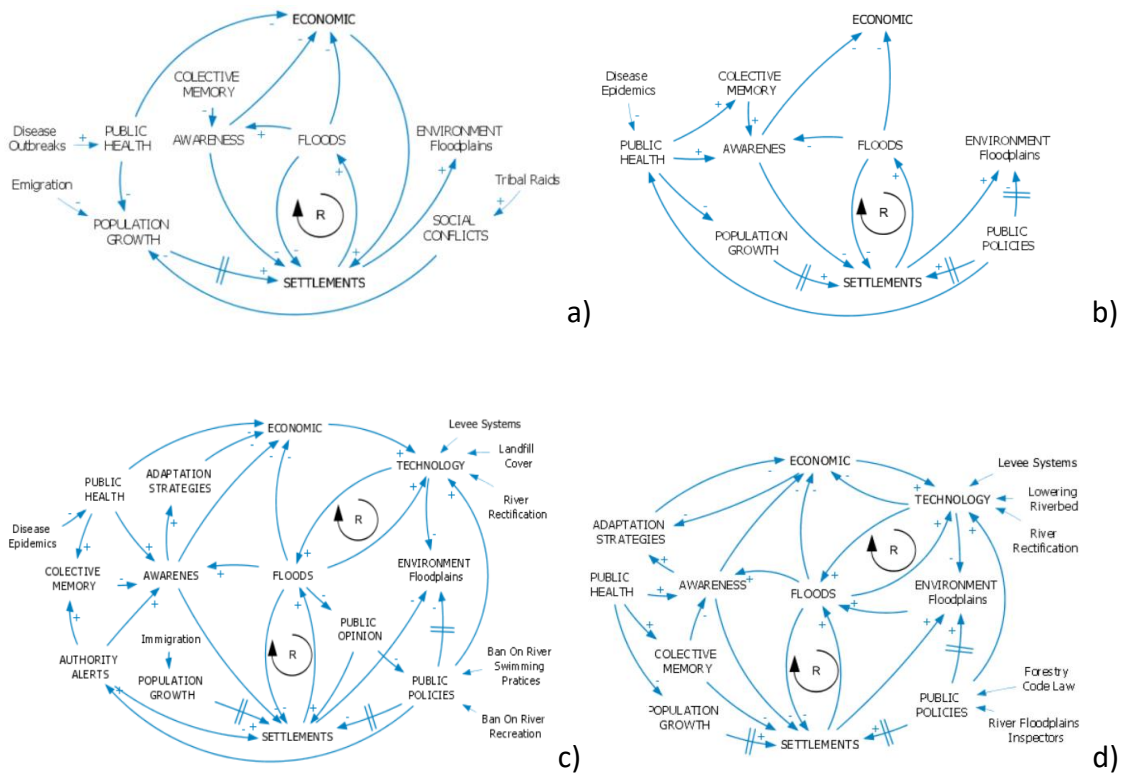
Através da criação dos Diagramas de Loops Causais para o contexto paulistano da bacia, pode-se observar respostas sistêmicas em sua co-evolução. Através de uma parte do ferramental da Dinâmica de Sistemas criamos modelos sócio-hidrológicos perceptivos para analisar as dinâmicas existentes no processo estudado. Os diagramas abaixo (Figura 40) descrevem a complexidade estrutural que se intensifica à medida que o estudo avança, integrando novas variáveis e conexões de causalidade ao modelo perceptivo apresentado.

Compreender as forças vigentes e suas inter-relações é crucial para desvendar a evolução histórica desses eventos. A complexidade emerge ao tentar mapear a trajetória histórica, que se estende por quatro séculos, e tratá-la como uma questão dinâmica que evolui temporalmente e mediante interações complexas entre tais forças. No estudo do sistema sócio-hidrológico paulistano, optamos por focar nos seguintes componentes para análise do feedback dinâmico: Elementos Naturais, Infraestrutura, Tecnologia, Estruturas Sociais e Econômicas. Para contextualizar os períodos analisados nomeamos o conjunto de análise secular distinguindo-os por suas características mais marcantes, seguindo com os resultados a seguir:

Durante o período do Ciclo Natural (1500-1700) (Figura 4.32a), foi observada a ocupação inicial do território que hoje corresponde a São Paulo, marcando o início da fase colonial.

Deslocamentos populacionais e conflitos sociais entre os habitantes originais e os invasores portugueses, confrontos indígenas, bem como surtos epidêmicos, impactaram a evolução demográfica nos estágios iniciais do estabelecimento da vila paulistana, sendo que tivemos um crescimento inicial populacional muito lento.

Figura 4.32: Respostas nos Diagramas de Ciclos Causais de processos sócio-hidrológicos em interações ao longo de 4 séculos. Períodos de análise, a. Ciclo do Caminho Natural (1500-1700), b. Ciclo de Nova Ordenação (1700-1800), c. Ciclo de Grandes Intervenções (1800-1900), d. Ciclo de Colapso (1900-2000). O diagrama de laço mostra interações que distinguem interações de grande potencial (setas com linhas mais grossas) de interações de menor potencial (setas com linhas mais finas), processos de atraso temporal (setas com linhas duplas) também são indicados. O sistema apresenta condições de equilíbrio ou neutralidade (-) e condições de reforço (+) e também indica movimento com setas em diferentes posições (sentido horário ou anti-horário).



Fonte: Produção do autor.

A economia da área, inicialmente impulsionada pela sua posição estratégica, progrediu de maneira gradual dentro do processo de colonização. As comunidades locais conviviam com os ciclos naturais de enchentes e secas dos rios, com poucas referências históricas sobre o efeito das inundações urbanas. Embora esses eventos ocorressem esporadicamente, eram menos devastadores para a sociedade em formação, já que os



assentamentos não estavam localizados em áreas de alto risco de inundação, evitando perdas econômicas significativas. Naquela época, lidar com os desafios decorrentes das inundações não era uma prioridade política. Essas interações causais indicam um equilíbrio sistêmico alcançado dentro do sistema.

No decorrer do Ciclo da Nova Ordenação (1700-1800) (Figura 4.32b), a ascensão de São Paulo dos Campos de Piratininga de uma vila para o patamar de cidade, em 1711, marcou o início de uma era de transformações. A nova classificação administrativa estimulou o estabelecimento de estruturas institucionais e uma maior relevância no cenário administrativo. Durante este período, São Paulo vivenciou mudanças que esboçaram o contorno de sua futura grandiosidade urbana, mesmo que o crescimento fosse comparativamente tímido quando confrontado com os surtos de expansão futuros. Este período de crescimento gradual preparou o terreno para um expressivo acréscimo populacional entre 1872 e 1950, ampliado pela chegada de imigrantes e pelo desenvolvimento urbano incipiente.

Este período também foi significativo para a economia paulistana, que se beneficiou indiretamente do auge do Ciclo do Ouro. São Paulo emergiu como uma rota crítica para os aventureiros em busca de fortuna nas minas de ouro, fomentando a criação de serviços e comércios que atendiam essa movimentação, o que trouxe prosperidade secundária à região. Adicionalmente, o século XVIII presenciou um robustecimento das instituições locais, com a fundação de centros de ensino e religiosos como o Colégio de São Paulo, pavimentando o caminho para a formação de uma elite influente que teria papel preponderante nos capítulos subsequentes da história nacional. São Paulo começava a se desenhar como um epicentro regional, antevendo sua importância estratégica para o Brasil. Embora o avanço territorial da cidade fosse modesto, houve um reforço na centralidade urbana, que, acompanhada por um aumento demográfico, destacou a necessidade de aprimoramentos na infraestrutura e no saneamento, face aos desafios de saúde pública que emergiam na época, no enfrentamento de epidemias.

Juntamente com as mudanças socioeconômicas ocorridas no Ciclo das Grandes Intervenções (1800-1900) (Figura 4.32c), o Rio Tamanduateí e sua região alagadiça passaram a ser vistos de forma diferente pela população, agora associados a epidemias e enchentes frequentes. Nesse período, as autoridades realizaram as primeiras grandes

alterações no sistema hídrico. Com o aumento um pouco mais acentuado da população, o progresso econômico e a implementação de políticas de saúde, foi feita a primeira retificação do rio e o aterramento de suas margens, resultando na expansão dos assentamentos humanos sobre áreas antes ocupadas pelo fluxo natural da água. Essa rápida urbanização, com a ocupação das planícies de inundação e a consequente impermeabilização do solo, agravou as condições para as inundações.

Seguindo essas mudanças, uma nova dinâmica prevaleceu em relação às enchentes e, inserido no Ciclo de Colapso (1900-2000) (Figura 4.32d), as ações do período anterior foram intensificadas e mantidas, aumentando a influência humana no sistema. Nesse estágio, é fundamental considerar os pontos críticos de inflexão, que incluem a explosão demográfica e a intensa urbanização, impulsionadas pelo marcante desenvolvimento econômico. A trajetória do sistema resultou em processos de resistência, criando barreiras que limitaram a capacidade de mudanças sistêmicas e resiliência, levando, por outro lado, a uma crescente necessidade de ajuste. O desenvolvimento econômico permaneceu em um equilíbrio frágil, oscilando entre ganhos e perdas devido às enchentes, em um cenário que se aproxima do colapso devido à fragilidade da resiliência.

#### **4.3. Análise sócio-hidrológica do comportamento de respostas sistêmicas humano-inundação**

Neste segmento crucial da tese, abordaremos a análise sócio-hidrológica, investigando a dinâmica entre as interações humanas e os eventos de inundação. Inicialmente, examinaremos as interações e respostas sociais frente a esses fenômenos naturais, destacando como as comunidades percebem e se adaptam a tais ocorrências. Em seguida, analisaremos a relação entre diversas variáveis, focando nos resultados das percepções sociais e na significância de padrões emergentes evidenciados por meio de análises de relação espacial. Progredindo na complexidade, analisaremos agrupamentos dentro das interações sócio-hidrológicas para identificar padrões distintos de comportamento e resposta. Finalizaremos com uma exploração das variáveis adjacentes e fatores sistêmicos, que contribuem para uma compreensão abrangente e detalhada das inter-relações que moldam a experiência humana diante de eventos de inundação, pavimentando o caminho para estratégias de adaptação mais eficazes.

#### **4.3.1. Análises de interações e respostas sociais**

Este subcapítulo aborda especificamente a interação entre sociedades e inundações, focando na percepção humana desses eventos extremos através de uma análise sócio-hidrológica. Utilizando o Diagrama de Loop Causal, mapeamos as respostas e adaptações das comunidades a inundações, destacando a importância da percepção social na compreensão dessas dinâmicas complexas. A aplicação do conceito de *upscaling* e a integração de dados sobre percepções individuais revelarão padrões de resposta comunitária, permitindo uma análise detalhada das interações sócio-hidrológicas. Este estudo permitiu compreender como os bairros ao redor do Rio Tamanduateí em São Paulo lidam com as inundações e o papel do apoio governamental nesse contexto.

A investigação socio-hidrológica das reações sistêmicas entre seres humanos e enchentes é um domínio essencial para compreender a relação entre comunidades e fenômenos hidrológicos. Este subcapítulo em particular se dedica a explorar o intrincado relacionamento entre a percepção humana e as inundações, utilizando ferramentas analíticas que possibilitam uma compreensão integrada das interações.

Introduzindo o conceito de Diagrama de Loop Causal, este estudo procura mapear as conexões e retroalimentações que caracterizam as respostas dos indivíduos frente a fenômenos de inundação. Uma abordagem perceptiva, enraizada nas experiências sociais, é fundamental para capturar a complexidade e as nuances deste sistema de interações e para compreender como as comunidades se adaptam e respondem a tais eventos.

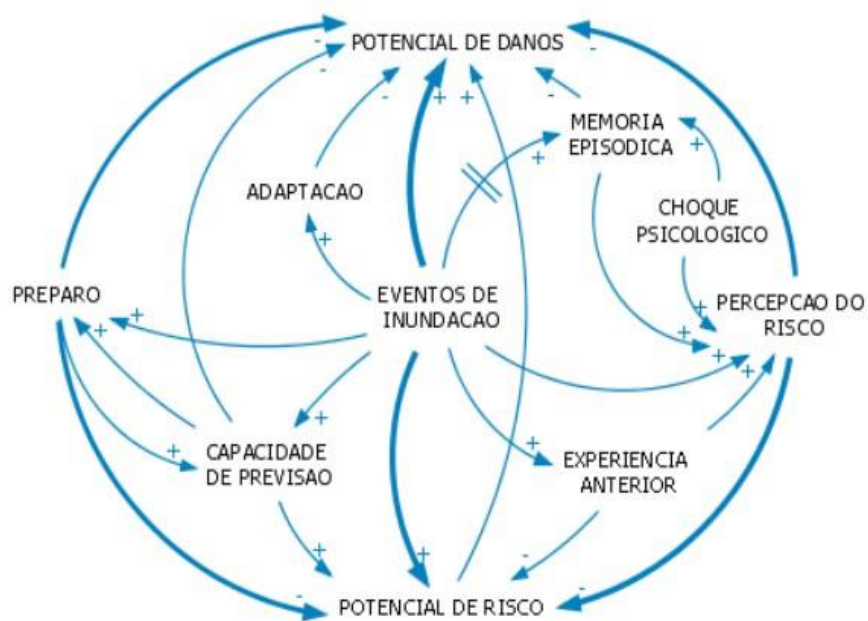
A compreensão da dinâmica entre os potenciais de riscos e danos é fundamental para a gestão eficaz de desastres naturais, como as inundações. O conceito de Potencial de Riscos, explorado por Vorogushyn et al. (2018) e Di Baldassarre et al. (2018), envolve a avaliação probabilística da ocorrência de eventos hidrológicos e o entendimento de suas consequências possíveis em termos de frequência e severidade.

O Potencial de Danos, detalhado nas obras de Gober e Wheeler (2015) e Di Baldassarre et al. (2015), refere-se à avaliação das perdas materiais e humanas resultantes de tais eventos, considerando a vulnerabilidade das áreas afetadas e a capacidade de resiliência das comunidades. Estes conceitos são cruciais para decifrar a maneira pela qual as percepções individuais e memórias de eventos passados podem influenciar as respostas a

riscos futuros. Ao mergulharmos na interação entre destes fatores analisamos através da perspectiva social individual as relações de causalidade de fatores sócio-hidrológicos.

Ao analisarmos a ação da Percepção Individual de Risco (Figura 4.33) em eventos de inundação no contexto da sócio-hidrologia e conforme estudos de Di Baldassarre et al. (2013), Gober et al. (2015), Loucks et al. (2015), e Hall et al. (2019), observa-se que Percepção Individual de Risco relacionada a eventos de inundação está intrinsecamente ligada à Memória Episódica, e esta, por sua vez relacionada a Experiências Anteriores.

Figura 4.33 : Diagrama Perceptivo de Laços Causais em Escala Individual.



Fonte: Produção do autor.

A relação entre a memória de eventos específicos e a percepção de ameaças futuras é fundamental na sócio-hidrologia, pois molda as decisões e comportamentos individuais e coletivos em relação à preparação, resposta e recuperação de eventos de inundação. A intensidade e a reincidência das vivências de alagamento impactam diretamente a forma como pessoas e grupos avaliam perigos e a possibilidade de acontecimentos de eventos semelhantes no futuro. Em condições em que haja um declínio na memória individual ou coletiva sobre desastres passados, pode levar a uma subestimação do risco e a um relaxamento das medidas de mitigação e preparação. Por outro lado, o impacto emocional

de eventos traumáticos, como grandes inundações, pode amplificar a percepção de risco e incentivar ações proativas de preparo.

#### **4.3.2. Análises de interações entre variáveis**

Avançando nesta análise, seguiu-se com a aplicação do conceito de *upscaling*, sugerido por Blöschl (2016), e a integração de dados numéricos sobre a percepção individual dos moradores. Foi possível decifrar os padrões de resposta comunitária inseridos no contexto sócio-hidrológico mais amplo, proporcionando uma visão detalhada e geograficamente contextualizada das dinâmicas em jogo nesse cenário.

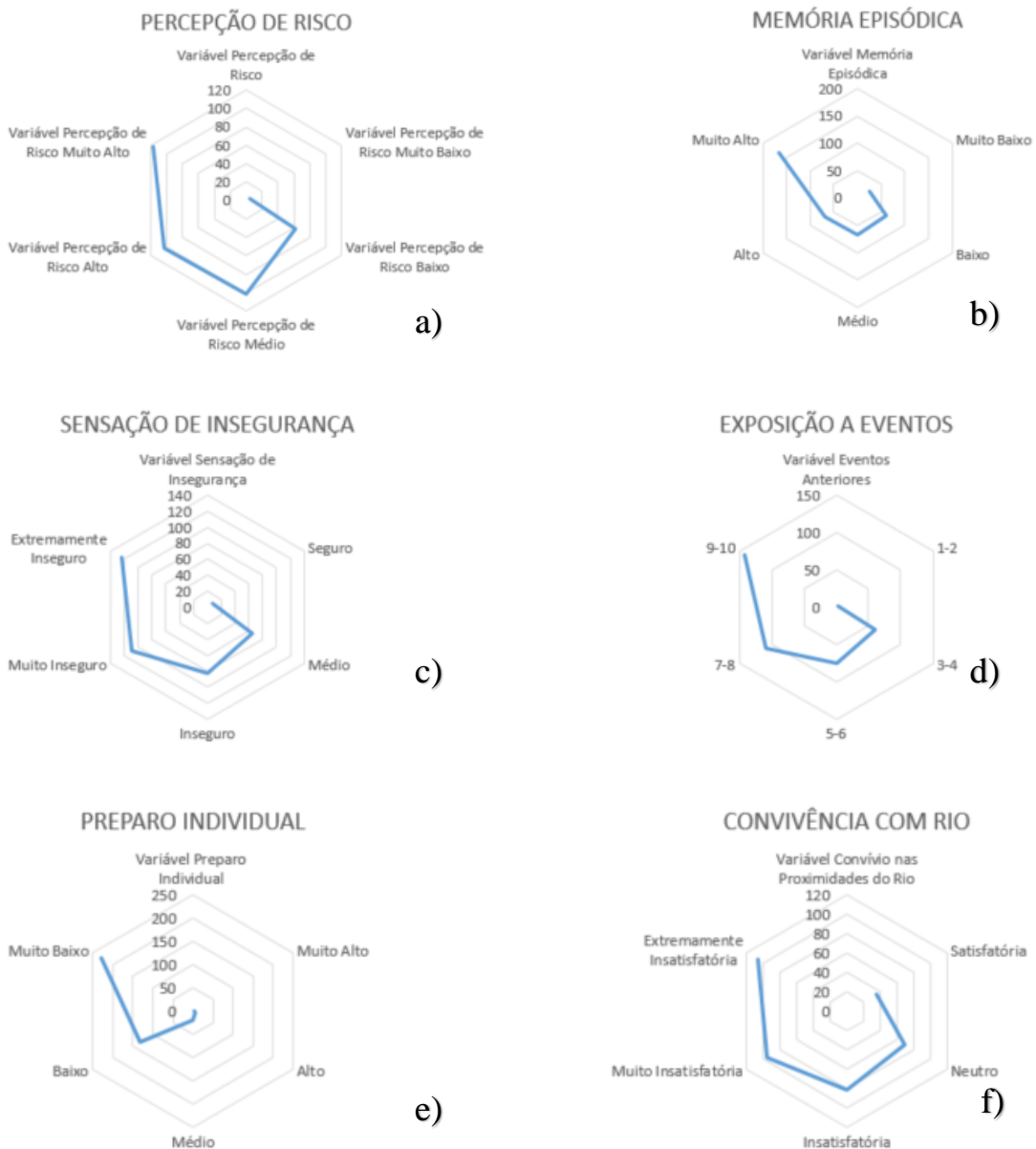
Para cada pergunta do questionário (Apêndice B.1), estabeleceu-se uma escala de percepção individual com o propósito de atribuir valores aos conceitos relacionados aos eventos vivenciados pela comunidade. Para esta avaliação, definiram-se duas escalas distintas: uma variando de 1 a 10 e, para outras questões, respostas binárias, com o valor 1 representando 'sim' e 0 representando 'não'.

A Figura 4.34, permitiu visualizar o perfil geral da população em relação a essas variáveis de percepções individuais, evidenciando quais fatores sócio-hidrológicos possuem maior concentração de respostas e, portanto, representam questões mais críticas ou características mais proeminentes na comunidade analisada. As variáveis estão representadas no gráfico (Figura 4.34) através do eixo que se inicia no centro e representa cada categoria com distâncias do centro equivalentes ao número de respostas obtidas em campo.

Variável Percepção de Risco (Figura 4.34a) tem-se distribuída mostra que a percepção de risco cresce gradualmente das categorias "Muito Baixo" para "Muito Alto". Há um número significativo de pessoas que percebem o risco como "Alto" totalizando 103 observações e "Muito Alto", com 117 observações, sugerindo que a preocupação com o risco é considerável entre a população analisada. A Variável Memória Episódica, possui em destaque a categoria "Muito Alto", com 165 observações, indicando que muitos indivíduos têm uma memória episódica forte ou que eventos significativos deixaram uma impressão duradoura. As outras categorias são mais equilibradas, mas parece haver uma tendência para lembranças mais marcantes dos eventos vivenciados.

Os resultados obtidos que traduzem a Variável Sensação de Insegurança (Figura 4.34c), é marcada pela tendência de aumento na sensação de insegurança à medida que se move para as categorias mais extremas, com "Extremamente Inseguro" tendo o maior número de respostas, totalizando 124 observações. Isso pode indicar um ambiente ou contexto em que a sensação de insegurança é uma preocupação predominante

Figura 4.34: Resultados Variáveis das Percepções Sociais.



Fonte: Produção do autor.

A Variável de Exposição a Eventos (Anteriores) (Figura 4.34d), nos revela um panorama crítico relatado pela comunidade, com a categoria "9-10" eventos tendo a maior quantidade de observações, totalizando 141 respostas. Isso sugere que uma parcela significativa dos indivíduos experienciou muitos eventos anteriormente.

No caso da Variável Preparo Individual (Figura 4.34e), a maioria das respostas está nas categorias "Muito Baixo", com 229 observações e "Baixo", com 131 observações totais, indicando que o preparo individual para lidar com o contexto ou situações avaliadas é percebido como insuficiente. Poucos indivíduos se consideram altamente preparados, o que pode ser um sinal de alerta para a necessidade do desenvolvimento de treinamento.

Quanto a Variável Convívio nas Proximidades do Rio, as distribuições de observações mostram uma tendência geral de insatisfação com o convívio nas proximidades do rio, atribuídas as categorias de respostas negativas, variando de "Insatisfatória" até "Extremamente Insatisfatória", totalizando a maioria das respostas, já a categoria "Extremamente Insatisfatória" é a segunda e mais alta das 107 observações, o que pode indicar problemas significativos nesta relação na área em questão.

A partir destes resultados obtidos em campo, foi possível integrar os resultados ao contexto geográfico. Após a espacialização dos dados, estes foram redistribuídos em escalas de análise para alcançar a divisão em agrupamentos conforme a Tabela 4.1 apresentada anteriormente.

Para investigar o comportamento das variáveis de percepção social, utilizou-se o software GeoDa para realizar uma análise de regressão linear simples, abrangendo todas as variáveis. A partir dessas análises, foram identificadas tendências positivas semelhantes, indicando que o aumento de uma variável está associado ao aumento proporcional da outra. Esses padrões sugerem uma relação significativa entre as variáveis estudadas. Embora esta relação de crescimento não estabeleça necessariamente causalidade, estas relações de crescimento fornecem *insights*, sobre o comportamento das percepções sociais, valiosos para o nosso estudo.

Os resultados de  $R^2$  ilustrados na Figura 4.35, demonstram a relação significativa entre as variáveis em estudo, conforme evidenciado pelos coeficientes de determinação  $R^2$  (R-squared), que tendem se aproximar ao valor máximo de 1. O  $R^2$  é uma métrica de regressão linear simples, em que valores de  $R^2$  altos sugerem que o modelo de regressão

proporciona um ajuste muito bom entre os valores esperados e os observados nos dados, em que, quanto mais próximo de 1 for o valor de  $R^2$ , melhor o modelo explica a variação da variável dependente através da variável independente, evidenciando uma forte ligação entre as variáveis analisadas:

- a. Percepção de Riscos (Futuros) e Memória Episódica ( $R^2 = 0.853$ ): Para estas variáveis, a relação é bastante forte e mostra que a maneira como uma pessoa percebe riscos futuros tem uma influência considerável sobre as memórias que ela forma de eventos específicos. Quando as pessoas avaliam o risco, suas memórias de eventos passados são prováveis de serem particularmente marcantes e detalhadas. Isso é consideravelmente alto e sugere que as experiências armazenadas na memória episódica são uma componente chave para entender como as pessoas avaliam os riscos que podem enfrentar no futuro, o que coaduna com estudos de Loucks et al. (2015).
- b. Memória Episódica e Percepção de Riscos (Futuros) ( $R^2 = 0.728$ ): Indica que a variabilidade na percepção de riscos pode ser explicada pelas experiências passadas armazenadas na memória episódica dos indivíduos, estando significativamente associadas. Isso sugere que pessoas que vivenciaram eventos de inundação no passado tendem a ter uma percepção de risco mais aguçada em relação a futuros eventos semelhantes.
- c. Exposição a Eventos Anteriores e Memória Episódica ( $R^2 = 0.876$ ): Este resultado reflete uma relação muito forte entre a exposição a eventos anteriores e as memórias que as pessoas formam desses eventos, o que pode estar associado a quantidade e intensidade das experiências diretas com eventos e de como as inundações influenciam significativamente as lembranças detalhadas desses eventos, conforme estudos de Di Baldassarre et al., 2013.
- d. Memória Episódica e Exposição a Eventos Anteriores ( $R^2 = 0.757$ ): Este valor é significativo e sugere uma relação positiva, o que é intuitivo, pois a memória episódica é formada pelas experiências anteriores em eventos de inundação.
- e. Memória Episódica e Sensação de Insegurança ( $R^2 = 0.877$ ): Este valor mostra que memórias de eventos passados podem estar significativamente ligadas à sensação de insegurança, o que pode afetar o comportamento e as decisões



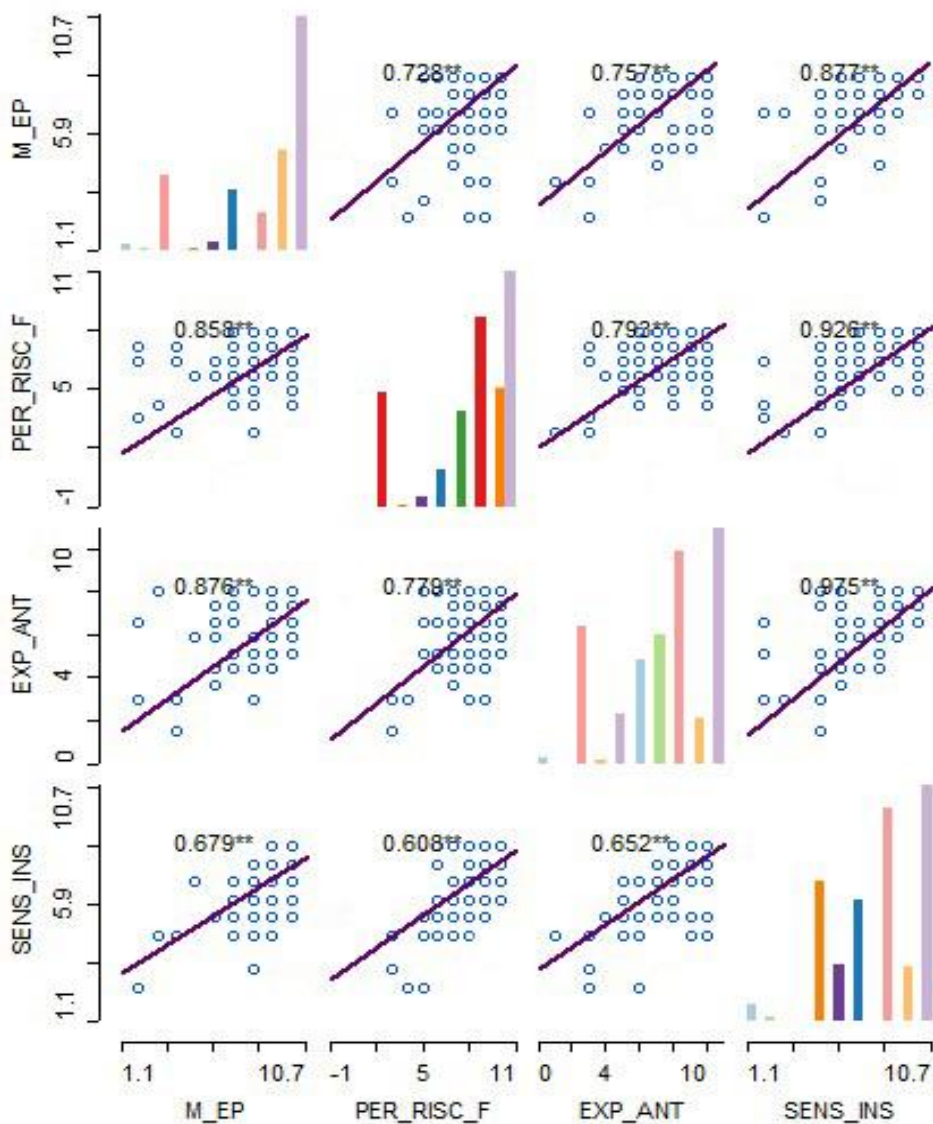
tomadas pelos indivíduos, conforme estudos de (Di Baldassarre et al., 2013; Gober et al. 2015).

- f. Sensação de Insegurança e Memória Episódica e ( $R^2 = 0.679$ ): A relação aqui é significativa, mas não tão forte quanto outras observadas. Isso indica que a sensação de insegurança de uma pessoa tem um papel relevante, mas não exclusivo, na formação de memórias de eventos específicos de inundação. Outros fatores além da insegurança podem estar influenciando como essas memórias são formadas, talvez possa haver alguma associação com choque psicológico, porém esta variável não foi coletada nesta abordagem de campo, impossibilitando esse aprofundamento, portanto descartaremos essa informação das interações.
- g. Percepção de Risco e Sensação de Insegurança ( $R^2 = 0.926$ ): Um  $R^2$  relação robusta sugere que a percepção de risco entre os indivíduos está fortemente associada à sua sensação de insegurança, sendo esta relação explorada na pesquisa de Fuchs et al. (2017). Em suma, quanto maior a percepção do risco de inundações, mais inseguras as pessoas tendem a se sentir.
- h. Sensação de Insegurança e Percepção de Risco e ( $R^2 = 0.608$ ): Aqui, a conexão entre como inseguro alguém se sente e como essa pessoa percebe riscos é clara, mas não é a única influência. Enquanto a sensação de insegurança contribui para a percepção de risco, há uma quantidade considerável de influência que vem de outras fontes também.
- i. Exposição a Eventos Anteriores e Percepção de Risco ( $R^2 = 0.779$ ): Esta relação positiva sugere que a exposição direta a eventos de inundação anteriores tem um papel significativo na formação da percepção de risco atual dos indivíduos, sendo esta relação explorada por Fuchs (2017) e Di Baldassarre et al. (2013).
- j. Percepção de Risco e Exposição a Eventos Anteriores ( $R^2 = 0.792$ ): Similar ao ponto i, este valor reforça a forte associação entre ter vivenciado inundações no passado e a percepção atual de risco, conforme também considera os estudos de Fuchs et al. (2017) e ainda Viglione et al. (2019).
- k. Exposição a Eventos Anteriores e Sensação de Insegurança ( $R^2 = 0.769$ ): Revela que experiências passadas com inundações estão relacionadas com sentimentos

atuais de insegurança, o que pode influenciar a preparação e resposta a futuras inundações, conforme explica Viglione (2014).

1. Sensação de Insegurança e Exposição a Eventos Anteriores ( $R^2 = 0.652$ ): A relação entre ter vivenciado eventos anteriores e sentir-se inseguro é bastante forte, indicando que experiências diretas com eventos traumáticos têm um impacto considerável na sensação de insegurança de uma pessoa. No entanto, a relação não é tão dominante a ponto de excluir outras possíveis influências que também podem afetar esses sentimentos de insegurança.

Figura 4.35: Gráfico de análise de scatter pl.



ot ( $R^2$ ).

Fonte: Produção do autor.

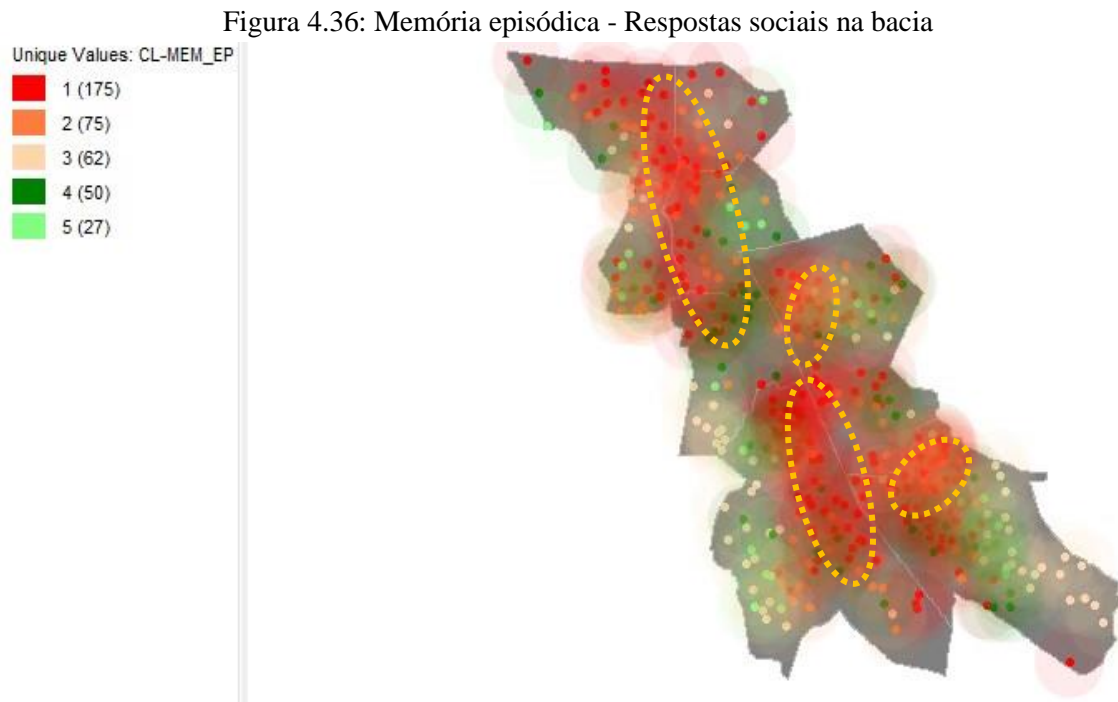
Conclui-se que a variável Percepção de Riscos (Futuros) tem um  $R^2$  mais alto quando é a variável dependente ( $R^2 = 0.853$ ) em comparação com quando é a variável independente ( $R^2 = 0.728$ ). Isso pode sugerir que a Memória Episódica tem um poder explicativo maior quando se trata de prever a Percepção de Riscos (Futuros), do que o contrário, o mesmo ocorre com a relação entre Memória Episódica e Exposição a Eventos Anteriores é mais forte ( $R^2 = 0.876$ ) quando a Memória Episódica é a variável dependente. Isso indica que a Exposição a Eventos Anteriores pode ser um preditor muito bom para a Memória Episódica, talvez porque a memória episódica é diretamente construída a partir dessas experiências anteriores.

Ao analisar-se a diferença entre as relações quando invertidas, a Memória Episódica tem uma relação mais forte com a Sensação de Insegurança ( $R^2 = 0.877$ ) do que o contrário ( $R^2 = 0.679$ ). Isso pode significar que as memórias de eventos passados são mais determinantes para a sensação de insegurança do que o nível de insegurança em influenciar a memória episódica das pessoas. A Percepção de Risco tem um  $R^2$  muito mais alto quando está associada à Sensação de Insegurança ( $R^2 = 0.926$ ) do que o contrário ( $R^2 = 0.608$ ). Isso pode indicar que a Sensação de Insegurança é um fator significativo na determinação de como as pessoas percebem os riscos, possivelmente devido a um efeito de choque psíquico atribuído a eventos extremos ou até mesmo a condição repetitiva dos eventos, podendo estes serem associados, sobre as avaliações de risco.

A relação entre Exposição a Eventos Anteriores e Percepção de Risco é ligeiramente mais forte ( $R^2 = 0.792$ ) quando a Percepção de Risco é a variável dependente. Isso sugere que a Exposição a Eventos Anteriores pode ser ligeiramente mais eficaz na previsão da Percepção de Risco do que o contrário. O mesmo ocorre com a relação entre Sensação de Insegurança e Exposição a Eventos Anteriores ( $R^2 = 0.652$ ) é ligeiramente mais fraca do que a relação entre Exposição a Eventos Anteriores e Sensação de Insegurança ( $R^2 = 0.769$ ). Isso sugere que, embora a vivência de eventos anteriores tenha um impacto considerável na sensação de insegurança de uma pessoa, a influência das experiências passadas com inundações sobre os sentimentos atuais de insegurança é um pouco mais significativa. Portanto, a Exposição a Eventos Anteriores parece ter uma relação um pouco mais forte com a Sensação de Insegurança do que o inverso.

### 4.3.3. Análises de interações sócio-hidrológicas por agrupamento

Com base nos resultados da análise de dados inicial, avançou-se para as análises espaciais de agrupamento. Essa técnica permitiu identificar áreas de maior concentração de determinadas percepções, padrões de agrupamento, e forneceu insights valiosos para a compreensão dos fenômenos sociais e das relações espaciais presentes no contexto analisado.



Fonte: Produção do autor.

Para orientar o estudo com base na percepção social coletada, dados numéricos da percepção individual de moradores da comunidade estudada foram georreferenciados e integrados ao sistema GIS, em que, a distribuição espacial dos dados foi inserida através do software Qgis 3.32, em que, posicionamos espacialmente os dados coletado. Esta inserção possibilitou a observação de respostas da comunidade aos conceitos sócio-hidrológicos no espaço, através da distribuição dos mesmos em um mapa contínuo, com finalização no software GeoDa, com inserção de *heatspots* de agrupamento.

Analisaremos inicialmente as relações de Memória Episódica de eventos de inundação, em que, o Agrupamento 1 (Figura 4.36), se relaciona à indivíduos com a Memória Episódica Muito Alta totalizando a ordem de 44,99%; este grupo representa a maior porcentagem da amostra e está concentrado próximo ao rio. Isso sugere que a

proximidade ao local dos eventos recorrentes de inundação pode ser um fator significativo na retenção da memória episódica em áreas mais vulneráveis. Neste contexto considera-se que possivelmente as pessoas neste agrupamento podem ter sido diretamente afetadas pelas inundações, o que teria reforçado suas memórias do evento, conforme estudos de Di Baldassarre et al., (2013) e Gober et al. (2015). Isso pode ter implicações para o planejamento de resposta a emergências e educação comunitária, enfatizando a importância de ouvir e incorporar as experiências daqueles próximos ao rio.

O Agrupamento 2 reflete a Memória Episódica Alta, atingindo 19,28% da comunidade estudada. Os indivíduos deste agrupamento possuem uma memória alta, porém, não tão prevalente quanto o Agrupamento 1, os indivíduos neste grupo podem ter tido experiências menos intensas ou podem estar ligeiramente mais distantes geograficamente do rio. Embora ainda tenham uma boa memória do evento, a intensidade da experiência pode não ser tão forte, o que pode influenciar seu comportamento de preparação para futuras inundações.

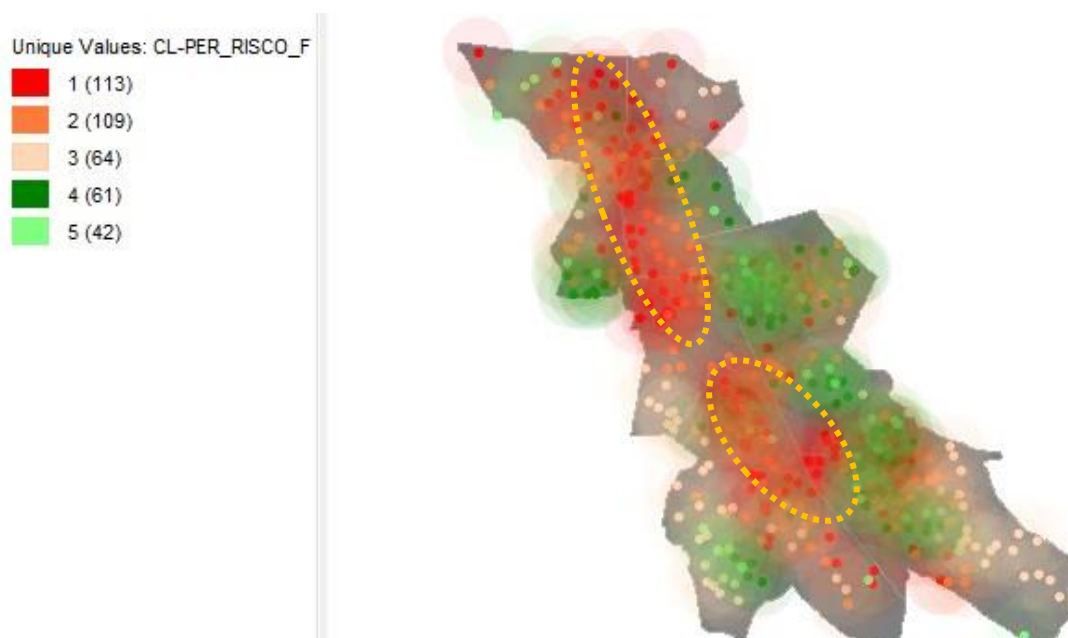
Já o Agrupamento 3, se relaciona com a Memória Episódica classificada pelos participantes como Média refletindo a ordem de 15,93% do total. Esta proporção de participantes está mais distante do rio e possivelmente foram menos afetados pelos eventos de inundação. Isso implica na necessidade de treinamentos por parte da gestão pública, pois sua preparação e experiências para eventos futuros pode não ser tão proativa quanto aqueles com memórias mais fortes.

O Agrupamento 4, classificou a Memória Episódica como Baixa totalizando 12,85%. Este grupo tem uma baixa retenção de memória do evento, o que pode ser devido a uma variedade de fatores, incluindo distância física do rio ou menos impacto pessoal. Importante ressaltar que este grupo também necessita de uma atenção especial, pois por falta de experiência em eventos desta natureza, os mesmos devem adotar estratégias de reforço da memória e sensibilização podem ser necessárias para garantir que essas pessoas não subestimem os riscos de futuros eventos de inundação. O Agrupamento 5 do mapa classificou a Memória Episódica como Muito Baixa, da ordem de 6,94%. Este grupo, expressou a menor porcentagem e esses indivíduos têm uma memória muito fraca dos eventos. Isso reflete uma maior distância física do rio ou em menor número que eles não foram pessoalmente afetados pelas inundações. Este grupo pode necessitar de

intervenções específicas para aumentar a conscientização sobre os riscos de inundação e a importância de medidas de preparação.

A próxima análise apresenta a distribuição espacial de diferentes níveis para a avaliação percepção de risco futuro pelos indivíduos em relação a eventos de inundação (Figura 4.37), em que o Agrupamento 1 classificou sua percepção individual de risco como Muito Alta, com 29,04%, este grupo pode incluir pessoas que sofreram diretamente os efeitos das inundações ou têm uma consciência aguçada das consequências potenciais. Eles estão distribuídos em áreas com cota altimétrica mais baixa, estando em áreas de alto risco eminente ao longo do percurso do rio.

Figura 4.37: Percepção individual de risco - Respostas sociais na Bacia.



Fonte: Produção do autor.

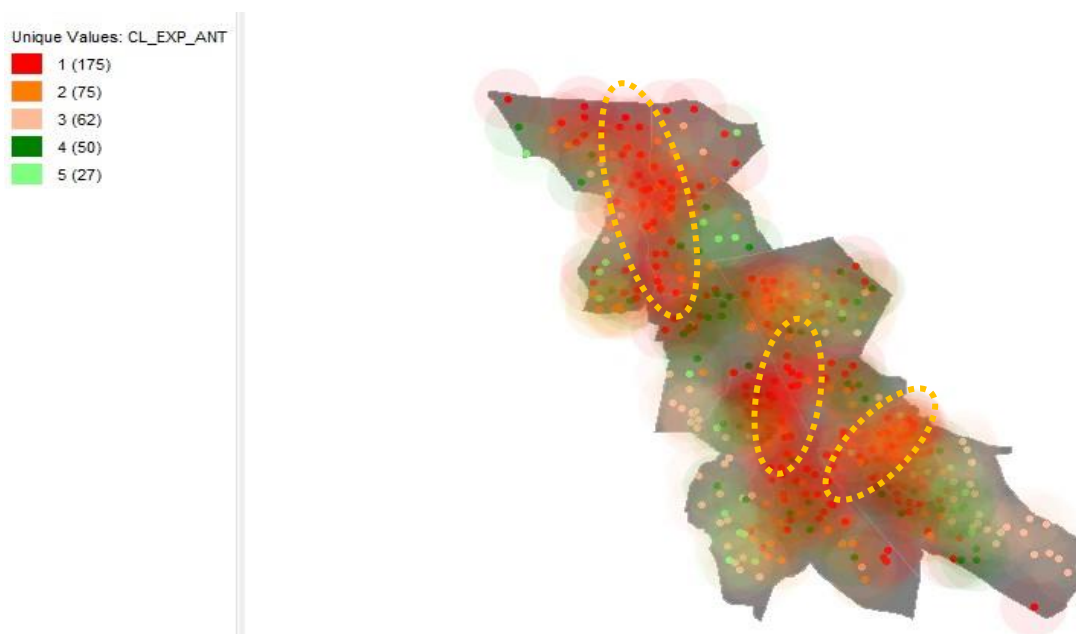
O Agrupamento 2, classificou como Alta sua percepção de Risco, representando 28,02%; este grupo provavelmente percebe as inundações como uma ameaça significativa, mas talvez com um pouco menos de intensidade ou urgência comparado ao primeiro grupo. Eles podem ter experienciado inundações anteriormente, mas com menor frequência ou severidade, este agrupamento se encontra nas proximidades do rio, porém não nas adjacências diretas. Agrupamento 3, considerou sua percepção de Risco como Média.

Com a parcela de 16,45% do total, os membros deste grupo reconhecem que inundações representam um risco, porém podem guardar crenças de que suas casas estão seguras e/ou relativamente bem preparadas para lidar com os eventos.

O Agrupamento 4, classificado com Baixa Percepção de Risco, corresponde a 13,11% do total de indivíduos, que podem subestimar o risco de inundações devido à falta de experiência pessoal em eventos, ou acreditam que as inundações não são tão graves ou frequentes para justificar uma preocupação elevada, segundo observa Viglione et al. (2018).

Agrupamento 5, avaliou a auto Percepção de Risco como Muito Baixa. Com 10,79%, este grupo pode incluir pessoas que nunca foram afetadas por inundações ou que confiam extremamente nas medidas de mitigação existentes, conforme ressaltam os estudos de (Di Baldassarre et al. (2013) e Fuchs et al. (2017).

Figura 4.38: Exposição anterior à eventos (experiência) - Respostas sociais na Bacia.



Fonte: Produção do autor.

O mapa de Agrupamentos (Figura 4.38) evidencia a Exposição Anterior da comunidade a eventos de inundação. Esta distribuição, que se divide entre 5 grupos com variados níveis de exposição, reflete um padrão espacial que é central para a compreensão da sócio-hidrologia, uma vez que a exposição a riscos hidrológicos não é apenas uma consequência

de fenômenos naturais, mas também do desenvolvimento e da ocupação humana em áreas vulneráveis (DI BALDASSARRE et al., 2013), sendo o Agrupamento 1, com Alta Exposição (44,99%), representa áreas em zonas de risco elevado. A sócio-hidrologia sugere que a vulnerabilidade dessas comunidades é exacerbada pela interação dinâmica entre a frequência de eventos hidrológicos e a capacidade adaptativa das comunidades afetadas (PAHL-WOSTL, 2007). As intervenções em tais áreas devem, portanto, incluir uma combinação de sistemas de alerta precoce e infraestrutura resiliente, além de planos de evacuação que considerem a dinâmica social e a capacidade de resposta da comunidade (SIVAPALAN et al., 2014). As áreas neste cluster estão em zonas de risco elevado para inundações tornam particularmente vulneráveis, atingindo sua concentração máxima nas regiões lindeiras ao rio e nas proximidades a ruas com graves problemas durante eventos de inundação, este grupo deve ser priorizado para intervenções de mitigação e preparação para desastres, como implantação de sistemas de alerta precoce e planos de evacuação eficazes.

O Agrupamento 2 possui também Alta Exposição a eventos de inundação, atingindo 19,29%, este grupo também enfrentou uma exposição significativa e eventos. Apesar de não serem tão afetadas quanto o Agrupamento 1, essas áreas ainda requerem atenção considerável e medidas para reduzir riscos e aumentar a resiliência. O Agrupamento 3 classificou sua Exposição como Média, totalizando 15,93% do total. Este grupo tem uma experiência moderada com inundações, o que pode indicar uma variação de fatores, incluindo localização geográfica e eficácia das medidas de prevenção e adaptação. O Agrupamento 4, com Baixa Exposição (12,85%), e o Agrupamento 5, com Muito Baixa Exposição (6,94%), enquanto menos afetados, não devem ser negligenciados. A socio-hidrologia aponta que a percepção de risco nessas áreas pode diminuir com o tempo, o que poderia levar a uma preparação inadequada para eventos futuros. O Agrupamento 5, classificou como Muito Baixa a sua Exposição a eventos anteriores, da ordem de 6,94%. Este é o menor grupo, indicando que uma fração muito pequena das áreas ou populações teve exposição mínima a eventos de inundação. Ao observar características geográficas altimétrica nota-se que essas áreas se beneficiem de localizações geográficas mais favoráveis.

A análise do mapa de agrupamentos (Figura 4.39), que foca na adoção de estratégias de adaptação individual frente a eventos hidrológicos, fornece insights valiosos sobre a



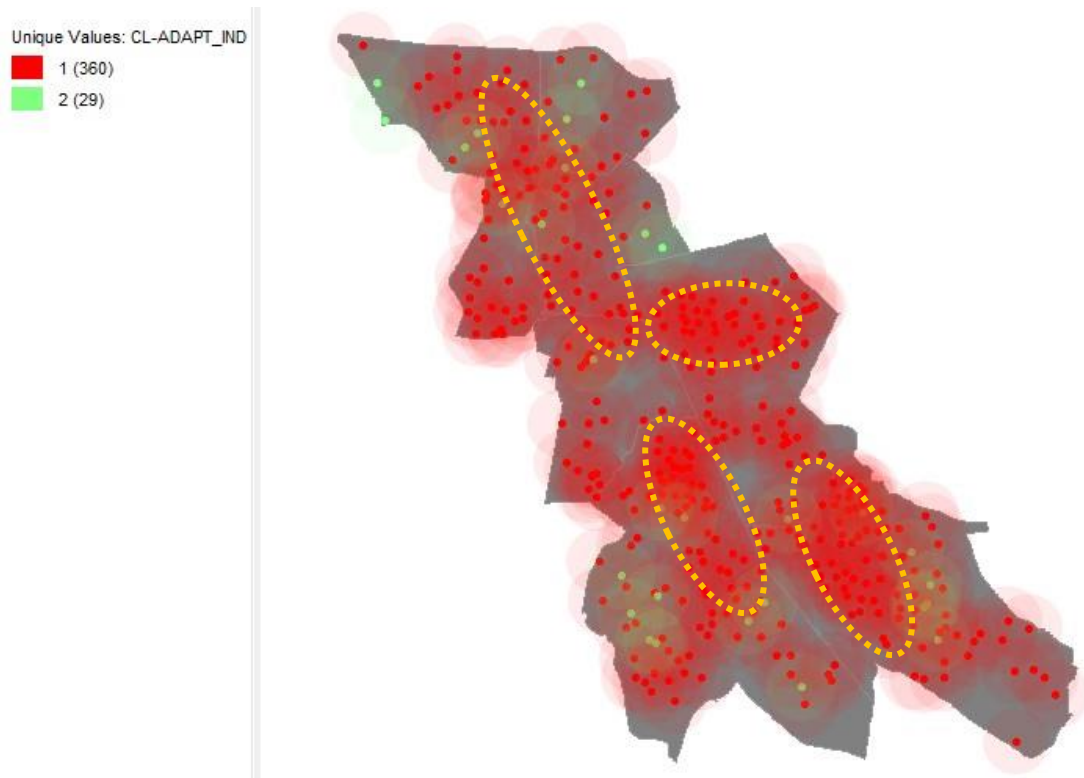
resiliência da comunidade e a eficácia das medidas de adaptação adotadas. O Agrupamento 1, que representa a maioria da população entrevistada, com 92%, indica que as estratégias de adaptação individual são amplamente reconhecidas e implementadas. A distribuição espacial deste grupo, que se estende desde as proximidades do rio até áreas mais afastadas, sugere uma conscientização generalizada dos riscos associados a eventos hidrológicos em diferentes áreas do recorte.

O alto índice de adoção de medidas de adaptação privada, pode refletir um entendimento comunitário robusto da importância da preparação para tais eventos, o que é um indicativo positivo para a resiliência comunitária, porém no caso da Bacia do estudo o conceito de adaptação necessita de ressalvas, no que concerne os perigos da “mal-adaptação” (Apêndice B.1), descrita por Ling et al. (2018).

A dispersão geográfica do Agrupamento 1, que possui, 92,54%, de representatividade no espaço geográfico, poderia sugerir que as repetições de experiências de desastres anteriores, tenham contribuído fortemente para uma compreensão mais ampla dos riscos e da necessidade de medidas de adaptação. Por outro lado, o Agrupamento 2, que compõe apenas 7,46% da amostra, indica uma minoria da população que não adotou medidas de adaptação individual. Esta falta de adoção pode ser devido a uma série de fatores, incluindo falta de recursos, percepção de risco reduzida, ou possivelmente uma dependência em respostas institucionais em vez de iniciativas individuais. É crucial que as autoridades e organizações responsáveis pela gestão de risco de desastres compreendam as razões subjacentes a essa falta de preparação para desenvolver intervenções direcionadas a este agrupamento.

A análise desses dados sugere que a comunidade em estudo tem um alto nível de utilização de estratégias de adaptação privada ao risco de inundações, conforme verificadas e registradas no local (Apêndice B.2). No entanto, a eficácia dessas estratégias ainda precisa ser avaliada. É recomendável que futuras pesquisas se aprofundem na qualidade e adequação das medidas adotadas, para assegurar que elas sejam baseadas em evidências e ajustadas às necessidades específicas dos diferentes locais e perfis de risco dentro da comunidade, em especial a analisada neste estudo.

Figura 4.39: Adoção de estratégias de adaptação individual - Respostas sociais na Bacia.

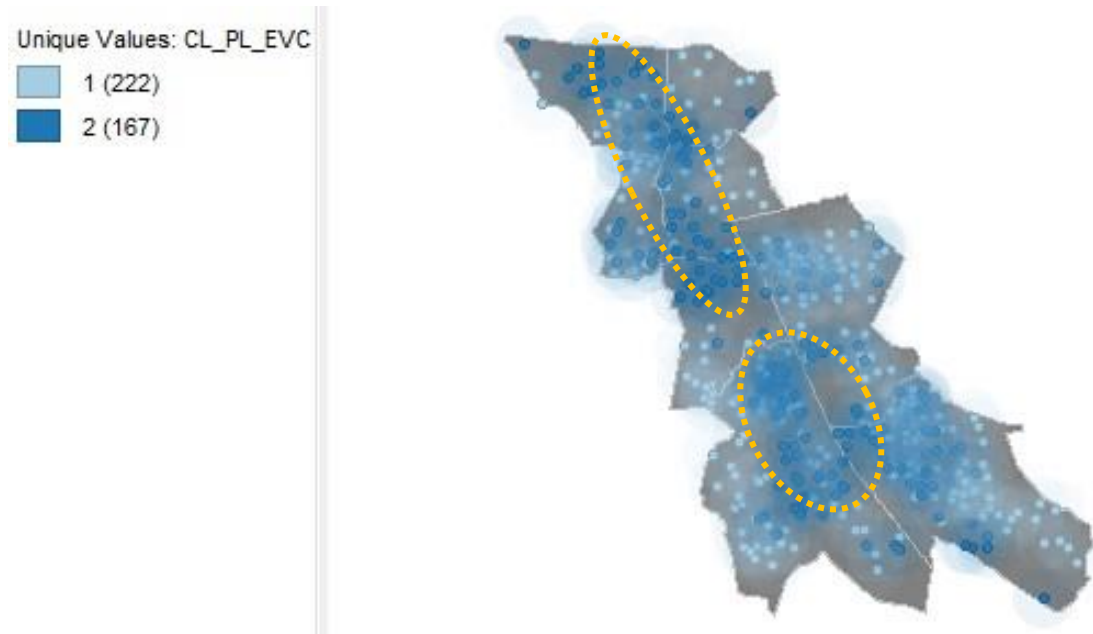


Fonte: Produção do autor.

Portanto, é essencial reconhecer que práticas e experiências passadas podem não ser totalmente adequadas para enfrentar os desafios futuros, especialmente diante das mudanças climáticas e do crescimento urbano (SIVAPALAN; SAVENIJE; BLÖSCHL, 2012). Cutter, Boruff e Shirley (2012) ressaltam a importância de planos de evacuação adaptativos, fundamentados em uma compreensão aprofundada da vulnerabilidade, resiliência e capacidade de resposta das comunidades para garantir a eficácia em situações de emergência.

Para aprimorar nosso estudo esta análise de agrupamento do mapa (Figura 4.40) evidencia a distribuição dos planos de evacuação individual entre os entrevistados, em que, podemos enfatizar a importância geográfica e as implicações socioeconômicas dessa distribuição, assim como a eficácia dos planos existentes. Na análise de cluster realizada, observa-se uma distinção marcante entre os dois agrupamentos identificados em relação à preparação para eventos de evacuação.

Figura 4.40: Plano de evacuação - Respostas sociais na Bacia.



Fonte: Produção do autor.

O Agrupamento 1, que engloba 57,07% da amostra entrevistada, apresenta características peculiares: a maioria dos indivíduos deste grupo possui algum tipo de Plano Individual de Evacuação. Entretanto, é importante destacar que a presença de um plano não necessariamente implica sua adequação ou eficácia. De fato, a análise preliminar sugere que os planos existentes podem ser inadequados, demandando uma avaliação mais aprofundada para verificar sua conformidade com as melhores práticas e diretrizes de segurança nas situações de emergência vivenciadas.

O Agrupamento 1 está concentrado nas proximidades do Rio Tamanduateí, o que pode indicar uma maior percepção de risco ou experiências prévias com inundações, levando a uma maior predisposição para o desenvolvimento de planos de evacuação. No entanto, a proximidade ao rio também pode significar uma maior vulnerabilidade, o que torna crucial a efetividade desses planos neste contexto.

Por outro lado, o Agrupamento 2, que corresponde a 42,93% da população entrevistada, é caracterizado pela ausência de planos de evacuação. Este grupo está localizado mais distante do Rio Tamanduateí, o que pode explicar uma menor percepção

de risco imediato. No entanto, a falta de preparação pode ser problemática em situações de desastres inesperados, em que a distância de corpos hídricos não é um fator protetor garantido, especialmente quando consideramos a possibilidade de eventos de alta magnitude vivenciados por essa população.

Na continuação da análise de agrupamento (Figura 4.41), a atenção se volta agora para a experiência direta dos indivíduos que já realizaram evacuações efetivas do local devido episódios de inundação na região.

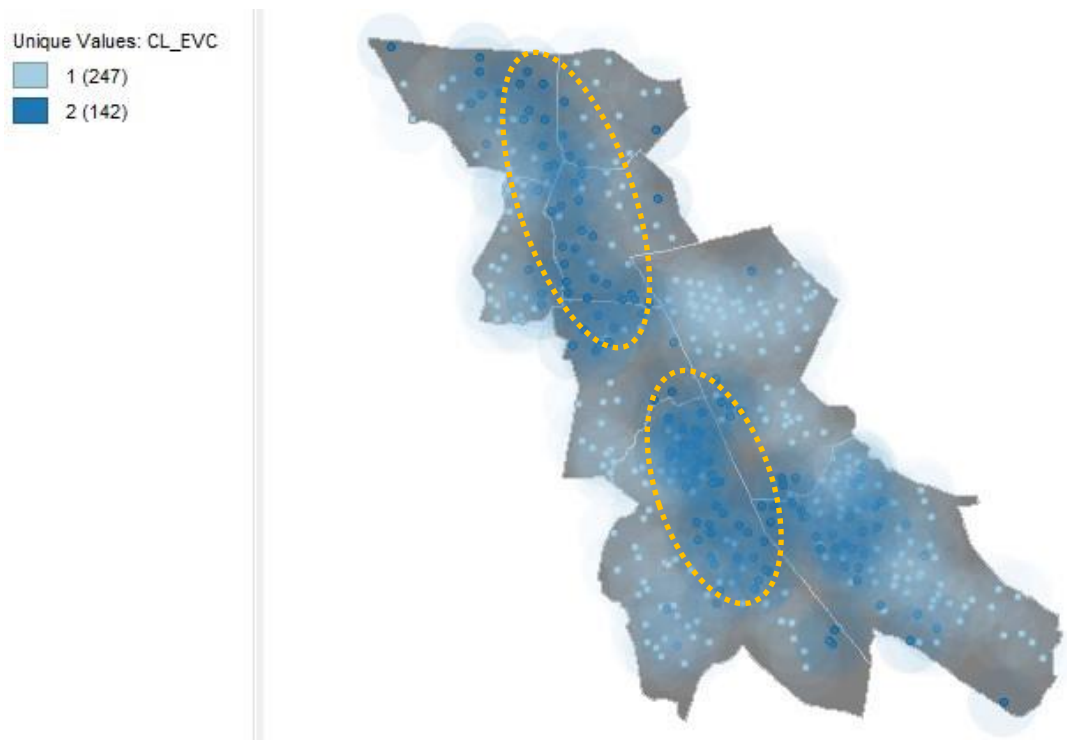
Os dados revelam uma distribuição interessante entre os dois agrupamentos: a. O Agrupamento 1, compreendendo 63,50% do total de entrevistados, não possui experiência prática efetiva com evacuações. Este dado pode sugerir uma menor familiaridade com os procedimentos de emergência e uma potencial subestimação do risco. Apesar de estarem menos expostos, este grupo pode apresentar uma maior vulnerabilidade devido à falta de preparo e experiência prática, o que pode impactar negativamente a eficácia da resposta a eventos extremos, conforme destaca Viglione et al. (2014) e Fuchs et al. (2017). b. Por outro lado, o Agrupamento 2, que inclui 36,50% da amostra de indivíduos, já vivenciou a necessidade de evacuar. Este grupo, tendo uma proporção significativa de pessoas com experiência direta em evacuações, pode ter desenvolvido uma percepção mais aguda dos riscos associados a desastres naturais.

A experiência prática em evacuações pode ter contribuído para um melhor aprendizado cognitivo e uma memória episódica mais forte relacionada a eventos extremos. No entanto, é importante notar que, apesar desses conhecimentos práticos, há também um custo psicológico associado, pois, a exposição a tais eventos pode levar a um aumento de situações traumáticas, incluindo possíveis consequências pelo choque-psicológico conforme estudos de Di Baldassarre et al. (2013, 2015), Viglione et al. (2014) e Mandilaris et al. (2016), o que pode diminuir a qualidade de vida e a sensação de segurança nas relações com o rio.

O fato de o Agrupamento 2 estar mais próximo ao Rio Tamanduateí reforça a ideia de que a proximidade geográfica a zonas de risco aumenta a probabilidade de experiências de evacuação e, conseqüentemente, a percepção do risco. Este insight é crucial para o desenvolvimento de estratégias de gestão de risco e planos de evacuação que levem em

conta não apenas a localização geográfica, mas também o impacto psicológico e social dessas experiências.

Figura 4.41: Evacuação efetiva do local - Respostas sociais na Bacia



Fonte: Produção do autor.

Este Agrupamento pode refletir a real exposição extrema ao risco de desastres naturais na comunidade. A localização destas experiências, como indicado na Figura 4.41, nas proximidades do Rio Tamanduateí, proporciona evidências vitais para a elaboração de políticas públicas mais efetivas e programas de assistência e preparação para desastres que sejam sensíveis não só às necessidades de segurança física, mas também ao bem-estar psicológico e à coesão comunitária de aprendizado deste tipo de evento.

Este tipo de análise pode trazer novos *insights* sobre as questões sócio-hidrológicas e servir de embasamento a futuras decisões estratégicas, como direcionar esforços de conscientização sobre planos de evacuação para áreas, em que houver uma maior concentração de pessoas que apresentem determinadas características de percepção ou outras infinitudes de ações dentro da Bacia.

Outras investigações realizadas com o intuito de compreender a extensão dos danos causados por esses eventos nessa comunidade, conforme discutido por Gober e Wheeler (2015) e também por Di Baldassarre et al. (2015), proporcionaram uma visão mais abrangente da percepção da comunidade em relação aos diversos impactos das inundações. Nesse contexto e analisando a percepção de danos no recorte do estudo, um pequeno grupo, correspondendo a 5,91%, considera os prejuízos como mínimos, o que sugere uma possível distancia de zonas mais propensas a inundação. Contudo, uma parcela maior da população, somando 19,02% e 19,28%, reconhece os danos como moderados a significativos, sugerindo um reconhecimento palpável das adversidades enfrentadas. De forma ainda mais preocupante, 26,99% classificam os danos como severos, enquanto uma porção substancial de 31,36% os descreve como devastadores, o que sugere maior proximidade aos locais mais afetados pelos eventos. Essa graduação de danos reflete a gravidade da situação vivenciada e aponta para uma necessidade urgente de intervenção e apoio.

Buscou-se compreender a relação entre a percepção de danos e o comportamento adaptativo individual da população. Dentro de uma visão sistêmica, as percepções individuais dos danos podem influenciar positivamente a adoção de estratégias de adaptação. A gravidade percebida dos danos pode funcionar como um impulso para a mudança, motivando a comunidade a buscar soluções para mitigar os impactos futuros.

Quando essa percepção está alinhada a estratégias de adaptação eficazes, pode fortalecer a resiliência da comunidade diante de desastres naturais. No entanto, se estiver associada a adaptações inadequadas, discutidas por Taberna et al. (2020) e Merz et al. (2010), pode representar perigo para a comunidade, gerando uma falsa sensação de segurança e atrasando a evacuação efetiva do local no momento do desastre por parte dos indivíduos.

Constata-se que a adaptação individual é uma resposta predominante na comunidade, com 92,54% dos entrevistados implementando alguma forma de medida adaptativa em suas residências. Este alto índice de adaptação privada pode ser interpretado como um reflexo do "efeito de adaptação", em que a experiência com eventos adversos aumenta a consciência coletiva e impulsiona ações de mitigação (CIULLO et al., 2017). A sócio-hidrologia e as ciências de desastres naturais sublinham a importância de compreender como essas interações influenciam a resiliência das comunidades (KRAUSE, 2016). Por

consequente, é essencial que abordagens de adaptação e resiliência sejam continuamente revisadas e aprimoradas para acompanhar a evolução do contexto ambiental e social.

A compreensão desse sistema, conforme destacado por Di Baldassarre et al. (2015), Loucks et al. (2015), Sivapalan et al. (2015), Fuchs et al. (2017) e Pande et al. (2017), revela que a adoção de medidas de adaptação pode ser tanto resultado do aprendizado direto com experiências passadas quanto uma consequência da percepção acentuada do risco. A existência de uma ampla adaptação, conforme identificado na Bacia do Rio Tamanduateí, indica que a sociedade está participando de um ciclo de interação construtiva, no qual a vivência com as inundações enfatiza a importância de medidas de segurança e preparação pessoal. Contudo, tais iniciativas são implementadas sem um planejamento específico ou conjunto adequado para mitigar a exposição a situações futuras.

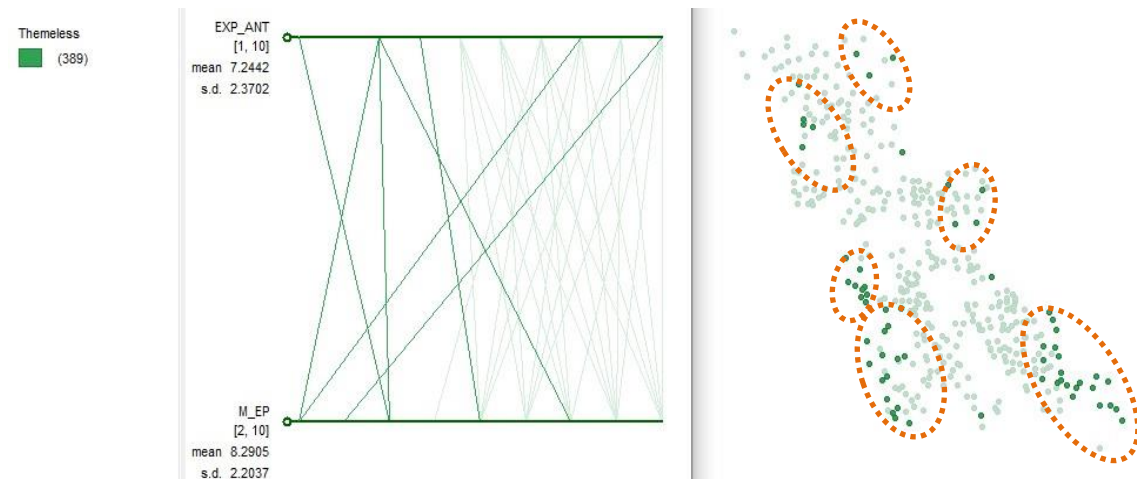
A consciência ambiental na comunidade analisada manifesta-se de maneira significativa, com 73,26% atribuindo grande importância ao Rio Tamanduateí. No entanto, a convivência com o rio apresenta aspectos desfavoráveis, conforme demonstrado pelos níveis variados de satisfação dos entrevistados. Os dados indicam que apenas 9,25% dos entrevistados estão satisfeitos, enquanto a maioria, compreendendo 90,75% dos indivíduos, oscila entre neutralidade e extremo descontentamento. Tais respostas individuais ilustram a complexidade da relação entre comunidades e seus ambientes naturais, sugerindo que, embora o rio seja valorizado como um sistema natural importante, os impactos de sua proximidade afetam negativamente a qualidade de vida dos residentes e seu desejo de convívio com o corpo hídrico como se encontra no momento.

Em uma inspeção meticulosa do diagrama de coordenadas paralelas que relaciona a Exposição Anterior com a Memória Episódica, é possível discernir certos agrupamentos cujos padrões divergem da norma estabelecida em outros conjuntos maiores. Estas anomalias, representadas por linhas que desafiam a paralelidade esperada no diagrama (Figura 4.37), indicam interações complexas entre as variáveis estudadas, sugerindo a existência de fatores subjacentes influenciando o comportamento dos grupos em questão.

Ao focar nesses agrupamentos atípicos, com pontos identificados, em sua maioria nas periferias da distribuição espacial, torna-se imperativo conduzir um exame detalhado para

desvendar as causas de tal heterogeneidade. Este exame deve começar pela análise geográfica, considerando elementos como a proximidade ao Rio Tamandateí, o isolamento em relação a vias com alta frequência de eventos, e variações na cota altimétrica. Além disso, é crucial reavaliar fatores sociais e perceptivos destes agrupamentos em específico.

Figura 4.42: Exposição anterior relacionada a memória episódica- Respostas sociais na Bacia.



Fonte: Produção do autor.

Uma abordagem multifatorial é recomendada para entender a relação entre essas variáveis no espaço geográfico. A utilização de outras técnicas de aprofundamento, poderá revelar padrões ocultos e relações não óbvias, que podem proporcionar uma visão mais detalhada do comportamento dos dados e podem identificar fatores de configuração destes agrupamentos anômalos. Em suma, a exploração desses padrões incomuns não é um mergulho profundo nas complexidades do comportamento humano e suas respostas à exposição e experiências passadas. Para estes casos específicos, sugere-se como ferramenta complementar, novas entrevistas qualitativas e questionários que podem ser aplicados aos indivíduos na região pertencentes aos agrupamentos atípicos e em seu entorno imediato, investigando de forma mais minuciosa suas experiências e percepções individuais, enriquecendo a análise com novos insights comportamentais sistêmicos.

Através das análises de agrupamento realizadas e apresentadas nesta seção, foi possível elucidar o comportamento espacial das percepções individuais relacionadas a conceitos sócio-hidrológicos. Esta interação permitiu não apenas a visualização das variáveis distribuídas geograficamente, mas também a interpretação de padrões complexos de



respostas comunitárias, refletindo a intrincada interação entre o ambiente socioeconômico e a experiência humana. O mapeamento dessas percepções evidenciou o posicionamento de agrupamentos significativos que podem orientar futuras intervenções e políticas direcionadas, assegurando que as medidas adotadas estejam bem alinhadas às necessidades e realidades locais.

A sócio-hidrologia sublinha o entendimento das relações entre comunidades humanas e os sistemas aquáticos, evidenciando a interconexão e influencia complexa em uma teia de fatores sociais, culturais, políticos e ambientais. A observação de que, apesar de uma maior consciência do risco presente nos atores que residem em áreas propensas a inundações, existe uma tendência de preparo individual negativo, revela uma lacuna crítica na gestão de inundações na Bacia.

Este subcapítulo investigou de que maneira os moradores das áreas vizinhas ao Rio Tamanduateí em São Paulo lidam com as ocorrências de enchentes, ajustando-se e reagindo a esses fenômenos de maneira particular dentro do contexto observado, ao mesmo tempo em que examina o suporte das autoridades nesse desafio. A pesquisa centrou-se em compreender a percepção individual humana antes, durante e após vivenciar eventos de inundação, incorporando esse entendimento às avaliações no âmbito geográfico. A pesquisa de campo procurou identificar os impactos sócio-hidrológicos na percepção individual dos envolvidos, abordando a questão a partir da perspectiva comunitária. Adicionalmente, procura compreender a situação atual de gestão e a adaptação da população aos processos em análise.

#### **4.4. Efeitos sistêmicos típicos e emergentes na bacia do Rio Tamanduateí**

Através de análises sócio-hidrológicas de forçantes e respostas interagindo entre si ao longo do período analisado, identificou-se um conjunto de efeitos característicos do comportamento de bacias, já estudados pela sócio-hidrologia, descrito anteriormente neste estudo. Atualmente, esses efeitos sistêmicos estão sendo observados em áreas de bacias hidrográficas que estão inclinadas a implementar soluções tecnológicas para o enfrentamento de problemas com inundações, estando, desta forma, em conformidade com o escopo do nosso estudo. A sócio-hidrologia trabalha no sentido de encontrar padrões similares entre as bacias com estas características, estes esforços estão

caminhando na disciplina lentamente levando em conta a complexidade sistêmica e as especificidades existentes nas interações.

O desafio apresentado neste capítulo, consiste em examinar os efeitos que exibem relações causais reconhecidas na sócio-hidrologia, bem como a persistência desses efeitos no sistema em questão. Isso inclui fenômenos já reconhecidos no domínio desta ciência emergente, assim como aqueles que surgem das peculiaridades singulares da bacia hidrográfica em estudo. Para identificar efeitos emergentes é necessário um exercício de observação de toda construção histórica em seus mais abrangentes níveis e direções. Estas observações a respostas dinâmicas levam em conta interações envolvendo efeitos na escala hidrológica da bacia.

A análise sócio-hidrológica histórica revelou padrões complexos no sistema, que foram identificados no nível da bacia. Esses padrões se relacionam entre si e no contexto da bacia, sendo eles, o “efeito dique”, “efeito reservatório”, “efeito chamada”, “paradoxo do desenvolvimento seguro”, “armadilhas da pobreza”, “efeito de adaptação” e o “efeito bloqueio” e ainda “efeito vivendo com inundações”.

Durante o período histórico analisado, fatores primários e secundários influenciaram a dinâmica sócio-hidrológica, originados de valores sociais predominantes, que moldaram a implementação de políticas governamentais. As políticas adotadas foram consideradas soluções plausíveis em um longo período de tempo e de intervenções no Rio Tamandateí e em suas planícies de inundação.

Ao analisar a sequência de intervenções realizadas ao longo da história no Rio Tamandateí, é possível perceber que essas ações foram guiadas pelo pensamento técnico da época (Quadro 4.3), que, sob os paradigmas de controle higienistas, prosseguiram com suas intervenções sem plena consideração dos potenciais problemas futuros.

Sob o ponto de vista da urbanização, a falta de premissas que orientasses o planejamento urbano ambientalmente consciente na região, resultou em projetos que facilitaram a expansão urbana em áreas originalmente ocupadas por planícies de inundação, associado a este efeito temos ações do poder público voltadas à utilização das terras pertencentes ao sistema natural. As intervenções, através de aterrados, foram direcionando a sociedade, com a anuência do Estado, a ocupar as planícies de inundação ocasionando o “efeito

chamada". A história revela que forças secundárias de interesses imobiliários impulsionaram ainda mais essas ações de aproximação dos assentamentos ao Rio.

Quadro 4.3: Soluções Estruturais e os Paradigmas Históricos.

<b>INTERVENÇÕES ESTRUTURAIS REALIZADAS</b>	<b>PERÍODO</b>	<b>ATMOSFERA INTERVENCIONISTA HIGIENISTA</b>	<b>EFEITOS DE PERTURBAÇÃO SISTÊMICA E REFORÇO A LONGO PRAZO</b>
Intervenção no Curso Natural do Rio	Sec. XIX	Adoção de estéticas europeias ao espaço urbano, e aceleração da capacidade de escoamento das águas e melhorando o saneamento no espaço urbano.	A alteração na dinâmica fluvial do rio pode causar efeitos negativos, diminuindo a capacidade natural do rio de se adaptar a eventos de inundação (DI BALDASSARRE et al., 2013).
Aterramento das Planícies de Inundação	Séc. XIX	Higienizar o ambiente urbano de doenças e possibilidade de expansão urbana sobre essas áreas de alagamento.	Diminuição da capacidade de absorção de água pode gerar um ciclo vicioso de inundações mais frequentes e severas, comprometendo a capacidade de recuperação do sistema (SIVAPALAN et al., 2015)
Ocupação das Planícies de Inundação	Séc. XIX	Expansão urbana e aproveitamento econômico das áreas próximas ao rio, ignorando os riscos de enchentes.	Exacerbação das consequências das enchentes devido à redução das áreas naturais de amortecimento e aumento da exposição dos assentamentos humanos na região adjacente ao rio.
Alterações na Rugosidade da Calha do Rio	Séc. XIX	Busca por uma maior eficiência no escoamento das águas para evitar estagnação e proliferação de doenças.	Potencial aumento da velocidade do fluxo de água, prejudicando áreas a jusante, intensificando inundações em outras áreas e gerando aumento de risco em outras , conforme estudos de Krause (2016)
Construção de Dikes	Séc. XIX	Proteção de áreas urbanas específicas contra inundações, seguindo o paradigma de controle rígido sobre os processos naturais.	Podem ocorrer o efeito de "falsa segurança", incentivando a ocupação em áreas de risco e possíveis falhas estruturais que podem resultar em inundações catastróficas (SIVAPALAN et al., 2015; DI BALDASSARRE et al., 2013).

continua

Quadro 4.3 – Conclusão.

<b>INTERVENÇÕES ESTRUTURAIS REALIZADAS</b>	<b>PERÍODO</b>	<b>ATMOSFERA INTERVENCIONISTA HIGIENISTA</b>	<b>EFEITOS DE PERTURBAÇÃO SISTÊMICA E REFORÇO A LONGO PRAZO</b>
Afundamento da Calha do Rio	Séc. XX	Intensificação das intervenções buscando minimizar o impacto das enchentes e manter a acomodação e crescimento urbano e infra-estrutural desejado nas áreas adjacentes ao rio.	Mudanças na geomorfologia do rio podendo levar a problemas de drenagem e manutenção, aumentando o risco de eventos extremos de inundação e da mesma forma aumentando os níveis de proteção e contribuindo para a falsa “sensação de segurança” nas áreas adjacentes ao rio (DI BALDASSARRE et al., 2013, 2015; VIGLIONE et al., 2014).
Enclausuramento do Rio (Tamponamento)	Séc. XX	Visão de que os rios deveriam ser totalmente controlados, sendo "escondidos" e contidos para garantir a expansão de vias de escoamento de transporte urbano e industrial.	Isolamento do rio do tecido urbano, o que pode levar a desconexão da população com o rio e redução dos serviços ecossistêmicos.
Reservatórios de Detenção	Séc. XXI	Controlar o fluxo de água e reduzir os picos de enchentes em áreas urbanas.	Alteração do Ciclo Hidrológico e fragmentação de áreas de habitat natural. Aumento da Intensidade dos Eventos de Inundação, trazendo falsa sensação aumento da segurança para a comunidade (BARENDRECHT et al. 2019)

Fonte: Produção do autor.

As intervenções de Aterrados foram acompanhadas por retificações no curso do Rio, seguindo padrões europeus de desenho urbano, em que na tentativa de moldar o espaço, objetivando maior organização e limpeza, pensamento presente na época entre os planejadores, não considerou a vulnerabilidade destas grandes obras às inundações. As diversas retificações realizadas ao longo do período de análise, logo apresentaram seus efeitos negativos no sistema, tendo que serem remediadas com diques para proteção contra inundações, o que conforma ao longo da história da cidade o chamado “efeito dique”.

Em nenhum ponto da análise identificou-se uma preocupação governamental em harmonizar o crescimento urbano com a susceptibilidade a inundações. As autoridades

não demonstraram empenho, por meio de planejamento urbano ambientalmente consciente, em moderar o avanço da urbanização. Pelo contrário, o poder público, ao autorizar e incentivar essa expansão, planejou e executou projetos públicos que legitimaram e facilitaram tal processo de ocupação. Neste cenário se conforma outro efeito, chamado “paradoxo do desenvolvimento seguro”, em que a comunidade passa a confiar nas medidas tomadas pelo poder público, porém estas medidas que outrora inspiravam confiança da população, atualmente se mostram contrárias aos interesses de segurança e bem-estar da comunidade.

Neste processo a sociedade como um todo optou por se adequar ao risco, gerando para si o chamado “efeito convivendo com inundações”. Neste efeito as pessoas preferem continuar em áreas vulneráveis convivendo com os eventos hidrológicos catastróficos, por motivos diversos, do que se afastar destas áreas. Neste mesmo processo o extrato social mais vulnerável sofre em outro efeito, denominado “efeito armadilhas da pobreza”, em que as perdas consecutivas o mantém em um padrão cíclico. Isto foi observado no local nas áreas mais propensas a eventos catastróficos. Enquanto o extrato da comunidade consegue se recuperar de um evento outro já se avizinha, também se observou que os imóveis nessas regiões não conseguem ser vendidos, intensificando por tanto este efeito.

Desta forma, ao modificar por completo a topografia natural através de aterrados e ainda modificar o curso natural do rio criando diques para contenção, identificou-se através da sequência de intervenções com o mesmo padrão o efeito denominado “guerra de diques”, em que uma intervenção no fluxo natural do ciclo hidrológico causa uma intensificação de inundações em outras áreas, que antes poderiam não sofrer consequências.

Tais padrões são reflexos das diversas forças causais que atuaram no sistema e que, ao longo do tempo, co-evoluíram, equilibrando-se ou intensificando-se mutuamente em diferentes etapas da história da cidade. Todas essas forças, sejam elas primárias ou secundárias, exerceram sua influência por períodos distintos, mas deixaram seus efeitos latentes no sistema, uns com maior e outros com menor grau de impacto e ressonância. As consequências dessas dinâmicas são catástrofes que afetam periodicamente a população.

Paralelamente, aspectos indiretos exerceram influência na dinâmica sócio-hidrológica durante o período histórico analisado. Estes emergiram de valores sociais predominantes

que prepararam o terreno para a implantação de políticas governamentais. Naquele contexto histórico, tais políticas foram aclamadas como a solução ideal para a sanidade das cidades, desde o início até a conclusão das grandes obras configurando o “efeito chamada”. Nota-se que em momentos da história forças políticas realizaram esforços de suporte à sociedade, no enfrentamento destes eventos de inundação, em que em 1965, ocorreu o estabelecimento do Código Florestal refletindo em avanços significativos na relação homem-meio ambiente, demonstrando uma consciência ambiental mais desenvolvida. Nesse mesmo ano, foi criado o Sistema Estadual de Defesa Civil. Além disso, foi formado o primeiro Comitê de Bacias Hidrográficas para lidar com conflitos relacionados à água.

Embora se possa atribuir a este momento um “efeito de mudança de valores” pela sociedade, os esforços ainda se relacionam neste momento inicial e diante das adversidades, mais fortemente, com o “efeito de adaptação” e com o efeito “convivendo com inundações” no sentido de estabelecer suporte social no enfrentamento.

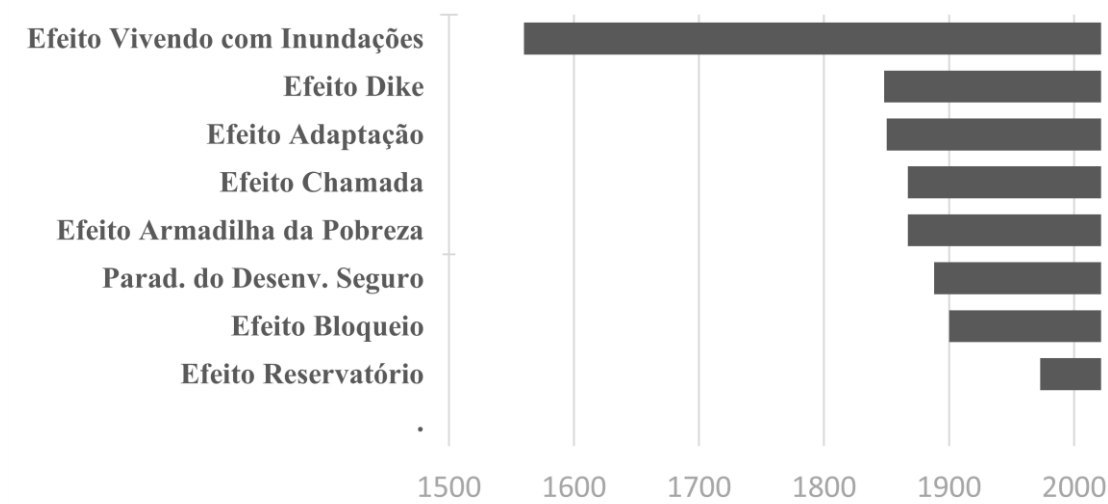
Na atualidade outros esforços ocorreram através de projetos de requalificação urbana. Destaca-se neste contexto o Projeto “Eixo Tamanduateí” (SAKATA, 2009), que busca conceitos sustentáveis de parques lineares, para desenvolver as margens do Rio Tamanduateí projetos de restauração de alguns elementos naturais em seu entorno, o que promoveria o afastamento de assentamentos humanos da margem do rio e resgataria zonas de permeabilidade do solo nas regiões de maior vulnerabilidade a inundações. Neste movimento a sociedade recria conceitos sustentáveis e adere o “efeito mudança de valores”. Porém, estas iniciativas não se sustentam nas mãos do poder público, com a justificativa de não haverem verbas disponíveis para a execução deste. Por outro lado, percebemos por parte dos gestores a insistência e continuidade de investimentos massivos em mais estruturas tecnológicas contra inundações, conforme diretrizes do DAEE – São Paulo, caminhando fortemente na contramão da sustentabilidade.

Compreendendo esses efeitos e analisando sua prevalência dentro do sistema (Figura 4.43), é possível descrever a extensão de determinadas práticas, crenças ou comportamentos dentro da sociedade em torno ao Rio Tamanduateí. Observa-se que apesar das decisões terem sido postas em prática em determinados períodos os efeitos ressoam no sistema até os dias atuais, perpetuando seus efeitos de reforços sistêmicos.

A análise histórica do período de 1554 até 2024 revela a persistência de vários efeitos que têm moldado a relação entre as sociedades humanas e os recursos hídricos, bem como a resposta a desastres naturais. O "Efeito Vivendo com Inundações", que representa a experiência humana de se adaptar e conviver com as inundações, demonstrou ser o mais prevalente, com uma presença contínua de aproximadamente 98,72% ao longo do período de 470 anos em questão. Essa longa história reflete a natureza recorrente das inundações e a necessidade contínua de adaptação das comunidades.

O "Efeito Dique" e o "Efeito Adaptação" são outros exemplos significativos, com prevalências de 37,45% e 37,02%, respectivamente. Estes efeitos ilustram a evolução das estruturas de proteção contra inundações e as estratégias adaptativas desenvolvidas ao longo do tempo. Os efeitos relacionados às respostas sociais a desastres, como o "Efeito Chamada" e o "Efeito Armadilha da Pobreza", ambos com uma prevalência de 33,40%, sinalizam a importância das políticas públicas e das intervenções sociais na mitigação dos impactos dos desastres naturais e na recuperação das comunidades afetadas.

Figura 4.43: Prevalência de efeitos no sistema sócio-hidrológico.



Fonte: Produção do autor.

O "Paradoxo do Desenvolvimento Seguro", com 28,94% de prevalência sistêmica, reflete a crescente necessidade de conscientização dos gestores sobre incorporar estudos sócio-hidrológicos nos planos de desenvolvimento urbano e regional para evitar a exposição e a vulnerabilidade a desastres de inundações. O "Efeito Bloqueio", com 26,38% de prevalência, destaca os desafios enfrentados pelas comunidades na alteração de práticas

estabelecidas e infraestruturas existentes, que muitas vezes podem ser obstáculos para mudanças consistentes no sistema. Por fim, o "Efeito Reservatório", que tem sido observado por 10,85% do período analisado, chama a atenção para as complexas decisões e consequências associadas à gestão de reservatórios em contextos sócio-hidrológicos, todavia pouco exploradas pela ciência da sócio-hidrologia.

Essas porcentagens de prevalência oferecem uma visão panorâmica da persistência e relevância de cada efeito sistêmico dentro da bacia analisada. Elas sublinham a importância de entender as interações de longo prazo entre o sistema humano-inundação.

#### **4.5. Da sócio-hidrologia à futuras estratégias de intervenção**

No cenário atual, em que as mudanças climáticas e a urbanização acelerada aumentam a frequência e a severidade dos eventos de inundação, a tomada de decisão baseada em uma compreensão holística dos sistemas sócio-hidrológicos torna-se ainda mais crítica.

A integração de conhecimentos da sócio-hidrologia a estratégias de políticas públicas pode potencializar o desenvolvimento de soluções mais eficazes e sustentáveis, no contexto explorado por Gober e Wheeler (2014), chamado "interface política-ciência". Esta abordagem explora o estabelecimento de uma conexão forte na interface entre o conhecimento científico e a atuação efetiva de gestores e formuladores de políticas antecipar e mitigar os impactos das inundações, considerando não apenas os aspectos técnicos e naturais, mas também as dimensões humanas, sociais e econômicas. É, portanto, uma convocação para que a tomada de decisão seja robustecida por análises que reflitam a complexidade do comportamento humano e suas interações com o ambiente hídrico, garantindo que as políticas públicas sejam reflexivas, adaptativas e equitativas.

A capacidade de explorar padrões emergentes, entender as dinâmicas sistêmicas e incorporar a participação comunitária nos processos decisórios destaca a necessidade de políticas públicas de governança que sejam não apenas reativas (GOBER; WHEATHER, 2013). Através da aplicação de modelos sócio-hidrológicos avançados e da promoção da governança colaborativa, pode-se vislumbrar um futuro em que a gestão de riscos de inundação seja uma responsabilidade compartilhada, que proteja efetivamente as comunidades e o meio ambiente, e que esteja alinhada com os princípios de sustentabilidade e resiliência trabalhados pela ciência.



#### **4.5.1. Lacunas observáveis no contexto da bacia do Rio Tamanduateí**

No contexto da Bacia estudada, observa-se que a capacidade de se adaptar individualmente é uma tendência proeminente nesta sociedade, em que 92,54% dos participantes da pesquisa adotam algum tipo de medida adaptativa em suas casas. Esse alto nível de adaptação pessoal pode ser interpretado como um exemplo do "efeito de adaptação", em que a experiência de eventos adversos aumenta a conscientização coletiva e motiva ações de mitigação destacada por Ciullo et al. (2017). As disciplinas de sócio-hidrologia e ciências de desastres naturais destacam a importância de compreender como essas dinâmicas influenciam a capacidade de recuperação das comunidades conforme ressalta Krause et al. (2016). Portanto, é crucial que as estratégias de adaptação e resiliência sejam constantemente reavaliadas e aprimoradas para acompanhar as mudanças no contexto ambiental e social.

Considera-se neste estudo que uma análise mais apurada deve ser realizada para combinar os modelos existentes adotados de adaptação pública frente aos recursos disponíveis pela sociedade a empregar modelos de adaptação privada. Neste viés faz-se necessário considerar os riscos da "mal-adaptação" (LING et al., 2020), considerando efetivamente essa combinação de estratégias (Figura 4.44) encontradas na bacia do estudo com elevados riscos de inundações. Merz et al. (2010) sugerem que uma avaliação de riscos detalhada e inclusiva, que leve em conta as perspectivas e necessidades de todas as partes interessadas, é crucial para o desenvolvimento de estratégias de adaptação bem-sucedidas. A resiliência a inundações, portanto, depende de uma mistura equilibrada de adaptações e da capacidade da sociedade de aprender com as intervenções passadas, se adaptando continuamente às condições em mudança.

Nota-se que entre as respostas fornecidas pelos residentes da região reflete a baixa autoavaliação de preparo individual por parte de alguns membros da comunidade, o que pode sinalizar a necessidade de investimentos em programas de capacitação e treinamentos para emergências, especialmente dentro do contexto de eventos catastróficos da Bacia de estudo. Além disso, a educação contínua e os programas de sensibilização devem ser desenvolvidos e constantemente expandidos, com um foco particular em aumentar a resiliência da comunidade do estudo. Tais esforços devem ser acompanhados de medidas que facilitem a adoção de estratégias de adaptação eficazes, como incentivos financeiros,

assistência técnica e suporte comunitário, para garantir que todos os membros da comunidade estejam devidamente preparados para enfrentar eventos hidrológicos extremos, característicos e periódicos da região do estudo.

Ainda sobre o preparo da comunidade do estudo, é importante destacar a ausência de um alerta de emergência por parte do poder público, constatou-se a existência de uma lacuna crítica no apoio institucional. A comunidade, em sua totalidade, relata a ausência de treinamento de emergência fornecido por instituições públicas, bem como a falta de recebimento de alertas de atenção ou evacuação e em sua maioria se apercebe como “pega de surpresa” pelos eventos de inundação, mais um forte indício de que se faz necessário a tomada de medidas. A inexistência de políticas públicas voltadas para um plano de evacuação ou de alerta na região é um indicativo de deficiências no sistema de gestão de riscos e desastres naturais.

Figura 4.44: Exemplo de mal-adaptação privada adotada na bacia do Rio Tamanduateí.



Fonte: Produção do autor.

Para uma análise mais detalhada, seria valioso investigar criação de planos de evacuação efetivos, criando planejamentos eficazes com treinamentos e exercícios de evacuação realizados e reavaliações constantes dos mesmos para uma melhor adaptação, e considerar ainda o desenvolvimento de programas de apoio psicológico para os afetados por eventos traumáticos, bem como estratégias para aumentar a conscientização e preparação entre aqueles que ainda não foram diretamente afetados por tais eventos.

Em suma, a existência de uma discrepância entre a capacidade de recuperação desta sociedade e a percepção dos danos sofridos durante o evento revela um ciclo contínuo de perdas e danos periódicos vivenciados pela comunidade na bacia do estudo. Essa dinâmica ressalta a importância de ações proativas e planejadas para aumentar a resiliência e reduzir a vulnerabilidade da comunidade a eventos futuros.

É necessário um esforço conjunto, em especial da gestão pública, para romper com esse ciclo, observando a particularidade do ambiente sócio-hidrológico de estudo e as respostas singulares da escala, no sentido de observar os sistemas as especificidades de cada região da Bacia e as distintas respostas da sociedade, possibilitando a implementação de políticas públicas de reformulação total do espaço natural e social, ou estratégias de adaptação eficazes para as interações humano-inundação, promovendo uma cultura de preparação e resposta diante de desastres, a fim de garantir uma recuperação mais robusta e sustentável no longo prazo.

O objetivo do presente estudo não avança sobre políticas públicas específicas, porém ao aproximar a observação na escala social deste panorama crítico, coube sugerir pontos importantes observados sobre a conexão do estudo com as perspectivas reais da aplicação prática e efetiva de novas metodologias de análise, que poderiam fortalecer decisões e a presença do Estado, especialmente, em que a percepção sobre a confiança nas ações públicas for baixa e/ou baixíssima, como é o caso da Bacia do Rio Tamanduateí.

#### **4.6. O paradigma das lições não aprendidas**

Os capítulos finais deste estudo buscam por adentrar aos domínios mais intrincados da sócio-hidrologia. É impossível ignorar os resultados de convergência entre direcionamento técnico, tomadas de decisão política e efeitos na sociedade e no ambiente natural da Bacia do Rio Tamanduateí.

Em um panorama internacional, exemplos notáveis como os dos Países Baixos emergem, desafiando as noções convencionais e apresentando novas perspectivas para a ciência hidrológica (SIVAPALAN, 2006; DÖRING, 2024). A abordagem holandesa, por exemplo, destaca-se por sua inclinação para práticas mais sustentáveis e integrativas, que se distanciam de métodos tradicionais de controle de inundações. Ao invés de impor barreiras à água, essas novas estratégias propõem uma acomodação, um

compartilhamento de espaço, permitindo que a água siga seu curso de maneira mais natural (DWC, 2002).

Apesar da crescente proeminência de uma ciência da hidrologia mundial que respeita os ciclos naturais e se alinha com os ritmos inerentes da sustentabilidade, observa-se que no contexto brasileiro, especificamente na Bacia do Rio Tamanduateí analisada, a não adoção de novos modelos plausíveis, considerando adaptações necessárias à realidade econômica brasileira, mantém conceitos obsoletos, evidenciando um paradigma moldado pela falta de aprendizado com lições passadas.

#### **4.6.1. São Paulo, 470 anos “dobrando apostas”**

Este capítulo de pesquisa ilustra um ponto crítico na análise sócio-hidrológica da Bacia do Rio Tamanduateí reconhecendo, em primeiro lugar, que muitas lições importantes sobre o convívio sustentável com a água ainda precisam ser assimiladas. Ao contemplar os avanços em outras nações, somos compelidos a refletir sobre como esses insights podem ser incorporados em nosso próprio contexto, particularmente nas apostas feitas pelos gestores e tomadores de decisão ao longo de 470 anos de história da cidade.

Estamos testemunhando uma evolução do pensamento hidrológico no mundo, que favorece a harmonia com os processos naturais em detrimento da subjugação e do controle rígido dos recursos hídricos, em que a ideia de retenção e resistência aos fluxos naturais da água perde espaço para outra abordagem. Este distanciamento ao antigo paradigma de resistência mostra uma transição para a técnicas com viés mais sustentável (MONTANARI et al., 2013; DÖRING, 2024).

A necessidade de aprender com as experiências passadas e de reavaliar as estratégias existentes é clara (THOMPSON ET AL., 2013; GUPTA; NEARING, 2014), e este capítulo busca desvendar os motivos pelos quais essas lições têm sido repetidamente negligenciadas, bem como apontar caminhos para a assimilação e aplicação de conhecimentos que possam finalmente romper com o ciclo de repetição de erros históricos.

À medida que concluímos a análise dos modelos históricos de resposta e a complexa dinâmica sócio-hidrológica, torna-se evidente que a resistência à mudança é um poderoso empecilho para o progresso. As instituições e as comunidades frequentemente se apegam

a paradigmas ultrapassados e estratégias de gestão que provaram ser ineficazes, talvez devido a uma falsa sensação de segurança ou à dificuldade de alterar sistemas estabelecidos. Esta inércia, quando não desafiada, pode levar de um ponto crítico de bloqueio sistêmico a um ponto de inflexão, em que as pressões acumuladas e os riscos exacerbados possam forçar uma mudança abrupta e potencialmente desestabilizadora.

No próximo capítulo, "Do Efeito Bloqueio ao Ponto de Inflexão", aborda-se como a persistência do "Efeito Bloqueio" pode ser um prelúdio para um ponto de inflexão ao questionar-se possíveis ações dentro de uma perspectiva de mudanças sistêmicas na Bacia do Rio Tamanduateí.

#### **4.6.2. Do efeito bloqueio ao ponto de inflexão**

No derradeiro capítulo desta tese, voltamos nossa atenção ao fenômeno conhecido como "Efeito Bloqueio" e também à busca de um ponto de inflexão, que possa sinalizar o início de uma era de transformações sustentáveis na gestão da Bacia do Rio Tamanduateí. Este estudo, embora ainda limitado pela extensão de sua observação, busca identificar questões fundamentais para futuras investigações. A principal indagação é: a sociedade pode mobilizar-se para superar a resistência sistêmica, desencadeada um ponto de inflexão, buscando novos rumos a mudanças sustentáveis, mais positivas e duradouras?

Ao percorrer a trilha da história da Bacia no âmbito sócio-hidrológico, identificou-se os elementos-chave que contribuíram para a transição da região de um estado natural ao colapso. A cultura do risco e as dinâmicas econômicas emergiram como fatores determinantes, mas, mais do que isso, a capacidade de regredir ou ultrapassar um ponto de inflexão evidencia-se como um sinal de imaturidade societal ao lidar com o problema de inundações.

O que seria necessário para alterar esse curso histórico marcado por 470 anos de "apostas equivocadas"? A vontade política na bacia de estudo aparece como um vetor crítico de bloqueio sistêmico, assim como a necessidade de inovação e a adoção de novas práticas. Para isso, a liderança inspiradora e o diálogo ampliado com a sociedade, fomentando a participação cidadã, emergem como peças-chave no quebra-cabeça da mudança.

Além disso, o investimento em pesquisa no âmbito do desenvolvimento técnico voltado à projetos sustentáveis, surge como uma alavanca essencial para a quebra de paradigmas.

As respostas sociais, marcadas por um ceticismo em relação às ações dos tomadores de decisão, apontam para a necessidade de uma abordagem mais inclusiva e transparente no processo de gestão hídrica. O caso da gestão Holandesa (DWC, 2002), nos oferece um vislumbre do que pode ser alcançado quando o paradigma é quebrado. A mudança de curso holandesa, de uma abordagem baseada na resistência para uma de coexistência com a água, fornece um modelo valioso. A partir disso, questiona-se: qual elo da resistência sistêmica na Bacia do Rio Tamanduateí poderia ser o primeiro a ceder? Quais seriam os próximos passos - o nosso “plano B” - para catalisar essa transição? Onde focar esforços diante do que já foi realizado?

Para finalizar, este capítulo não apenas sintetiza o conhecimento adquirido, mas também traça um roteiro questionador para o futuro. Os desafios são claros, mas as janelas de oportunidades para uma mudança significativa, dentro da realidade vivenciada pelas comunidades, ainda não foram abertas. Identificar e explorar as causas principais e subjacentes da resistência sistêmica deverá ser um trabalho contínuo, exigindo um compromisso renovado de todas as partes interessadas. Considera-se, a vontade política, a inovação, e uma liderança técnica-política que inspire e una a sociedade em torno de um objetivo comum, como chaves mestras para desbloquear o potencial de um novo paradigma sócio-hidrológico para a Bacia do Rio Tamanduateí.

## 5 DISCUSSÃO

Analisar a história sob uma ótica sócio-hidroológica apresenta desafios significativos diante das inúmeras transformações realizadas no decorrer dos tempos nos ambientes hidroológicos-sociais e urbanos. Apesar dos progressos observados recentemente, é imperativo aprimorar o entendimento sobre a influência da interação entre os processos sócio-hidroológicos na regularidade e intensidade das inundações. Torna-se crucial investigar a função desempenhada pelas instituições e os mecanismos de gestão. O crescimento da metrópole de São Paulo evoluiu em paralelo ao desenvolvimento das sociedades tecnológicas desde sua fundação. A cidade enfrenta desafios estruturais profundos, consequência de intervenções nos cursos fluviais como resposta a problemas urbanos, impulsionadas por interesses econômicos de grupos influentes. Os trajetos fluviais foram reconfigurados historicamente, e a dinâmica entre os sistemas antropogênicos e naturais sofreram alterações progressivas. Assim, este trabalho enriquece a compreensão dessas dinâmicas ao estabelecer padrões de reação mais acurados no contexto local, sem desconsiderar os fatores regionais e globais que influenciam essas mudanças.

Dentre os benefícios que a comunidade local experimentou e colheu historicamente, estão as vantagens econômicas geradas pela especulação imobiliária em períodos específicos por certos grupos sociais, oportunidades comerciais, geração de empregos e outros benefícios ligados ao desenvolvimento das áreas de planície. Contudo, os custos associados aos eventos de inundação sempre repercutiram no sistema econômico, causando prejuízos recorrentes ao longo dos séculos até os dias atuais, impactando desproporcionalmente os mais desfavorecidos e questionando as supostas vantagens imobiliárias do passado. Tais prejuízos nunca foram completamente avaliados sob uma perspectiva socialmente consciente, que permite entender e mensurar as perdas individuais, evidenciando o custo pessoal de cada cidadão a cada incidente. Os gastos totais são contabilizados pelo governo somente em grandes desastres, em que as políticas públicas historicamente favoreceram ações que reforçaram o status quo, recorrendo constantemente a soluções tecnológicas para manejar as enchentes frequentes.

Os resultados desta pesquisa elucidam os processos ressoantes no sistema sócio-hidroológico até o momento presente, destacando suas repercussões na análise de longa

duração. Embora a natureza tenha influenciado a configuração inicial das sociedades nos assentamentos humanos, o crescimento populacional desordenado desencadeou uma série de iniciativas para modificar o sistema natural. Isso inclui a construção de barreiras contra inundações, como diques, rebaixamento de calhas, retificações e aterramentos de áreas de planície.

Essas medidas geraram um ponto crítico de inflexão no sistema, solidificando escolhas sociais em uma sequência intensa de riscos acumulados. A ampla adaptação observada na Bacia do Rio Tamanduateí sugere que a sociedade está engajada em um ciclo de interação constante, onde a experiência com inundações ressalta a importância de medidas de segurança e preparação pessoal. No entanto, essas iniciativas são realizadas sem um planejamento específico ou coordenação adequada para reduzir a exposição a situações futuras.

Atualmente, a perspectiva de desocupar essas áreas de planície não é do interesse público nem é viável, com vários conflitos políticos envolvendo diferentes segmentos da sociedade e a compreensão de que, dada a vasta extensão do problema, seria economicamente impraticável. Outro desafio que contribui para a inércia do sistema é a alta densidade de ocupação urbana na bacia, e com a escassez de áreas desocupadas, seria quase impossível realocar a população já estabelecida nessas regiões.

Mapeamentos no domínio do conhecimento realizados por Xu (2018) apontam tendências futuras para a ciência hidrológica, evidenciando a crescente necessidade do diálogo entre cientistas sociais e hidrólogos sugeridos desde a década de 70 por Dooge (1973, 1986), ampliando horizontes sobre as interações humanas complexas e dinâmicas co-evolutivas no contexto hídrico. Estudos sócio-hidrológicos que se esforçam em compreender os processos envolvidos com eventos de inundação, estão concentrados ao norte do planeta em sua maioria conforme indica Barendrecht (2017), sendo que no contexto brasileiro são incipientes os estudos de natureza sócio-hidrológica aplicados à eventos de inundação.

A ciência hidrológica ao apoiar a captura de dinâmicas através de uma estrutura conceitual ainda simplificada, favorecerá uma contribuição futura através da ampliação desta conceituação, em que estudos e insights para a modelagem sócio-hidrológica possam ser melhor compreendidos, auxiliando assim as comunidades a explorarem suas



decisões atreladas as consequências. Iniciativas científicas como as da Associação Internacional de Ciências Hidrológicas (IAHS) são positivas no intento de esclarecer novos tipos de perguntas. Ao lidarem com incertezas inerentes a falta de conhecimento sobre processos e suas fronteiras, podem estimular assim, novas discussões entre diferentes perspectivas científicas.

Sendo o Brasil um dos países mais afetados com eventos hidrológicos catastróficos segundo EM-DAT (2018) fazem-se necessários esforços para o desenvolvimento de estudos dos sistemas sócio-hidrológicos, para o avanço do entendimento desses processos, uma vez que o risco não é distribuído de forma igualitária em uma sociedade em que recursos possibilitam maior prevenção, mitigação e mais rápida recuperação neste tipo de evento.

O desenvolvimento das grandes metrópoles brasileiras, como é o caso da cidade de São Paulo, desde o seu surgimento se aproximou ao conceito de sociedade com o desenvolvimento tecnológico. Atualmente cidades com problemas estruturais profundos são resultados de soluções hídras higienistas e de políticas públicas que assim foram direcionadas com motivações econômicas de setores específicos. Cursos de rios foram sendo redesenhados ao longo da história, através do domínio humano, em que relações entre o homem e os sistemas naturais foram aos poucos sendo modificadas. Faz-se necessário, portanto, uma compreensão desses processos através da conformação de padrões de respostas mais apurados em nível local, regional e global.

O Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE, 2009) tem se empenhado em mitigar eventos de inundação na cidade, tendo implantado o primeiro Reservatório de Detenção em São Paulo em 1973, localizado no córrego Ipiranga. Desde então, observou-se uma redução no número de incidentes de inundação na região. No entanto, estudos sócio-hidrológicos recentes, conduzidos por Di Baldasse et al. (2018), levantam dúvidas sobre a eficácia dessa estrutura em face de suas potenciais repercussões negativas para a sociedade. Embora o uso desse sistema de retenção tenha levado a uma diminuição na frequência de eventos, há a preocupação de que isso possa resultar em uma intensificação desses eventos, culminando em efeitos catastróficos de inundação e representando um alto risco para a sociedade.

O Plano Diretor da cidade de São Paulo endossa as iniciativas de implementação de reservatórios de detenção propostas pelo DAEE estando estas já previstas no PDMAT para a Bacia do Tamanduateí, que incluem a criação de mais 43 reservatórios de detenção e outras medidas estruturais para controlar enchentes na área de estudo. A implementação de soluções estruturais é considerada uma prioridade pela atual gestão hídrica do DAEE, conforme comunicado oficial. Existe, portanto, um esforço contínuo para expandir a utilização desses sistemas na cidade, mesmo diante das preocupações levantadas recentemente pela comunidade científica sobre os riscos associados a eventos catastróficos. Porém ainda não foram realizadas análises aprofundadas sobre o reflexo que essas ações podem ter no contexto sócio-hidrológico.

Na gestão urbana regional atual, têm sido empreendidos esforços no sentido de desenvolver novos moldes técnicos de atuação por meio de projetos urbanos mais sustentáveis, como o projeto "Eixo Tamanduateí" (SAKATA, 2009). No entanto, as principais intervenções planejadas para as áreas adjacentes ao rio, que trariam benefícios às comunidades locais deste estudo, nunca foram efetivadas. Os responsáveis pelo projeto justificam essa situação alegando falta de investimento do poder público.

Em aspectos gerais, torna-se evidente que a ciência hídrica caminha para mudanças de paradigmas ao seguir novos rumos, contudo, desafios complexos de traduzir dinâmicas entre humanos e processos de inundações, a considerar ainda trajetórias co-evolutivas de retroalimentação. Recrear o papel do ser humano frente aos sistemas hidrológicos, aponta para tempos desafiadores no futuro da ciência hidrológica e dentro deste panorama pretende-se contribuir com este estudo.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os fatores sócio-hidrológicos que exacerbaram os eventos de inundação recorrentes na Bacia do Rio Tamanduateí têm como eixo principal a adoção de infraestruturas tecnológicas de canalização e contenção de águas no meio urbano, as quais modificaram as dinâmicas naturais essenciais do rio e de suas margens ao longo do tempo. A urbanização acelerada e desordenada, aliada às intervenções de aterro de áreas de inundação para subsequente urbanização, a impermeabilização do solo e a adoção de sistemas de proteção e adaptação para enfrentar as inundações resultantes de todas essas práticas combinadas ao longo do desenvolvimento histórico da sociedade paulistana, tornaram a região da Bacia do Rio Tamanduateí suscetível a eventos de grande intensidade, especialmente na ausência de políticas públicas efetivas de gestão de riscos junto à comunidade.

Dentro do sistema social e hidrológico analisado, tais interações de fatores, tem se influenciado mutuamente, trazendo consistentes reforços sistêmicos e tornando-o propenso ao aumento da frequência e gravidade dos desastres hidrológicos na região de estudo. Neste contexto o conjunto de interações quando acopladas desenham o retrato de um cenário catastrófico de perdas cíclicas para a comunidade, exacerbando os impactos negativos tanto para a população quanto para o meio ambiente local.

Ao final das análises deste estudo, observa-se que a desnaturalização do leito do Rio Tamanduateí alterou significativamente sua dinâmica de respostas no sistema humano-inundações, levando a sociedade a adotar novas estratégias de defesa contra eventos hidrológicos de inundação. As intervenções tecnológicas realizadas no Rio Tamanduateí resultaram em uma progressiva aproximação ao curso d'água ao longo do tempo. Além disso, a organização deficiente do espaço urbano ampliou a vulnerabilidade da população a diversos perigos associados às inundações, alterando inclusive o senso coletivo de valoração da interação humano-natural.

Nesse contexto, diversos fatores históricos influenciaram a interação entre fatores sociais e hidrológicos, oriundos de valores culturais predominantes nos períodos analisados. Esses fatores moldaram as decisões de políticas sociais, que passaram a enxergar o rio como um obstáculo que comprometia a dinâmica habitual e o progresso da cidade. Ano após ano, relatos dramáticos sobre os desastres fluviais na metrópole paulista são

registrados, consolidando um cenário de temor e desolação na comunidade local. As ações governamentais implementadas tinham o objetivo de melhorar a organização urbana, porém, frequentemente ignoravam as complexas dinâmicas envolvidas nesse sistema, contribuindo para o aumento da exposição humana às inundações e tornando-as recorrentes na região.

Os valores sociais e a falta de visão estratégica dos líderes políticos quanto a esses processos, sua gestão e impactos são repetidamente evidenciados, desde as primeiras intervenções até os dias atuais. A ausência de um planejamento urbano estratégico que corroborasse com premissas sustentáveis resultou em projetos que promoveram a expansão urbana em áreas de planícies de inundação, contribuindo para o comprometimento em curso. Neste contexto, tomadores de decisão mantêm seu foco em obras de infraestrutura com viés tecnológico, negligenciando a possibilidade de aplicar os recursos de maneira mais eficiente no sistema.

A percepção pública também desempenha um papel relevante, uma vez que políticos tendem a ganhar mais visibilidade ao se associarem a grandes projetos de engenharia, em detrimento de iniciativas sustentáveis não estruturais. A influência das grandes construtoras, juntamente com o ciclo de corrupção que permeia os níveis administrativos do governo e a classe política, é outro elemento que molda o destino dos grandes empreendimentos públicos no país.

Devido a esses conflitos, o Rio Tamandateí é atualmente percebido como um obstáculo pela comunidade local, refletindo uma sociedade historicamente desinformada, cuja relação com o rio se deteriorou ao longo do tempo. A percepção social atribuída ao rio reflete insatisfação e o desejo de distanciamento desse elemento natural, considerando sua presença como um fator disruptivo que afeta negativamente a vida cotidiana local, resultando em perdas humanas e danos constantes. Importante ressaltar que a região de estudo, além de possuir alta densidade demográfica também possui uma alta circulação de pessoas não residentes, que também passam a ser afetados pelo problema de inundações.

A análise das interações no espaço geográfico desempenhou um papel fundamental neste estudo, contribuindo para o aprimoramento da compreensão dos processos sócio-hidrológicos em sistemas complexos, como o acoplamento humano-inundação na Bacia

do Rio Tamanduateí. Ao examinar as interações entre fatores sociais, econômicos, ambientais e hidrológicos dentro de um mesmo contexto geográfico, específico dentro do recorte, é possível captar a dinâmica e as influências mútuas que moldam os padrões de vulnerabilidade, resiliência e adaptação em face de eventos hidrológicos, como inundações.

Através da análise das interações, foi possível identificar como as atividades humanas, como urbanização desordenada, ocupação irregular de áreas de risco e infraestrutura inadequada, interagem com os processos hidrológicos naturais, interagiram criando um sistema complexo de respostas que co-evoluíram ao longo do período analisado. Essa abordagem integrada permitiu compreender e apresentar os laços causais existentes no sistema em torno ao problema de inundações na região, bem como os impactos diretos na percepção humana na região. Através de uma análise mais detalhada desde a escala social, foi possível corroborar as teorias vigentes em sócio-hidrologia, observando-se um alinhamento entre a Adaptação Individual e as intervenções públicas realizadas na bacia.

Os dados revelaram uma sociedade que, ao longo do tempo, optou por conviver com as inundações, um fenômeno recorrente que tem impactos negativos significativos na vida cotidiana da comunidade. Este efeito se observado do ponto de vista da bacia, poderíamos entender com uma sociedade que optou por aceitar riscos e viver se adaptando a eles, porém quando observamos desde o ponto de vista social nota-se que este convívio não foi exatamente uma escolha livre, mas sim uma consequência de condições econômicas que confinam a população a áreas suscetíveis a enchentes, criando um ciclo pernicioso de vulnerabilidade e perdas, sendo esse um claro exemplo do efeito de “Armadilhas da Pobreza”.

A pesquisa apontou que a maioria da comunidade, adotou algum tipo de adaptação individual, refletindo um alto nível de resposta adaptativa no contexto da bacia. Esse fenômeno sugere uma possível transição de práticas adaptativas de uma escala macro, a da bacia hidrográfica, para a micro, a da comunidade. A capacidade de adaptação individual, portanto, não apenas se alinha com as ações em escala maior, mas também levanta a questão de se essas adaptações estão se cristalizando em uma dinâmica cultural do risco.

A alta percepção de risco, relacionada a uma memória episódica marcante em experiências anteriores recorrentes, configura-se como um elemento central na dinâmica dessa comunidade. Os indivíduos, embora detentores de uma capacidade de adaptação individual notável, confrontam-se com uma realidade onde o preparo prático para eventos críticos, como inundações, é insuficientemente desenvolvido, levando a uma sensação generalizada de insegurança. Esta insegurança é amplificada pela convivência desafiadora com o rio e pela descrença nas ações dos governantes em responder eficazmente às adversidades naturais. A insatisfação com os aspectos cotidianos da vida próxima ao rio e a falta de confiança na gestão de riscos são reflexos de uma comunidade resiliente, mas que se vê em constante estado de vigilância e descontentamento com as estratégias de mitigação de riscos adotadas o longo do período.

Diante destes aspectos, torna-se imperativo que haja uma reavaliação das políticas de gestão de riscos e preparação para eventos hidrológicos. A resiliência observada na comunidade deve ser canalizada para o estabelecimento de medidas práticas e eficientes de preparo, que possam diminuir a disparidade entre a percepção de risco e a capacidade de resposta. A colaboração entre comunidade e gestores públicos é fundamental para construir um modelo de convivência mais seguro e satisfatório com o ambiente fluvial, onde a resiliência não seja apenas uma resposta às adversidades, mas também uma ferramenta proativa para a prevenção e preparação diante dos desafios impostos pela natureza.

Nesse sentido, a análise das interações no espaço geográfico na Bacia do Rio Tamandateí forneceu respostas de comportamento sistêmico humano-inundações e ainda insights valiosos para o desenvolvimento de futuras estratégias de gestão de riscos mais eficazes e sustentáveis, que considerem as complexas relações entre os elementos sociais e hidrológicos. Consideramos que ao integrar essa abordagem multiescalar em uma perspectiva de elucidações históricas neste estudo, possam direcionar um passo científico importante na construção de ferramental de análise de respostas e entendimento de práticas relacionadas à gestão de inundações. Desta forma será possível promover a resiliência das comunidades locais, reduzir os impactos negativos dos eventos hidrológicos e fomentar uma coexistência mais harmoniosa entre o homem e o ambiente na bacia hidrográfica do Rio Tamandateí.

Superar o desafio colocado pela disciplina de sócio-hidrologia, ao integrar dados sociais aos sistemas de análise hidrológica, pode estabelecer novos parâmetros para a compreensão das respostas originadas pela comunidade e permitir o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes no âmbito da gestão, abordando o problema também através da perspectiva de mais aproximada da comunidade. A incorporação dessa abordagem pode auxiliar as autoridades públicas a elevar seu atual nível de governança em relação aos eventos investigados e estabelecer um arcabouço técnico para implementar medidas eficazes que apoiem a comunidade na gestão das inundações.

Dentro do cenário contextualizado pelo Rio Tamanduateí, essas descobertas enriquecem a compreensão do conjunto de dinâmicas que influenciaram o curso histórico, o qual tem se mantido e se intensificado por quatro séculos. Progressos foram alcançados na busca por compilar um conjunto abrangente de dados de diferentes disciplinas, com o objetivo de traçar um panorama informativo completo, articulando suas conexões históricas com o ambiente sócio-hidrológico e mapeando de forma extensiva as forças propulsoras que direcionaram essa estrutura intrincada através dos anos. Nesta investigação, foi dada especial atenção à expansão do intervalo temporal estudado, possibilitando um aprendizado detalhado desses mecanismos complexos a partir da emergência da metrópole paulistana.

Historicamente, a mídia sempre desempenhou um papel crucial em assegurar a relevância do interesse público nas questões relacionadas às inundações, especialmente quando a ocorrência repetida de eventos catastróficos em áreas específicas da cidade criou as condições essenciais para que o tema se tornasse objeto de políticas públicas. No entanto, as intervenções adotadas pelo poder público têm tradicionalmente favorecido soluções baseadas em tecnologia para abordar essas questões.

Concluimos que é imperativa a intensificação dos esforços científicos voltados para a análise e esclarecimento da relação entre a aplicação de novas tecnologias estruturais massivamente como as Bacias de Detenção e suas respostas sistêmicas entre humanos e inundações. O aumento dos estudos com essa abordagem possibilitará a disseminação desse conhecimento e a implementação de abordagens mais sustentáveis para embasar decisões de gestores futuramente.

A pesquisa analisou como as comunidades dos bairros próximos ao Rio Tamanduateí em São Paulo lidaram com os eventos de inundações, desde seu surgimento, adaptando-se e respondendo a esses processos de forma individual dentro do sistema analisado, enquanto também investiga o apoio do poder público nesse desafio desde uma perspectiva social. Além disso, buscou-se compreender o cenário de governança atual e a adaptação da comunidade aos processos em questão. A pesquisa se concentrou também em compreender a perspectiva social através da percepção individual antes, durante e após experiências de inundação, integrando esse conhecimento às análises no espaço geográfico dentro do arcabouço sócio-hidrológico. O estudo de campo buscou identificar os efeitos sócio-hidrológicos na percepção individual dos agentes, aproximando-se do problema desde a perspectiva da comunidade.

Dentro da dinâmica dos eventos catastróficos, no contexto final de enfrentamento social em um evento de inundação, observou-se que a baixa capacidade de previsão da comunidade local em relação a tais eventos resulta em um aumento significativo no potencial de riscos. Esse potencial é agravado pela proximidade com os sistemas de proteção contra inundação adotados, cuja eficácia pode variar de acordo com os níveis de consciência, percepções de risco da população e distanciamentos adotados. Essa interação complexa impulsiona a ocorrência de danos severos e consequências negativas associadas às inundações, que impactam diretamente a vida cotidiana dessas comunidades.

Contrariando as práticas históricas adotadas na bacia hidrográfica em questão, considera-se essencial, direcionar os esforços para a adoção de sistemas verdes alinhados com práticas de gestão e conservação baseadas na preservação da dinâmica natural. A exploração de sistemas verdes que respeitem os ciclos naturais e seus ecossistemas associados, mantendo intactos seus meandros e planícies de inundação, representaria o caminho rumo à sustentabilidade nas interações sócio-hidrológicas, porém os caminhos adotados ao longo do período se afastaram a essa perspectiva. Neste contexto, gestores não tem, todavia, trazido a luz discussões que considerem o acoplamento humano-inundações sob a ótica mais ampla e interdisciplinar da sócio-hidrologia.

A abordagem deste estudo, orientada a contribuir para a redução da atual lacuna de conhecimento em torno das interações humano-inundações em áreas problema, buscou desenvolver, através da compreensão das bases da narrativa sócio-hidrológica e das



complexas ações sociais ao entendimento da dinâmica hidrológica, instrumentos de interação de dados que possibilitem orientar futuramente ações públicas prioritárias para políticas locais de desenvolvimento humano sustentável diante dos processos catastróficos deflagrados historicamente na cidade de São Paulo, se aproximando ao problema em diferentes perspectivas e escalas de análise.

Concluimos desta forma que através de análises sócio-hidrológicas conduzidas por metodologia interdisciplinar proposta neste estudo, se torna possível a aproximação ao problema desde uma perspectiva histórica, integrando a visão espaço-temporal através de acoplamento *downscaling* e *upscaling*. Esta aproximação possibilitou interar o acoplamento humano-inundações em um mesmo ambiente de análise, integrando em um único banco de dados o maior número de informações sociais e hidrológicas dentro de uma perspectiva histórica, que pudesse contribuir para as análises. As respostas obtidas nas análises acopladas, nos abrem múltiplas discussões para futuras abordagens, que possibilitam a identificação de áreas que requerem intervenções específicas e/ou políticas mais direcionadas à realidade local.

Ao expor neste estudo os resultados práticos, particularmente indesejáveis, da implementação de políticas públicas “status quo” durante séculos na cidade de São Paulo, especificamente na Bacia do Tamanduateí, consideramos estas análises um valioso instrumento de aprendizado e esperamos assim, contribuir para que estes modelos de atuação política, sirvam de aprendizado de condições negativas e ineficazes, para que não sejam replicados em outros locais.

Diante desse cenário secular na cidade de São Paulo, deparou-se com o desafio de enfrentar as incertezas de um sistema complexo acoplado, em constante retroalimentação, enfrentando desafios ainda inexplorados na atualidade sob a perspectiva sócio-hidrológica, em especial, no particular contexto brasileiro, compreensão esta que constitui um dos objetivos fundamentais deste estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB’SÁBER, A. N. O sítio urbano de São Paulo. In: AZEVEDO, A. (Ed.). **A cidade de São Paulo: estudos de geografia urbana**. São Paulo: Editora Nacional, 1958.

AGUIAR, A. P.; ANDRADE, P. R.; FERRARI, P. G. **Preenchimento de células**. [S.l.: s.n.], 2010.

AHMED, F. et al. **Tipping points in adaptation to urban flooding under climate change and urban growth: the case of the Dhaka megacity**. *Land Use Policy*, v. 79, p. 496-506, 2018.

ALCOFORADO, R. G.; CIRILO, J. A. Sistema de suporte à decisão para análise, previsão e controle de inundações. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 4, p. 133-153, 2001.

ALLAN, J. L.; SINGER, M. B. Development of the lower Sacramento Valley flood-control system: historical perspective. **Natural Hazards Review**, v. 9, p. 125–135, 2008.

ALVES FILHO, A. P.; RIBEIRO, H. A percepção do caos urbano, as enchentes e as suas repercussões nas políticas públicas da Região Metropolitana de São Paulo. **Saúde e Sociedade**, v. 15, p. 145-161, 2006.

AMADIO, D. **Desenho urbano e bairros centrais de São Paulo: um estudo sobre a formação e transformação do Brás, Bom Retiro e Pari**. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ANTUNES, P. Enchentes: a metrópole e o rio. **Revista DAE**, n.163, 1992.

ARRUDA, J. J. A. **São Paulo nos séculos XVI-XVII**. [S.l.: s.n.], 2011.

ASSUNÇÃO, P. **A cidade de São Paulo no século XIX: ruas e pontes em transformação**. [S.l.: s.n.], 2006.

AZEVEDO, A. **A cidade de São Paulo: estudos de geografia urbana**. [S.l.]: Brasiliense, 1958.

BAAN, P. J.; KLIJN, F. Flood risk perception and implications for flood risk management in the Netherlands. **International Journal of River Basin Management**, v. 2, n. 2, p. 113-122, 2004.

BANCO MUNDIAL. **Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no 48 Brasil: 1995 – 2014**. Florianópolis: UFSC, 2016.

BARENDRECHT, M. H.; VIGLIONE, A.; BLÖSCHL, G. A dynamic framework for flood risk. **Water Security**, v. 1, p. 3-11, 2017.

BARTALINI, V. Os córregos ocultos e a rede de espaços públicos urbanos. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, n. 16, p. 82-96, 2004.

BARTALINI, V. A trama capilar das águas na visão cotidiana da paisagem. **Revista USP**, n. 70, p. 88-97, 2006.

BERTOLLI FILHO, C. **A gripe espanhola em São Paulo, 1918**. São Paulo: Paz e Terra, 2003.

BLAIR, P.; BUYTAERT, W. Socio-hydrological modelling: a review asking why, what and how? **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 20, n. 1, p. 443-478, 2016.

BLÖSCHL, G. Predictions in ungauged basins—where do we stand? **Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences**, v. 373, p. 57-60, 2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Desastres naturais e saúde: análise do cenário de eventos hidrológicos no Brasil e seus potenciais impactos sobre o Sistema Único de Saúde. **Boletim Epidemiológico**, v. 49, 2018.

BRITO, F. O deslocamento da população brasileira para as metrópoles. **Estudos Avançados**, v. 20, n. 57, p. 221-236, 2006.

BRITO, F.; SOUZA, J. Expansão urbana nas grandes metrópoles: o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza. **Revista Perspectiva**, 2006.

BROLLO, M. J. et al. Desastres naturais e riscos em São Luiz do Paraitinga (SP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA, 7., 2010, Maringá-PR. **Anais...** ABGE, 2010.

BROWN, C. **Differential equations: a modeling approach**. [S.l.]: Sage, 2007.

BUENO, B. P. S. Tecido urbano e mercado imobiliário em São Paulo: metodologia de estudo com base na Décima Urbana de 1809. **Anais do Museu Paulista**, v. 13, n. 1, p. 59-97, 2005.

BURBY, R. J. Hurricane Katrina and the paradoxes of government disaster policy: bringing about wise governmental decisions for hazardous areas. **The Annals of the American Academy of Political and Social Science**, v. 604, n. 1, p. 171-191, 2006.

CABRAL, E.; JESUS, E. F. REIS. Eventos pluviiais concentrados sobre a Grande São Paulo ocorridos em 1991: seus reflexos na vida urbana. **Sitientibus**, n.12, p.31-54, 1994.

CAMERON, L.; SHAH, M. **Risk-taking in the wake of natural disasters**. [S.l.: s.n.], 2012.

CAMPOLINA, D. C.; VIEIRA, D. J. Brazil: accelerated metropolization and urban crisis. **Development and Policy**, v. 1, n. 2, p. 155-177, 2016.

CAMPOS, E. A cidade de São Paulo e a era dos melhoramentos materiais: obras públicas e arquitetura vistas por meio de fotografias de autoria de Militão Augusto de Azevedo, datadas do período 1862-1863. **Anais do Museu Paulista**, v. 15, n. 1, p. 11-114, 2007.

CARRARA, A. A. A população do Brasil, 1570–1700: uma revisão historiográfica. **Tempo**, v. 20, p. 1-21, 2014.

CASTELLARIN, A.; DI BALDASSARRE, G.; BRATH, A. Floodplain management strategies for flood attenuation in the river Po. **Research and Applications**, v. 27, n. 8, p. 1037-1047, 2011.

CHEN, Xi et al. From channelization to restoration: sociohydrologic modeling with changing community preferences in the Kissimmee River Basin, Florida. **Water Resources Research**, v. 52, n. 2, p. 1227-1244, 2016.

CIULLO, A. et al. Socio-hydrological modelling of flood-risk dynamics: comparing the resilience of green and technological systems. **Hydrological Sciences Journal**, v. 62, n. 6, p. 880-891, 2017.

CLARK, J. R. A.; CLARKE, R. Local sustainability initiatives in English National Parks: What role for adaptive governance? **Land Use Policy**, v. 28, n. 1, p. 314-324, 2011.

COLLENTEUR, R. A. et al. The failed-levee effect: Do societies learn from flood disasters? **Natural Hazards**, v. 76, n. 1, p. 373-388, 2014.

CUSTÓDIO, V.; MORAES, A. C. R. **A persistência das inundações na Grande São Paulo**. [S.l.: s.n.], 2002.

D'ELBOUX, R. M. M. **Joseph-Antoine Bouvard no Brasil: os melhoramentos de São Paulo e a criação da Companhia City: ações interligadas**. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

DE ALMEIDA, L. Q.; CARVALHO, P. F. **A negação dos rios urbanos numa metrópole brasileira**. [S.l.: s.n.], 2009.

DE LIMA, G. N.; RUEDA, V. O. M. The urban growth of the metropolitan area of Sao Paulo and its impact on the climate. **Weather and Climate Extremes**, v. 21, p. 17-26, 2018.

DE OLIVEIRA SOBRINHO, A. S. São Paulo e a ideologia higienista entre os séculos XIX e XX: a utopia da civilidade. **Sociologias**, v. 15, n. 32, p. 210-235, 2013.

DI BALDASSARRE, G. et al. Towards understanding the dynamic behaviour of floodplains as human-water systems. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 17, n. 8, p. 3235-3244, 2013a.

DI BALDASSARRE, G. et al. Socio-hydrology: conceptualising human-flood interactions. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 17, n. 8, p. 3295-3303, 2013b.

DI BALDASSARRE, G. et al. The interplay between human population dynamics and flooding in Bangladesh: a spatial analysis. **Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences**, v. 364, p. 188-191, 2014a.

DI BALDASSARRE, G. et al. Floods and societies: the spatial distribution of water-related disaster risk and its dynamics. **Water**, v. 1, n. 2, p. 133-139, 2014b.

DI BALDASSARRE, G. et al. Perspectives on socio-hydrology: capturing feedbacks between physical and social processes. **Water Resources Research**, v. 51, n. 6, p. 4770-4781, 2015.

DI BALDASSARRE, G.; BRANDIMARTE, L.; BEVEN, K. The seventh facet of uncertainty: wrong assumptions, unknowns and surprises in the dynamics of human: water systems. **Hydrological Sciences Journal**, v. 61, n. 9, p. 1748-1758, 2016.

DI BALDASSARRE, G. et al. Human-flood interactions in Rome over the past 150 years. **Advances in Geosciences**, v. 44, p. 9-13, 2017.

DI BALDASSARRE, G. et al. An integrative research framework to unravel the interplay of natural hazards and vulnerabilities. **Earth's Future**, v. 6, n. 3, p. 305-310, 2018.

DO LAGO, P. C. **Iconografia paulistana do século XIX**. [S.l.]: Metalivros, 1998.

DOOGE, J. C.I. **Linear theory of hydrologic systems**. Washington: US Department of Agriculture, 1973.

DOOGE, J. C.I. Looking for hydrologic laws. **Water Resources Research**, v. 22, 1986

DOOGE, J. C.I. Hydrology in perspective. **Hydrological Sciences Journal**, v. 33, n. 1, p. 61-85, 1988a.

DOOGE, J. C.I. Hydrology past and present. **Journal of Hydraulic Research**, v. 26, n. 1, p. 5-26, 1988b.

DOOGE, J. CI. Hydrologic science and social problems. **Arbor**, v. 164, n. 646, p. 191-202, 1999.

DORAFSHAN, M. M.; ESLAMIAN, S. Modeling human dimensions to reduce the disaster risk: a socio-hydrological approach. In: ESLAMIAN, S.; ESLAMIAN, F. (Ed.). **Disaster risk reduction for resilience: disaster socio-hydrological resilience and sustainability**. Cham: Springer, 2023. p. 3-24.

EGGERT, A. L.; LÖWE, R.; ARNBJERG-NIELSEN, K. Feedbacks between city development and coastal adaptation: a systems thinking approach. **Ocean & Coastal Management**, v. 249, e107026, 2024.

ELSHAFEI, Y. et al. A prototype framework for models of socio-hydrology: identification of key feedback loops and parameterisation approach. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 18, n. 6, p. 2141-2166, 2014.

ELSHAFEI, Y. et al. A model of the socio-hydrologic dynamics in a semiarid catchment: isolating feedbacks in the coupled human-hydrology system. **Water Resources Research**, v. 51, n. 8, p. 6442-6471, 2015.

EM-DAT. **The OFDA/CRED international disaster database**. [S.l.]: Em-DAT, 2018.

ERTSEN, M. W. et al. A journey of a thousand miles begins with one small step—human agency, hydrological processes and time in socio-hydrology. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 18, n. 4, p. 1369-1382, 2014.

ESCUDERO, O. F.; ABRAHÃO, S. L. Os projetos de Joseph-Antoine Bouvard para o Vale Anhangabaú e Parque D. Pedro II. **Produção e Gestão do Espaço Urbano**, v. 3, p. 215-239, 2017.

ESLAMIAN, S.; REYHANI, M. N.; SYME, G. **Building socio-hydrological resilience: from theory to practice**. [S.l.: s.n.], 2019.

EVERS, M. et al. The pluralistic water research concept: a new human-water system research approach. **Water**, v. 9, n. 12, p. 933, 2017.

FALKENMARK, M. Water and mankind: a complex system of mutual interaction. **Ambio**, p. 3-9, 1977.

FALTER, D. et al. Spatially coherent flood risk assessment based on long-term continuous simulation with a coupled model chain. **Journal of Hydrology**, v. 524, p. 182-193, 2015.

FANTA, V.; ŠÁLEK, M.; SKLENICKA, P. How long do floods throughout the millennium remain in the collective memory? **Nature Communications**, v. 10, n. 1, p. 1105, 2019.

FERDOUS, M. R. et al. Socio-hydrological spaces in the Jamuna River floodplain in Bangladesh, Hydrol. **Earth Systems and Science**, v. 22, 5159–5173, 2018.

FRACALANZA, A. P. Produção social do espaço e degradação da água na região metropolitana de São Paulo. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 2., 2004, São Paulo. **Anais...** 2004.

FRACALANZA, A. P.; CAMPOS, V. N. O. Produção social do espaço urbano e conflitos pela água na região metropolitana de São Paulo. **São Paulo em Perspectiva**, v. 20, n. 2, p. 32-45, 2006.

FORD, A.; FORD, F. A. **Modeling the environment: an introduction to system dynamics models of environmental systems**. [S.l.]: Island press, 1999.

FORRESTER, J. W. Industrial dynamics: a major breakthrough for decision makers. **Harvard Business Review**, v. 36, n. 4, p. 37-66, 1958.

FORRESTER, J. W. **Urban dynamics**. Cambridge: [s.n.], 1969.

FORRESTER, J. W. System dynamics: a personal view of the first fifty years. **The Journal of the System Dynamics Society**, v. 23, n. 2/3, p. 345-358, 2007.

GALA, P. **História econômica da cidade de São Paulo**. [S.l.: s.n.], 2005.

GALEY, J.; LENCLUD, G. **Dictionnaire de l'ethnologie et de l'anthropologie**. Paris, France: PUF, 1991.

GOBER, P.; WHEATER, H. S. Socio-hydrology and the science-policy interface: a case study of the Saskatchewan River basin. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 18, n. 4, p. 1413-1422, 2014.

GOHARI, A. et al. Developing a system dynamic plus framework for water-land-society nexus modeling within urban socio-hydrologic systems. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 185, p. 122092, 2022.

GOUVEIA, I. C. M. C. **Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas: aplicação da abordagem da Geomorfologia Antropogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí, na Região Metropolitana de São Paulo**. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

GOUVEIA, I. C. M. A. A cidade de São Paulo e seus rios: uma história repleta de paradoxos. **Revista Franco-Brasileira de Geografia**, n. 27, 2016.

GOUVEIA, I. C. M. A.; RODRIGUES, C. Mudanças morfológicas e efeitos hidrodinâmicos do processo de urbanização na bacia hidrográfica do rio Tamanduateí-RMSP. **GEOUSP: Espaço e Tempo**, v. 21, n. 1, p. 257-283, 2017.

GRAMES, J. et al. Modeling the interaction between flooding events and economic growth. **Ecological Economics**, v. 129, p. 193-209, 2016.

GRINSPUM, G. R. **Metamorfose da várzea paulistana: energia, saneamento e urbanização**. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

GU, J. et al. Sociohydrology: an effective way to reveal the coupled evolution of human and water Systems. **Water Resources Management**, p. 1-16, 2021.

GUPTA, H. V.; NEARING, G. S. The future of hydrological sciences: a (common) path forward? using models and data to learn: a systems theoretic perspective on the future of hydrological science. **Water Resources Research**, v. 50, n. 6, p. 5351-5359, 2014.

HADDAD, E. A.; TEIXEIRA, E. **Economic impacts of natural disasters in megacities: the case of floods in São Paulo, Brazil**. São Paulo: [s.n.], 2013.

HAUGHEY, F. M. **People and water: a study of the relationship between humans and rivers in the Mesolithic and Neolithic with particular reference to that within the Thames Basin**. Thesid (PhD) - University of London, London, 2009.

HISTÓRICA: Revista Online do Arquivo Público do Estado de São Paulo, v. 10, 2014.

HOLANDA, S. B. **Raízes do Brasil**. 26.ed., São Paulo: Cia. das Letras, 1995.

HORN, F.; ELAGIB, N. A. Building socio-hydrological resilient cities against flash floods: key challenges and a practical plan for arid regions. **Journal of hydrology**, v. 564, p. 125-132, 2018.

HUDSON, P. et al. Impacts of flooding and flood preparedness on subjective well-being: a monetisation of the tangible and intangible impacts. **Journal of Happiness Studies**, v. 20, p. 665-682, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico**. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>. Acesso em: 23 mar. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **SIDRA: Sistema IBGE de recuperação automática**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 13 maio 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Geociência: malhas digitais**. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads/geociencias.htm>. Acesso em: 25 ago. 2023.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO DE SÃO PAULO (IGCSP). **Expansão da área urbanizada da região metropolitana de São Paulo de 1881 até 2002**. 2011, Disponível em: <http://www.igc.sp.gov.br/produtos/arquivos/ExpansaoDaAreaUrbanizadaDaRmspAte2002.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Fifth assessment report (AR5)**. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

INTERNATIONAL SECRETARIAT OF THE DIALOGUE ON WATER AND CLIMATE. **Dialogue on water and climate in the Netherlands**. Wageningen: [s.n.], 2002.

JEONG, H.; ADAMOWSKI, J. **A system dynamics based socio-hydrological model for agricultural wastewater reuse at the watershed scale**. *Agricultural Water Management*, v. 171, p. 89-107, 2016.

JOHNSON, C. L.; TUNSTALL, S. M.; PENNING-ROWSELL, E. C. **Floods as catalysts for policy change: historical lessons from England and Wales**. *Water resources development*, v. 21, n. 4, p. 561-575, 2005.

JORGE, J. **São Paulo das Enchentes, 1890-1940**. *Histórica*, 2011.

JORGE, J. **Rios e saúde na cidade de São Paulo, 1890-1940**. *Revista História & Perspectivas*, v. 25, n. 47, 2012.

KAHN, M. E. The death toll from natural disasters: the role of income, geography, and institutions. **Review of Economics and Statistics**, v. 87, n. 2, p. 271-284, 2005.



KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. Prospect theory: an analysis of decision under risk. In: MACLEAN, L. C.; ZIEMBA, W. T. (Ed.). **Handbook of the fundamentals of financial decision making**. [S.l.]: World Scientific, 2013.

KALLIS, G. When is it coevolution? **Ecological Economics**, v. 62, n. 1, p. 1-6, 2007.

KANDASAMY, J. K. et al. Socio-hydrologic drivers of the pendulum swing between agricultural development and environmental health: a case study from Murrumbidgee River basin, Australia. **Hydrology and Earth System Sciences**, 2014.

KATES, R. W. et al. Reconstruction of New Orleans after Hurricane Katrina: a research perspective. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 40, p. 14653-14660, 2006.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A. A.; CORSEUIL, C. W. **Recursos hídricos e saneamento**. [S.l.]: Organic Trading, 2008.

KOCK, B. E. **Agent-based models of socio-hydrological systems for exploring the institutional dynamics of water resources conflict**. Thesis (PhD) - Massachusetts Institute of Technology, 2008.

KRAUSE, F. One man's flood defense is another man's flood: relating through water flows in Gloucestershire, England. **Society & Natural Resources**, v. 29, n. 6, p. 681-695, 2016.

KUIL, L. et al. Conceptualizing socio-hydrological drought processes: the case of the Maya collapse. **Water Resources Research**, v. 52, n. 8, p. 6222-6242, 2016.

KUVASNEY, E. **A representação da cidade de São Paulo nos albores do século XX: os mapas como operadores na construção da cidade espraiada**. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2017.

KRAUSE, F. **“One Man's Flood Defense Is Another Man's Flood”**: Relating Through Water Flows in Gloucestershire, England. **Society & Natural Resources**, v. 29, n. 6, p. 681-695, 2016.

KUNDZEWICZ, Z. W.; TAKEUCHI, K. **Flood protection and management: quo vadimus?**. **Hydrological Sciences Journal**, v. 44, n. 3, p. 417-432, 1999.

KUNDZEWICZ, Z. W.; MATCZAK, P. I. Hydrological extremes and security. **Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences**, v. 366, p. 44-53, 2015.

LANE, S. N. Acting, predicting and intervening in a socio-hydrological world. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 18, n. 3, p. 927-952, 2014.

LE GOFF, J. et al. Memória e história. **Enciclopédia Einaudi**, v. 1, p. 260-293, 1984.

LÉRIAS, R. A. **O encilhamento e a cidade de São Paulo, 1890-1891**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.

LING, T. Y.; CHIANG, Y. C. Strengthening the resilience of urban retailers towards flood risks: a case study in the riverbank region of Kaohsiung City. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 27, p. 541-555, 2018.

LIU, Y. et al. Socio-hydrologic perspectives of the co-evolution of humans and water in the Tarim River basin, Western China: the Taiji–Tire model. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 18, n. 4, p. 1289-1303, 2014.

LOUCKS, D. P. Perspectives on socio-hydrology: simulating hydrologic-human interactions. **Water Resources Research**, v. 51, n. 6, p. 4789-4794, 2015.

LUDY, J.; KONDOLF, G. M. Flood risk perception in lands “protected” by 100-year levees. **Natural hazards**, v. 61, n. 2, p. 829-842, 2012.

MAASS, A. et al. **Design of water-resource systems: new techniques for relating economic objectives, engineering analysis, and government planning**. [S.l.]: Harvard University Press, 1962.

MARICATO, Ermínia. **Conhecer para resolver a cidade ilegal**. Urbanização brasileira: redescobertas, 2003.

MASOZERA, M.; BAILEY, M.; KERCHNER, C. Distribution of impacts of natural disasters across income groups: a case study of New Orleans. **Ecological Economics**, v. 63, n. 2/3, p. 299-306, 2007.

MASSUEL, S. et al. Inspiring a broader socio-hydrological negotiation approach with interdisciplinary field-based experience. **Water Resources Research**, v. 54, n. 4, p. 2510-2522, 2018.

MATOS, M. I. S. Na trama urbana: do público, do privado e do íntimo. **Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados de História**, v. 13, 1996.

MATTES, D. **O espaço das águas: as várzeas de inundação na cidade de São Paulo**. 2001. 200 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MAWE, J. **Travels in the interior of Brazil**. London: [s.n.], 1812.

MAZZOLENI, M.; BRANDIMARTE, L. Modelling flood awareness in floodplain dynamics. **Hydrological Sciences Journal**, v. 68, n. 4, p. 604-613, 2023.

MCCURLEY, K. L.; JAWITZ, J. W. Hyphenated hydrology: interdisciplinary evolution of water resource science. **Water Resources Research**, v. 53, n. 4, p. 2972-2982, 2017.

MCMILLAN, H. et al. Panta Rhei 2013–2015: global perspectives on hydrology, society and change. **Hydrological Sciences Journal**, v. 61, n. 7, p. 1174-1191, 2016.

MEADOWS DH. **Thinking in systems: a primer**. London: Earthscan, 2009.

- MELSEN, L. A.; VOS, J.; BOELEN, R. What is the role of the model in socio-hydrology? discussion of prediction in a socio-hydrological world. **Hydrological Sciences journal**, v. 63, n. 9, p. 1435-1443, 2018.
- MERZ, B.; THIEKEN, A. H. Separating natural and epistemic uncertainty in flood frequency analysis. **Journal of Hydrology**, v. 309, n. 1/4, p. 114-132, 2005.
- MICHELI, M. Diversificação econômica na capitania de São Paulo: o perfil econômico das vilas do litoral norte e sul (1798-1821). **Faces da História**, v. 5, n. 1, p. 198-224, 2018.
- MOEL, H.; AERTS, J. C.; KOOMEN, E. Development of flood exposure in the Netherlands during the 20th and 21st century. **Global Environmental Change**, v. 21, n. 2, p. 620-627, 2011.
- MOHAMAD, I.; USMAN, D. Standardization and its effects on k-means clustering algorithm. **Research Journal Applied Science Engineering Technology**, 2013.
- MONBEIG, P. O crescimento da cidade. In: SPADA, G. N. **História econômica da cidade de São Paulo**. Rio de Janeiro: Globo, 2004. p. 14.
- MONTANARI, A. et al. Panta Rhei: everything flows: change in hydrology and society: the IAHS scientific decade 2013–2022. **Hydrological Sciences Journal**, v. 58, n. 6, p. 1256-1275, 2013.
- MONTANARI, A. et al. Fifty years of water resources research: legacy and perspectives for the science of hydrology. **Water Resources Research**, v. 51, n. 9, p. 6797-6803, 2015.
- MOORE, H.E. **When flood risk transforms a territory: the Lully effect**. Austin: University of Texas, 1964.
- MORSE, R. M. **De comunidade a metrópole: biografia de São Paulo**. São Paulo: [s.n.], 1954.
- MOSTERT, E. An alternative approach for socio-hydrology: case study research. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 22, n. 1, p. 317-329, 2018.
- MOTA, C. G. São Paulo: exercício de memória. **Estudos Avançados**, v. 17, n. 48, p. 41-263, 2003.
- MOUNT, NICK J. et al. Data-driven modelling approaches for socio-hydrology: opportunities and challenges within the Panta Rhei Science Plan. **Hydrological Sciences Journal**, v. 61, n. 7, p. 1192-1208, 2016.
- NORTON, B.; COSTANZA, R.; BISHOP, R. C. The evolution of preferences: why 'sovereign' preferences may not lead to sustainable policies and what to do about it. **Ecological Economics**, v. 24, n. 2-3, p. 193-211, 1998.

ODUM, W. E. Environmental degradation and the tyranny of small decisions. **BioScience**, v. 32, n. 9, p. 728-729, 1982.

OSTROWSKY, M. S. B.; ZMITROWICZ, W. **Urbanização e controle de enchentes: o caso de São Paulo-seus conflitos e inter-relações**. [S.l.: s.n.], 1989.

PAHL-WOSTL, C. The importance of social learning in restoring the multifunctionality of rivers and floodplains. **Ecology and Society**, v. 11, n. 1, 2006.

PALMER, P. I.; SMITH, M. J. Earth systems: model human adaptation to climate change. **Nature News**, v. 512, n. 7515, p. 365, 2014.

PANDE, S.; ERTSEN, M. Endogenous change: on cooperation and water availability in two ancient societies. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 18, n. 5, p. 1745-1760, 2014.

PANDE, S.; SIVAPALAN, M. Progress in socio-hydrology: a meta-analysis of challenges and opportunities. **Water**, v. 4, n. 4, e1193, 2017.

PORTO, M. F.; PORTO, R. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

PORTO, R. M. **Hidráulica básica**. [S.l.: s.n.], 2004.

POSTEL, S. L. Foreword: sharing the benefits of water. **Hydrological Sciences Journal**, v. 56, n. 4, p. 529-530, 2011.

RAMALHO, D. Rio Tamanduateí-Nascente à Foz: percepções da paisagem e processos participativos. **Paisagem e Ambiente**, n. 24, p. 99-114, 2007.

ROCHA FILHO, G. **Vila de São Paulo: evolução do traçado urbano**. 2017. Disponível em: <http://historiadesaopaulo.com.br/vila-de-sao-paulo-evolucao-do-tracado-urbano/>. Acesso em: 04 ago. 2019.

ROCHA FILHO, G. N. **São Paulo: redirecionando sua história**. [S.l.: s.n.], 1992.

ROCHA FILHO, G. **Vila de São Paulo: evolução do traçado urbano**. 2017. Disponível em: <http://historiadesaopaulo.com.br/vila-de-sao-paulo-evolucao-do-tracado-urbano/>. Acesso em: 03 ago. 2019.

RODRIGUES, C. Atributos ambientais no ordenamento territorial urbano: o exemplo das planícies fluviais na Metrópole de São Paulo. **GEOUSP: Espaço e Tempo**, v. 19, n. 2, p. 324-347, 2015.

ROLNIK, R. **A cidade e a lei: legislação, política urbana e territórios na cidade de São Paulo**. [S.l.]: Studio Nobel, 1997.

ROOBAVANNAN, M. et al. Norms and values in sociohydrological models. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 22, n. 2, p. 1337-1349, 2018.

SAES, F. A. M. **A grande empresa de serviços públicos na economia cafeeira, 1850-1930**. São Paulo: Hucitec, 1986.

SAINT-HILAIRE, A. **Viagem à província de São Paulo: 1819**. São Paulo: EDUSP, 1976.

SAMPAIO, T. **São Paulo no tempo de Anchieta**. São Paulo: Escola Tipográfica Salesiana, 1897.

SANT'ANNA, N. **Metrópole**. São Paulo: Departamento de Cultura, 1953.

SANTOS, F. A. et al. **Domando as águas: salubridade e ocupação do espaço na cidade de São Paulo, 1875-1930**. [S.l.: s. n.], 2006.

SANTOS, F. A. **A invasão das águas ou as águas invadidas? a construção social e econômica das enchentes na cidade de São Paulo (1875-1963)**. [S.l.: s.n.], 2011.

SANTOS, F. A. et al. A enchente de 1929 na cidade de São Paulo: memória, história e novas abordagens de pesquisa. **Revista do Arquivo Geral da Cidade do Rio de Janeiro**, n. 8, p. 149-166, 2014.

SANTOS, F. A. Intervenções sobre o rio Pinheiros e a incorporação do espaço urbano nas primeiras décadas do século XX: o caso da região do Brooklin na cidade de São Paulo. **Água y Território**, n. 11, p. 44-57, 2018.

SÃO PAULO. ARQUIVO MUNICIPAL. **Câmara da Vila de São Paulo: 1562-1596**. São Paulo: Duprat e Companhia, 1914.

SÃO PAULO. ARQUIVO MUNICIPAL. **Câmara da Vila de São Paulo: 1562-1596**. São Paulo: Duprat e Companhia, 1915.

SÃO PAULO. CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projecto de lei nº 74 de 1927** que concede favores à The São Paulo Tramway, Light and Power Company Limited. São Paulo: Câmara dos Deputados, 1927.

SÃO PAULO. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Convênio DAEE/ UNESP, Secretaria de Obras e do Meio Ambiente do Estado de São Paulo**. São Paulo: DAEE, 2009.

SÃO PAULO. SECRETARIA DA AGRICULTURA, COMMERCIO E OBRAS PÚBLICAS. **Relatório: 1910-1911**. São Paulo: Typographia Brasil de Rothschild, 1912.

SATO, P. R.; BERNARDINI, S. P. A estrutura urbana de São Paulo a partir do plano urbanístico básico: o descompasso de seu percurso para a continuidade de um propósito. **Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo**, v. 16, n. 2, p. 31-49, 2018.

SCHAEFLI, B. Projecting hydropower production under future climates: a guide for decision-makers and modelers to interpret and design climate change impact assessments. **Water**, v. 2, n. 4, p. 271-289, 2015.

- SCHYMANSKI, S. J. et al. An optimality-based model of the dynamic feedbacks between natural vegetation and the water balance. **Water Resources Research**, v. 45, n. 1, 2009.
- SCOLOBIG, A.; MARCHI, B.; BORGA, M. The missing link between flood risk awareness and preparedness: findings from case studies in an Alpine Region. **Natural Hazards**, v. 63, n. 2, p. 499-520, 2012.
- SEABRA, O. C. L. **Os meandros dos rios nos meandros do poder: Tietê e Pinheiros—valorização dos rios e das várzeas na cidade de São Paulo**. São Paulo: USP, 1987.
- SEABRA, O. C. L. As enchentes em São Paulo. **AGB Informa**, São Paulo, 1996.
- SILVA, M. B. N. **História de São Paulo colonial**. [S.l.: s.n.], 2009.
- SIVAPALAN, M. Pattern, process and function: elements of a unified theory of hydrology at the catchment scale. **Encyclopedia of Hydrological Sciences**, 2006.
- SIVAPALAN, M.; SAVENIJE, H. G.; BLÖSCHL, G. Socio-hydrology: a new science of people and water. **Hydrological Processes**, v. 26, n. 8, p. 1270-1276, 2012.
- SIVAPALAN, M. et al. Socio-hydrology: use-inspired water sustainability science for the Anthropocene. **Earth's Future**, v. 2, n. 4, p. 225-230, 2014.
- SIVAPALAN, M. Perspectives on socio-hydrology: changing water systems and the tyranny of small problems. **Water Resources Research**, v. 51, n. 6, p. 4795-4805, 2015.
- SIVAPALAN, M.; BLÖSCHL, G. The growth of hydrological understanding: technologies, ideas, and societal needs shape the field. **Water Resources Research**, v. 53, n. 10, p. 8137-8146, 2017.
- SOMEKH, N. **A cidade vertical e o urbanismo modernizador: São Paulo 1920-1939**. São Paulo: Romano Guerra, 1997.
- SONG, S. et al. Improving representation of collective memory in socio-hydrological models and new insights into flood risk management. **Journal of Flood Risk Management**, v. 14, n. 1, e12679, 2021.
- SRINIVASAN, V. et al. The nature and causes of the global water crisis: syndromes from a meta-analysis of coupled human-water studies. **Water Resources Research**, v. 48, n. 10, 2012.
- SRINIVASAN, V. et al. The impact of urbanization on water vulnerability: a coupled human–environment system approach for Chennai, India. **Global Environmental Change**, v. 23, n. 1, p. 229-239, 2013.
- SRINIVASAN, V. Reimagining the past—use of counterfactual trajectories in socio-hydrological modelling: the case of Chennai, India. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 19, n. 2, p. 785-801, 2015.

STECKELBERG, T. B. Os três códigos florestais: análise da legislação florestal brasileira. **Científic@-Multidisciplinary Journal**, v. 1, n. 2, p. 131-143, 2014.

STEVENS, M. R.; SONG, Y.; BERKE, P. R. Novos desenvolvimentos urbanísticos em áreas propensas a inundações: desenvolvimento seguro ou paradoxo do desenvolvimento seguro? **Perigos Naturais**, v. 53, n. 3, p. 605-629, 2010.

SWYNGEDOUW, E. **Social power and the urbanization of water: flows of power**. Oxford: Oxford University Press, 2004.

SUNG, K. et al. Effects of flood control strategies on flood resilience under sociohydrological disturbances. **Water Resources Research**, 2018.

TABERNA, A. et al. Tracing resilience, social dynamics and behavioral change: a review of agent-based flood risk models. **Socio-Environmental Systems Modelling**, 2020.

TAUNAY, A. **História da cidade de São Paulo**. São Paulo: [S.n.], 1953.

TAUNAY, A. **São Paulo nos primeiros anos e São Paulo no século XVI**. São Paulo: Paz e Terra, 2003.

THOMPSON, S. E. et al. Developing predictive insight into changing water systems: use-inspired hydrologic science for the Anthropocene. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 17, n. 12, p. 5013-5039, 2013.

TOLEDO, R. P. **A capital da solidão: uma história de São Paulo das origens a 1900**. [S.l.]: Objetiva, 2012.

TROY, T. J.; PAVAO-ZUCKERMAN, M.; EVANS, T. P. Socio-hydrologic modeling: tradeoffs, hypothesis testing, and validation. **Water Resources Research**, v. 51, n. 6, p. 4806-4814, 2015.

TUCCI, C. E. M. **Aspectos institucionais do controle das inundações urbanas: avaliação e controle da drenagem urbana**. [S.l.: s.n.], 2001.

TUCCI, C. E. M; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: ABRH, 2003.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. **Revista de Gestión del Agua de América Latina**, v. 1, n. 1, p. 59-73, 2004.

TUCCI, C. EM. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.

TULVING, E. Ecphoric processes in episodic memory. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences**, v. 302, n. 1110, p. 361-371, 1983.

TVERSKY, A.; KAHNEMAN, D. Advances in prospect theory: cumulative representation of uncertainty. **Journal of Risk and Uncertainty**, v. 5, n. 4, p. 297-323, 1992.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNISDR). **UNISDR annual report 2016**. [S.l.]: United Nations, 2016.

VAHMANI, P.; HOGUE, T. S. High-resolution land surface modeling utilizing remote sensing parameters and the Noah UCM: a case study in the Los Angeles Basin. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 18, n. 12, p. 4791-4806, 2014.

VIGLIONE, A. et al. Insights from socio-hydrology modelling on dealing with flood risk—roles of collective memory, risk-taking attitude and trust. **Journal of Hydrology**, v. 518, p. 71-82, 2014.

VIGLIONE, A. et al. Flood risk changes emerging from the feedbacks between physical and social processes. In: EGU GENERAL ASSEMBLY CONFERENCE, 2015. **Abstracts...** 2015.

VOROGUSHYN, S. et al. Evolutionary leap in large-scale flood risk assessment needed. **Water**, v. 5, n. 2, e1266, 2018.

WACHINGER, G. et al. The risk perception paradox: implications for governance and communication of natural hazards. **Risk Analysis**, v. 33, n. 6, p. 1049-1065, 2013.

WAGENER, T. et al. The future of hydrology: an evolving science for a changing world. **Water Resources Research**, v. 46, n. 5, 2010.

WESCOAT JR, J. L. Reconstructing the duty of water: a study of emergent norms in socio-hydrology. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 17, n. 12, p. 4759-4768, 2013.

WESCOAT, J. L.; SIDDIQI, A.; MUHAMMAD, A. Socio-hydrology of channel flows in complex river basins: rivers, canals, and distributaries in Punjab, Pakistan. **Water Resources Research**, v. 54, n. 1, p. 464-479, 2018.

WESSELINK, A.; KOOY, M.; WARNER, J. Socio-hydrology and hydrosocial analysis: toward dialogues across disciplines. **Water**, v. 4, n. 2, e1196, 2017.

WESTERBERG, I. K. et al. Perceptual models of uncertainty for socio-hydrological systems: a flood risk change example. **Hydrological Sciences Journal**, v. 62, n. 11, p. 1705-1713, 2017.

WINSEMIUS, H. C. et al. Global drivers of future river flood risk. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 4, p. 381, 2016.

WHITE, G. F. **Human adjustments to floods**. [S.l.]: University of Chicago, 1945.

XU, LI et al. Reframing socio-hydrological research to include a social science perspective. **Journal of Hydrology**, 2018.



## GLOSSÁRIO

**Antropoceno:** O termo "Antropoceno" foi proposto pela primeira vez pelo cientista atmosférico Paul Crutzen e pelo ecologista Eugene Stoermer em um artigo publicado em 2000 na revista científica "Global Change Newsletter". Este termo vem sendo utilizado na sócio-hidrologia e refere-se à proposta de uma nova unidade geocronológica que reconhece o impacto significativo das atividades humanas na Terra, especialmente a partir da Revolução Industrial. O Antropoceno representa uma era em que as ações humanas têm influenciado de forma substancial os sistemas terrestres, incluindo mudanças climáticas, perda de biodiversidade e alterações nos ciclos biogeoquímicos. O conceito desafia a visão tradicional de que a Terra é predominantemente moldada por processos naturais, destacando a responsabilidade dos seres humanos na configuração do planeta e suas consequências.

**Ponto de Inflexão (traduzido do inglês *Tipping Point*):** O IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) define ponto de inflexão como um ponto crítico em um sistema climático no qual uma pequena mudança nas condições pode levar a um efeito significativo e possivelmente irreversível, representando um limiar no qual determinados impactos se tornam substancialmente mais severos ou a ocorrência de feedbacks auto-reforçadores (. Neste estudo adotamos este termo ao definir o panorama atual do sistema humano-inundação na bacia do estudo, em que os feedbacks positivos e de auto-reforço superam e dominam o sistema analisado, criando uma barreira na condição de retorno ao sistema.

**Downscaling:** Este termo se refere a perspectiva de análise e interpretação de dados que consiste em detalhar informações de uma escala maior para uma escala menor. No contexto das ciências do sistema terrestre e também da sócio-hidrologia, o termo *downscaling* é utilizado para reduzir projeções ou modelos de grande escala a níveis regionais ou locais, permitindo uma compreensão mais aprofundada dos impactos de fenômenos como mudanças climáticas ou uso da terra em escalas menores e mais detalhadas.

**Upscaling:** Processo de ampliação de informações de uma escala menor para uma escala maior. Em contextos como o da sócio-hidrologia e das ciências do sistema terrestre, o *upscaling* envolve a agregação de dados locais para compreender padrões e processos em

níveis regionais ou globais. Essa abordagem é fundamental para extrapolar resultados de estudos locais e compreender como mudanças em pequenas escalas podem impactar sistemas em escalas mais amplas, fornecendo uma visão abrangente e integrada dos fenômenos estudados.

## APÊNDICE A – DOCUMENTAÇÃO HISTORIOGRÁFICA

### A.1. Índice cartográfico

<b>Ano</b>	<b>Ficha Catalográfica</b>	<b>Referências</b>
1841	Planta da cidade de São Paulo 1841. Escala aproximada 1:5.000	BRESSER, C. A. In: Comissão do IV Centenário de cidade de São Paulo. São Paulo antigo: plantas da cidade. São Paulo: Melhoramentos, 1954
1847	Mappa da cidade de São Paulo e seus subúrbios s/d (c. 1847), escala aproximada 1:5.000	BRESSER, CA. In: Comissão do IV Centenário de cidade de São Paulo. São Paulo antigo: plantas da cidade. São Paulo: Melhoramentos, 1954.
1855	Mappa da imperial cidade de São Paulo (1855), escala aproximada 1:10.000	RATH, C. In: Comissão do IV Centenário de cidade de São Paulo. São Paulo antigo: plantas da cidade. São Paulo: Melhoramentos, 1954.
1868	Planta da cidade de São Paulo (1868). Escala aproximada 1:10.000	RATH, C. In: Comissão do IV Centenário de cidade de São Paulo. São Paulo antigo: plantas da cidade. São Paulo: Melhoramentos, 1954.
1870	Planta Ponte dos Lázarus. Original, nanquim colorido com aquarela. 43x28.	Arquivo Público do Estado de São Paulo. Doc. 61 Ordem 5160 (Obs. Ver Doc. 103, P2, Ordem 5160 - Caixa 23) Carlos Rattes. 26 de Outubro de 1870.
1877	Mapa da capital da Província de São Paulo (1877). Escala aproximada 1:3.500	ALBUQUERQUE, E; MARTIN, J. In: Comissão do IV Centenário de cidade de São Paulo. São Paulo antigo: plantas da cidade. São Paulo: Melhoramentos. 1954
1890	Planta da capital do estado de São Paulo e seus arredores (1890), escala aproximada 1:6.000	MARTIN, J. In: Comissão do IV Centenário de cidade de São Paulo. São Paulo antigo: plantas da cidade. São Paulo: Melhoramentos, 1954.
1895	Planta da cidade de São Paulo (1895). Escala 1:10.000	BONVICINI, H. (Ed.). In: Comissão do IV Centenário de cidade de São Paulo. São Paulo antigo: plantas da cidade. São Paulo: Melhoramentos, 1954
1897	Planta geral da capital de São Paulo (1897), escala aproximada 1:20.000	CARDIM, G. In: Comissão do IV Centenário de cidade de São Paulo. São Paulo antigo: plantas da cidade. São Paulo: Melhoramentos, 1954.
1901	RAE, water and sewage company, containing altitude levels and a systematic survey of streets. Theodoro Sampaio (1897) signed the map as the director of RAE (Passos & Emífilio, 2009)	(Passos & Emífilio, 2009)

<b>Ano</b>	<b>Ficha Catalográfica</b>	<b>Referências</b>
1902	Planta Secção transversal do Canal do Tamanduatehy. Secção transversal do trecho do canal do Tamanduatehy na Várzea do Carmo, cuja escavação vai ser agora iniciada dia 5. Original tela amidoada nanquim colorido com aquarela.	Arquivo Público do Estado de São Paulo. Doc. 265, Ordem 4433 - caixa 314. Assinada pelo Engenheiro José Ricardo Moreira de Barros em 2 de Maio de 1902.
1902	Perfil longitudinal do Canal do Tamanduatehy entre as estacas 140 e 195. Perfil longitudinal do trecho do canal do Tamanduatehy na Várzea do Carmo, cuja escavação vai ser agora iniciada dia 5. Original tela amidoada nanquim colorido com aquarela.	Arquivo Público do Estado de São Paulo. Doc. 265, Ordem 4433 - caixa 314. Assinada pelo Engenheiro José Ricardo Moreira de Barros em 2 de Maio de 1902.
1902	Planta do Canal do Tamanduatehy entre as estacas 140 e 195. Planta do trecho do canal do Tamanduatehy na Várzea do Carmo, cuja escavação vai ser agora iniciada dia 5.	Arquivo Público do Estado de São Paulo. Doc. 265, Ordem 4433 - caixa 314. Assinada pelo Engenheiro José Ricardo Moreira de Barros em 2 de Maio de 1902.
1905	Planta geral da cidade de São Paulo (1905), escala 1:20.000	COCOCI, A M.; COSTA, L. E. L. In: Secretaria do Estado de Economia e Planejamento/ Instituto Geográfico e Cartográfico (ICC). Disponível em: <a href="http://sempla.prefeitura.sp.gov.br">http://sempla.prefeitura.sp.gov.br</a> . Acesso 10 abr. 2019.
1911	Planta História da cidade de São Paulo. 59 x 41 cm.	Freitas, Affonso A. de. Revista do IHGSP. v. 16, 1911. Apêndice p. 474-475[S. l.: s. n.], 1911.
1914	Planta geral da cidade de São Paulo (1914). Escala 1:20.000.	COMISSÃO GEOGRÁFICA E GEOLÓGICA. In: Secretaria do Estado de Economia e Planejamento/Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC). Disponível em: <a href="http://sempla.prefeitura.sp.gov.br">http://sempla.prefeitura.sp.gov.br</a> . Acesso 19 agosto, 2019.
1930	Mappa topographico do município de São Paulo, 1930, escala 1:30.000, folha IV.	Sara Brasil S/A e Prefeitura do Município de São Paulo, 1930.
1941	Planta da imperial cidade de São Paulo (1810 reedição de 1941, com acréscimos), escala aproximada 1:10.000.	COSTA, R. J. F. In: Comissão do IV Centenário de cidade de São Paulo. São Paulo antigo: plantas da cidade. São Paulo: Melhoramentos, 1954.
1954	Planta da imperial cidade de São Paulo (1810 – reedição de 1941, com acréscimos), escala aproximada 1:10.000	COSTA, R. J. F. In: Comissão do IV Centenário de cidade de São Paulo. São Paulo antigo: plantas da cidade. São Paulo: Melhoramentos, 1954.
1957	Mapa geomorfológico esquemático do sitio urbano de São Paulo (1957). Escala aproximada 1:75.0000	AB'SÁBER, A. N. Geomorfologia do sitio urbano de São Paulo. Tese (Doutorado em Geografia Física) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. Geografia, São Paulo, v.12, boletim n. 219, 1957.
1957	Mapa geomorfológico esquemático do sitio urbano de São Paulo (1957), escala aproximada 1:75.0000	AB'SÁBER, A. N. Geomorfologia do sitio urbano de São Paulo. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. Geografia, São Paulo, v. 12, boletim n. 219, 1957.

## A.2. Disponibilidade de dados

Os dados históricos neste estudo, são públicos e estão disponíveis conforme Quadro A.1.

Quadro A.1: Disponibilidade de dados históricos.

Dados disponíveis	
Tipo	Local de pesquisa
Cartografia	1. Departamento Cartográfico do Arquivo Público de Estado de São Paulo 2. DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) 3. Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro - RJ
Cartografia digital	1. Grupo Hímaco Unifesp 2. Departamento Cartográfico do Arquivo Público de Estado de São Paulo IGC
Iconografias	1. Arquivo Histórico Municipal 2. Museu da Pessoa memórias do comercio de SP
Narrativas históricas	3. Museu Paulista da Universidade de São Paulo 4. Museu da Pessoa memórias do comercio de SP
Mídias	1. Arquivo Público de Estado de São Paulo
Relatórios técnicos	2. DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica)

Fonte: Produção do autor.

### A.3. Índice hemerográfico

#### A.3.1. Listagem dos principais periódicos consultados durante as análises.

Quadro A.2: Disponibilidade de dados históricos.

<b>PRINCIPAIS PERIÓDICOS CONSULTADOS NA PESQUISA</b>		
<b>Data</b>	<b>Registros nos principais diários da Capital</b>	<b>Fonte</b>
28/06/1854	Correio Paulistano	Correio Paulistano
06/01/1887	As chuvas na Capital	Correio Paulistano
23/03/1902	São Paulo das Enchentes	Correio Paulistano
15/02/1929	Em virtude das chuvas continuas destes últimos dias, transbordaram novamente o tiête e o Tamanduatehy	Correio Paulistano
17/02/1929	Quarteirões do Canindé. Bom Retiro e Barra Funda transformados em veneza, onde transitam livremente barcos e batelões	Correio Paulistano
20/02/1929	Os efeitos dos temporaes	Correio Paulistano
19/12/1977	São Paulo, de novo, sob o flagello das enchentes	Almanaque da Folha
31/12/1929	Os rios da capital inundada	Correio Paulistano
09/01/1962	Mortes e Inundações causadas pelo forte temporal de domingo'	O Estado de São Paulo
03/02/1962	Transbordou o Tietê, atingindo extensas áreas de São Miguel'	O Estado de São Paulo
04/02/1962	São Miguel: Novos aguaceiros impedem a regressão do Tietê'	O Estado de São Paulo
30/01/1964	Chuvas provocam novas enchentes em São Paulo'	O Estado de São Paulo
20/01/1965	Um panorama das enchentes de ontem à noite em São Paulo'	O Estado de São Paulo
12/03/1966	Chuva mata, espalha detritos e pára os transportes, a luz e o gás'	Jornal da Tarde
26/03/1968	Inundação arrasa casas no ABC'	Folha de São Paulo
20/11/1969	A chuva de volta após 3 anos... Bemvidos a Veneza'	O Estado de São Paulo
29/12/1971	Inundações, trânsito parado: foi a chuva de ontem'	Folha de São Paulo
25/01/1972	As chuvas voltaram a inundar São Paulo. Foi a maior chuva do verão paulistano'	O Estado de São Paulo
10/03/1972	Foi a maiori chuva da Zona Norte, em 22 anos'	Jornal da Tarde
27/02/1973	Chuva de ontem à tarde provocou inundações em bairros da Zona Leste e paralizou o trânsito no centro'	Jornal da Tarde
19/10/1973	Chuva provoca mortes, inundações e colisões'	O Estado de São Paulo
31/10/1973	Varios bairros principalmente na Zona Leste, tiverram o problema das enchentes'	Jornal da Tarde

continua

Quadro A.2 – Continuação.

<b>Data</b>	<b>Registros nos principais diários da Capital</b>	<b>Fonte</b>
20/11/1973	Aguaceiro do fim de semana matou 7 pessoas e deixou 154 desabrigados, castigando intensamente a região de Sto. Amaro e do Ipiranga.	O Estado de São Paulo
20/12/1973	A cidade inunda mais uma vez'	O Estado de São Paulo
29/10/1974	Chuva provoca inundação em 11 pontos da cidade'	O Estado de São Paulo
01/12/1975	Duas mortes e vários desabamentos, as chuvas estão de volta'	Jornal da Tarde
30/01/1976	Os dramas de 24 horas na cidade inundada'	O Estado de São Paulo
08/02/1976	Glicério, Parque D. Pedro, Marginal Tietê e Cambuci foram violentamente afetados pelas chuvas'	Folha de São Paulo
07/11/1978	A rotina das enchentes'	Jornal da Tarde
21/02/1980	A invasão do Tamanduateí'	Jornal da Tarde
28/02/1980	5 mil desabrigados em S. Miguel'	O Estado de São Paulo
01/04/1980	Inundações e congestionamento após a chuva da madrugada'	O Estado de São Paulo
03/12/1980	Chuvas inundam ruas e casas na cidade e 50 ficam desabrigados'	O Estado de São Paulo
23/12/1980	Zona norte sofrendo com as chuvas'	Jornal da Tarde
24/12/1980	Em São Paulo, mais um dia de inundação'	O Estado de São Paulo
20/01/1981	Enchentes: 5 mil pessoas socorridas'	Jornal da Tarde
11/02/1981	Rio transborda, os trens ficam parados'	O Estado de São Paulo
10/11/1981	Temporal alaga cidade'	O Estado de São Paulo
10/12/1981	Chuvas na cidade causam mais cheias e desabamentos'	O Estado de São Paulo
24/01/1981	A maior chuva dos últimos três meses'	O Estado de São Paulo
30/12/1982	Com a chuva, destruição e morte'	Jornal da Tarde
02/02/1983	A chuva que parou a cidade'	O Estado de São Paulo
02/02/1983	A cidade ilhada'	Jornal da Tarde
10/06/1983	Calamidade em São Paulo'	O Estado de São Paulo
28/01/1987	Mais mortes, mais desabrigados'	O Estado de São Paulo
22/12/1988	A chuva parou São Paulo'	Jornal da Tarde
25/01/1989	Chuva forte alaga São Paulo'	O Estado de São Paulo
10/02/1989	Enchente, destruição e desabrigo'	Jornal da Tarde
01/04/1989	Inundação paralisa Anhangabaú'	O Estado de São Paulo
15/01/1991	Chuva provoca inundação em São Paulo'	O Estado de São Paulo
05/02/1991	Temporal transtorna a cidade'	O Estado de São Paulo
20/03/1991	Oito horas de chuva forte arrasam São Paulo'	Folha de São Paulo
12/01/2005	Chuva alaga 4 cidades e fecha via Anchieta	Folha de São Paulo
01/03/2006	Chuva provoca desabamentos, enchente e um nó no trânsito de São Paulo	G1
13/01/2011	Tamanduateí transborda e afeta cidades do Grande ABC	IG
16/02/2011	SP tem 50 pontos de alagamento; Ipiranga entra em estado de alerta	O Progresso
22/05/2015	Córrego da Mooca e Rio Tamanduateí transbordam na capital paulista	Agência Brasil

continua

Quadro A.2 – Conclusão.

<b>Data</b>	<b>Registros nos principais diários da Capital</b>	<b>Fonte</b>
23/11/2018	Chuva na Grande SP causa enchentes, derruba muros e inunda shopping	G1
19/01/2019	Chuva forte provoca pontos de alagamento em cinco cidades	Diário do Grande ABC
13/03/2019	São Paulo e ABC têm perdas de R\$ 45 milhões no comércio por causa das enchentes	Cotidiano
13/03/2019	Temporal, inundação histórica e pânico na Vila Prudente	FOLHAVP Online
11/03/2019	comércio por causa das enchentes	G1
17/03/2019	Enchente faz parte da história de São Paulo	MSN
10/02/2020	Morador de São Paulo afetado por enchente pode pedir isenção de IPTU	UOL
12/02/2020	Bruno Covas descumpre promessa de isentar IPTU de vítimas de enchente	VEJA SÃO PAULO
19/09/2020	São Paulo vai inundar de novo e a culpa será de São Pedro	Revista Giro Engenharia
25/01/2021	Chuva deixa avenidas de São Paulo alagadas na noite desta segunda	
24/01/2022	Prefeitura de SP gasta só 58% da verba contra enchentes em 2021	Notícia R7
23/11/2022	Chuva em SP: Homem morre em Mauá após carro cair dentro do rio Tamanduateí	UOL Cotidiano
23/12/2023	Temporal coloca cidade de São Paulo em estado de atenção	O Globo
24/02/2024	Chuva forte causa alagamentos em ruas da região Metropolitana de SP	G1

Fonte: Produção do autor.



## APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO

### B.1. Questionário da Entrevista com Residentes Locais

#### Seção 1: Informações Gerais e Demográficas

1. Idade: \_\_\_\_\_
  2. Sexo: ( ) Masculino ( ) Feminino ( ) Outro/Prefiro não dizer
  3. Renda Familiar (Ref. Salário Mínimo): ( ) 1 a 2 ( ) 3 a 4 ( ) 5 a 6 ( ) 7 a 8 ( ) 9 ou mais.
  4. Você reside nesta casa? ( ) Sim ( ) Não
  5. Você presenciou esta recente grande inundação aqui na região? ( ) Sim ( ) Não
  6. Já vivenciou outros eventos de inundação na região? ( ) Sim ( ) Não
- 

#### Seção 2: Experiência Antes das Inundações e Memória Episódica sobre os eventos.

1. Você consegue se lembrar com clareza do último evento vivenciado na região? ( ) Muito baixa (1-2), ( ) Baixa (3-4), ( ) Média (5-6), ( ) Alta (7-8), ( ) Muito Alta (9-10)
  3. Quantos eventos você já vivenciou aqui nas proximidades? ( ) (1-2), ( ) (3-4), ( ) (5-6), ( ) (7-8), ( ) (9-10).
  4. Você recebeu algum tipo de alerta antes da inundação? ( ) Sim ( ) Não
  5. Você já recebeu algum tipo de treinamento (governo) para lidar com este tipo emergência? ( ) Sim ( ) Não.
  6. Você possui um plano de emergência e evacuação familiar para lidar com esse tipo de evento? ( ) Sim ( ) Não
  7. Você adotou alguma estratégia de adaptação na sua casa para enfrentamento deste tipo de evento? ( ) Sim ( ) Não.
- 

#### Seção 3: Experiências Durante as Inundações

1. Você se sentiu preparado para enfrentar as inundações? ( ) Extremamente Despreparado (1-2), ( ) Despreparado (3-4), ( ) (5-6) Pouco Preparado ( ) (7-8) Preparado ( ) Bem Preparado (9-10)
2. Você se sentiu seguro durante a inundação, considerando o seu nível de preparação e ação tomada? ( ) Seguro (1-2), ( ) Médio (3-4), ( ) Inseguro (5-6), ( ) Muito Inseguro (7-8), ( ) Extremamente Inseguro (9-10)
3. Evacuou-se do local durante alguma das inundações que vivenciou? ( ) Sim ( ) Não

#### **Seção 4: Percepções Pós-Inundações**

1. Como você classificaria os danos da inundação em sua vida pessoal?  
( ) Mínimo (1-2) ( ) Moderado (3-4) ( ) Significativo (5-6) ( ) Severo (7-8) ( ) Devastador (9-10)
  2. Quais foram os danos materiais que você sofreu devido à última inundação?  
(Marque todas as opções aplicáveis) ( ) Danos à residência ( ) Perda de propriedade pessoal ( ) Perda de veículo ( ) Interrupção do trabalho/negócio.
- 

#### **Seção 5: Respostas Individuais de Recuperação**

1. Como você avalia a sua capacidade de lidar com as consequências das inundações após os eventos?  
( ) Limitada (1-2), ( ) Regular (3-4), ( ) Boa (5-6), ( ) Muito Boa (7-8), ( ) Excelente (9-10)
- 

#### **Seção 6: Percepção de Riscos Futuros, Preparação.**

1. Após sua experiência com a última inundação, como você avalia o risco de futuros eventos de inundação em sua proximidade?  
( ) Muito baixo (1-2), ( ) Baixo (3-4), ( ) Médio (5-6), ( ) Alto (7-8), ( ) Muito Alto (9-10)
  2. Você planeja tomar alguma medida para se preparar melhor para futuras inundações? ( ) Sim ( ) Não
- 

#### **Seção 7: Percepção Ambiental e Apoio Institucional.**

1. Em uma escala de 1 a 10, quão confiante você está de que o governo tomará medidas eficazes para resolver o problema das inundações aqui na sua região? ( ) Muito Inseguro (1-2), ( ) Inseguro (3-4), ( ) Neutro (5-6), ( ) Confiante (7-8), ( ) Muito Confiante (9-10)
2. Como você avalia a importância da preservação do Rio Tamanduateí na sua região?  
( ) Pouca (1-2), ( ) Neutro (3-4), ( ) Importante (5-6), ( ) Muito Importante (7-8) ( ) Extremamente Importante (9-10)
3. Como você avalia a sua satisfação na convivência nas proximidades do Rio Tamanduateí?  
( ) Insatisfatória (1-2), ( ) Neutra (3-4), ( ) Satisfatória (5-6), ( ) Muito Satisfatória (7-8) ( ) Extremamente Satisfatória (9-10).
4. Como você avalia o risco de futuros eventos de inundação em sua proximidade?  
( ) Muito baixo (1-2), ( ) Baixo (3-4), ( ) Médio (5-6), ( ) Alto (7-8), ( ) Muito Alto (9-10)
5. Você planeja tomar alguma medida para se preparar melhor para futuras inundações? ( ) Sim ( ) Não

## B.2. Fotos da área de estudo

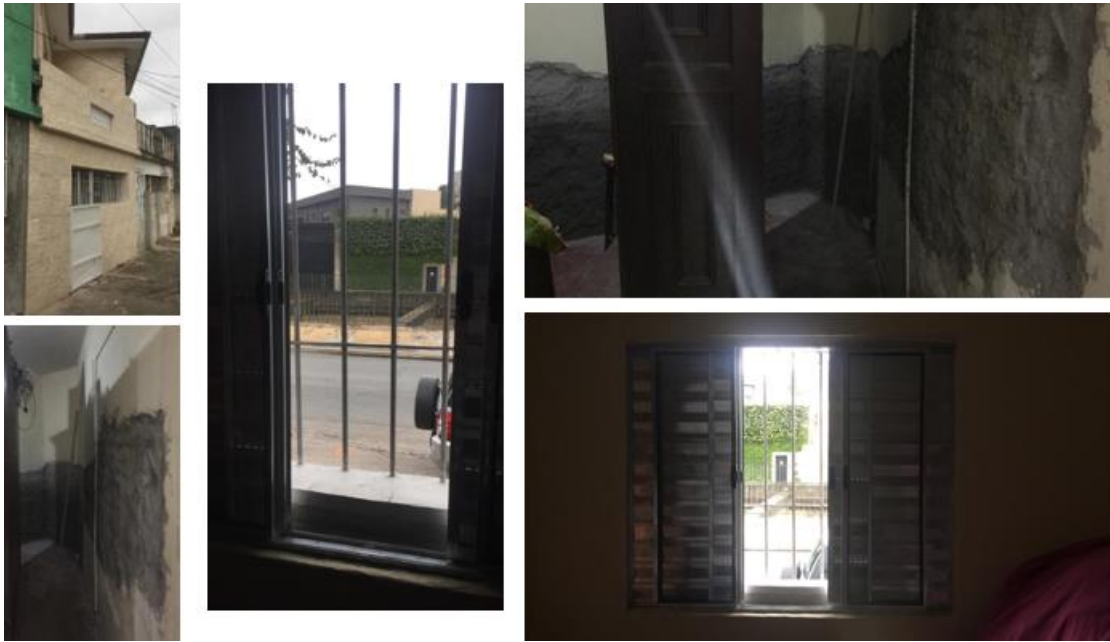
Figura B.1. Adaptações Privadas Sistemas de Comportas.



### B.2.1. Adaptações Privadas

Comportas de Proteção para Inundações, Elevações de Peitoris e Elevações de Piso, são parte das ações privadas de adaptação aos eventos de inundação. Distribuídas por toda região de análise deste estudo, estas comportas estão presentes em residências, comércios e indústrias.

Figura B.2 Adaptações Privadas – Elevação de Peitoril e Elevação do Primeiro Pavimento.



Fonte: Produção do autor.

## ANEXO A – DADOS DA COLETA

Tabela A.1: Escala Numérica Atribuída à Pesquisa Social.

ENTREVISTAS	DESCRIÇÃO	SIGLAS E.C. DE FATORES	DESCRIÇÃO DOS FATORES SOCIAIS	ESCALA DE AVALIAÇÃO
Seção 1	Informações Demográficas	ID_DEM	Idade	1-100
		SX_DEM	Sexo do entrevistado	1-3
		CLAS_REND	Classificação de Renda Mensal Familiar	
		M_EP	Memória Episódica	1-10
Seção 2	Níveis de Memória Episódica e Percepções Antes do Evento	EXP_ANT	Experiências Anteriores com inundações	1-10
		ALER	Recebimento de Alerta	0-1
		PREP_GOV	Treinamento para emergências	0-1
		ADAP_IND	Estratégia de Adaptação Individual	0-1
Seção 3	Percepções Durante a Inundação	PREP_IND_DUR	Preparo individual durante a inundação	0-1
		PLAN_EVC	Existência de Plano de Evacuação individual/familiar	0-1
		SENS_INS	Sensação de Insegurança	1-10
		EVC	Precisou evacuar-se do local	0-1
Seção 4	Percepções Pós-Inundação	AV_DANOS	Avaliação de Danos Individuais	1-10
Seção 5	Respostas Individuais e Recuperação	CAP_REC	Capacidade de Recuperação	1-10
Seção 6	Percepção de Risco Futuro e Preparação	PERC_RISC_FUT	Percepção de Risco	1-10
		PREP_IND_POS	Preparo individual Pós-inundação (Próximo Evento)	0-1
Seção 7	Percepção Ambiental e Apoio Institucional	CONF_GOV	Confiança nas Instituições para soluções	1-10
		CONS_AMB	Consciência Ambiental	1-10
		CONV_RIO	Satisfação na convivência com o Rio	1-10

Fonte: Produção do autor.

## Propostas

As idéias, análises e propostas apresentadas, debatidas e aprovadas na Comissão Especial de Inquérito constituída pela Câmara Municipal de São Paulo com a finalidade de estudar e apurar responsabilidades com relação às enchentes que ocorrem regularmente na cidade de São Paulo tiveram sempre por fundamento a visão de que o poder público deve assumir como prioritária a questão das inundações, visto ser ele inteiramente responsável pela prevenção e solução do problema, bem como pela indenização dos danos causados à população.

O entendimento do caráter prioritário da questão das enchentes decorre também da constatação, por parte da Comissão, de que toda a população da cidade de São Paulo sofre, direta ou indiretamente, as conseqüências do problema. As pessoas que vivem nas áreas mais atingidas pelas enchentes se vêem constantemente às voltas com mortes, epidemias, perda dos bens, num verdadeiro estado de insegurança generalizada. Já aquelas aparentemente livres das agruras causadas aos mais diretamente afetados pelo problema, são vítimas da situação de calamidade pública que se abate sobre a cidade todas as vezes em que se registra a ocorrência de chuvas.

A relevância do problema é inegável, sendo a erradicação das enchentes reconhecida mundialmente com a medida essencial ao saneamento das áreas urbanas. Considerando-se que o poder público deve ter por preocupação maior a melhoria constante das condições de vida e saúde da população, é inadmissível que, em virtude da pressão popular só recair mais intensamente sobre as autoridades na época das enchentes, o problema não seja encarado como prioritário.

Os trabalhos desenvolvidos pela Comissão demonstraram que a maioria das enchentes decorre do abandono a que ficaram relegados os sistemas iniciais de drenagem: guias, sarjetas, bocas de lobo, galerias, e córregos. A solução de mais de duzentos pontos de ocorrência de enchentes espalhados por toda a cidade de São Paulo não se encontra, portanto, na execução de obras vultosas e caras, que acabam por beneficiar principalmente as grandes empreiteiras e apenas em menor escala a população. Na imensa maioria dos casos, o fim

dos problemas causados pelas enchentes poderá vir a partir da realização de um trabalho

contínuo do poder público na manutenção e ampliação dos sistemas de drenagem e da aplicação imediata de medidas destinadas a controlar a ocupação do solo urbano, em especial das várzeas. Tais atividades, além de contribuir decisivamente para a eliminação das inundações, caracterizam-se pela aplicação de menores investimentos e pelo uso de mão-de-obra intensiva, podendo servir, nesse sentido, de instrumento do poder público para amenizar os crescentes níveis de desemprego a que estão submetidos os trabalhadores.

A participação da população no encaminhamento da solução das enchentes de São Paulo é outro aspecto ressaltado freqüentemente no desenrolar dos trabalhos da Comissão. Essa participação deve se dar no processo de tomada de decisões que objetivem sanar o problema e também se refletir em uma atitude continuada de pressão, controle e fiscalização sobre a execução das obras voltadas para o combate às enchentes.

Conclui-se, em resumo, que a solução do problema das enchentes deve ter como premissa básica a adoção por parte do poder público de uma política que tenha os seguintes pressupostos:

- a) o poder público é inteiramente responsável pela prevenção e solução das enchentes, bem como pela indenização dos prejuízos causados à população atingida;
- b) a questão das enchentes tem que ser assumida como prioritária pelo poder público, que deve ter por preocupação maior a melhoria constante das condições de vida e saúde da população;
- c) deve ser priorizada a realização de obras destinadas a solucionar o problema das enchentes localizadas, que são as que afetam mais diretamente e em maior grau a população;
- d) a população deve ter uma participação intensa e independente no processo de tomada de decisões destinadas a combater as enchentes e, também, exercer uma atividade constante de pressão, controle e fiscalização sobre a ação do poder público.

A concretização dessa política, que possibilitará a solução do problema das enchentes na cidade de São Paulo, deverá se traduzir pela adoção das seguintes medidas:

**1** priorização dos investimentos voltados à limpeza e manutenção das bocas de lobo e galerias, assim como ao desassoreamento e aprofundamento de córregos, canalização a céu aberto, contenção de taludes por plantio; esses trabalhos devem ser executados de forma contínua durante todas as épocas do ano e não somente após chuva ou durante a estação chuvosa; além disso, o poder público deve passar a agir a partir de um plano global e sempre de jussante para montante, sob pena de haver apenas a transferência das inundações de um ponto para outro; se executadas dessa forma, essas obras realmente diminuirão a ocorrência de enchentes, além de serem serviços que necessitam poucos investimentos e mão-de-obra intensiva;

**2** execução da forma mais simplificada e rápida das obras do rio Tamanduaté, estendendo-as até a região do ABC, de modo que sejam erradicadas enchentes crônicas que se registram regularmente nessa área da metrópole; para isso será necessário também adequar a foz do ribeirão dos Meninos, seu principal afluente;

**3** adoção de uma visão global na utilização dos recursos hídricos em geral e do rio Tietê em particular; isso implica a desativação do Sistema Light, que utiliza tais recursos para produção de energia elétrica e diluição de esgotos, em prejuízo de seus múltiplos usos, entre os quais o controle das enchentes; tal medida favorecerá a despoluição da represa Billings (antiga reivindicação popular e dos meios técnicos), a diminuição do assoreamento do rio Tietê, o aumento de sua velocidade de escoamento, além de baratear as obras de rebaixamento de sua calha;

**4** As obras propostas devem ser executadas através da substituição progressiva da contratação de empreiteiras pelo sistema de execução direta do poder público, cujos órgãos devem iniciar um processo de reaparelhamento, indispensável para que possam desenvolver no ritmo necessário as obras pelas quais são os responsáveis;

**5** organização de frentes de trabalho, aparelhadas e orientadas tecnicamente pelo poder público, para a realização de atividades com a mão-de-obra a ser contratada; essa medida, que não envolve o dispêndio de um grande volume de recursos, se tomada a curto

prazo, poderá minimizar o problema das enchentes e por outro lado, contribuir para o combate à situação de desemprego que aflige os trabalhadores;

**6** aplicação de um controle efetivo sobre a área "non aedificandi" localizada ao longo dos cursos d'água, de vinte metros, como dispõe a Lei Lehmann, controle este que deve se dar através da ocupação das várzeas por atividades compatíveis com sua função primordial de contenção de cheias: áreas verdes, campos de esporte e áreas de recreação; nas áreas já ocupadas, em especial os pontos de estrangulamento das águas e os locais cujas cotas estão abaixo do nível máximo dos cursos d'água, o poder público deverá proceder à desapropriação através de um plano onde se priorize a liberação das áreas inundáveis que afetam maior número de pessoas;

**7** promoção de mudanças na Lei de Zoneamento, com a finalidade de controle da impermeabilização do solo através da criação de taxas de permeabilização do solo dos lotes, reserva de áreas e implantação de parques e jardins;

**8** criação de mecanismos de penalização dos loteadores, cujos empreendimentos causam danos, sejam eles decorrentes de parcelamento de áreas de alta declividade que ocasionam deslizamentos, erosão e, portanto, assoreamento de córregos e galerias, ou de parcelamento de baixadas inundáveis.

**9** execução de uma política fundiária e habitacional pela qual as medidas acima propostas não acarretem uma dificuldade adicional ao acesso à moradia por parte dos menos favorecidos;

**10** Limpeza e desratização constante dos terrenos baldios e várzeas, ampliação da coleta de lixo (inclusive para as favelas), ampliação da limpeza de ruas e eliminação dos lixões; essas medidas representam a forma mais consequente e duradoura de, além de diminuir o entupimento dos córregos e galerias, combater os agentes transmissores de doenças (ratos, insetos etc.);

**11** o poder público deve assumir sua responsabilidade sobre os danos causados pelas enchentes com a criação de um "Fundo para as Enchentes", destinado a repor os prejuízos da população atingida; os recursos para esse Fundo podem vir, por exemplo, de pequena porcentagem retirada das taxas de água atualmente cobradas de toda a população; o Fundo deverá ser administrado com a efetiva participação da população atingida pelas enchentes através de representantes eleitos pelos moradores das áreas inundadas;

**12** isenção do pagamento das taxas de água e luz e do Imposto Predial e Territorial Urbano referentes às habitações atingidas pelas enchentes; a concretização dessa proposta trará como consequência a diminuição das despesas da população vitimada e implicará uma pressão mais concreta, porque econômica, para que o Governo do Estado e a Prefeitura Municipal realmente passem a enfrentar esse problema, já crônico em São Paulo.

Os trabalhos da Comissão Especial de Inquérito demonstraram que a política e as medidas propostas possibilitarão o êxito do combate ao problema das enchentes. Mas a efetiva implementação dessa política e dessas medidas só se consumará com a participação da população em todos os órgãos e instâncias responsáveis pelo planejamento e execução de soluções para as enchentes. Cabe à população apontar prioridades, tipos de serviço, locação de mão-de-obra, destinação de recursos, sem que haja interferência por parte do poder público. É fundamental que se respeite as formas que a população cria para se organizar, pois não haverá participação se lhe for negado o direito de decidir com consciência e autonomia sobre tudo que se relacione à sua vida cotidiana.

Sala das Sessões Especiais.

São Paulo, 20 de agosto de 1983.

*Cláudio Barroso Gomes — PT*

*Edson Simões — PMDB*

*Luzia Erundina — PT*

*Lauro Ferraz — PMDB*

*Nelson Guerra — PDS*

*Mário Noda — PTB*

*Albertino Nobre — PTB*

## ANEXO C – OUTROS REGISTROS HISTÓRIOGRÁFICOS

LEI N. 2.249, DE 27 DE DEZEMBRO DE 1927

Concede favores á The São Paulo Tramway, Light and Power Company Limited.

O doutor Julio Prestes de Albuquerque, Presidente do Estado de São Paulo. Faço saber que o Congresso Legislativo decretou e eu promulgo a lei seguinte :

**Artigo 1.º** - Fica o Poder Executivo autorizado a conceder á «The São Paulo Tramway, Light and Power Company Limited» nas condições que julgar mais convenientes ao interesse público, o direito de:

a) canalisar, alargar, rectificar e aprofundar os leitos dos rios Pinheiros e seus affluentes Grande e Guarapiranga á jusante das respectivas barragens, nos municípios de Santo Amaro e da Capital, drenando, saneando e beneficiando assim , os terrenos situados nas respectivas zonas inundáveis;

**Artigo 3.º** - Ficam declarados de utilidade pública os terrenos e outros bens, indispensaveis á construção de todas essas obras e de necessidade publica, as areas actualmente alagadiças, ou sujeitas a inundações, saneadas ou beneficiadas em consequência dos serviços de que trata esta lei.

**Artigo 4.º** - A «The São Paulo Tramway, Light and Power Company Limited» gozará do direito de desapropriação dos bens o terrenos a que se refere, o artigo anterior, mas para exercel-o deverá submeter á previa aprovação do Poder Executivo, as plantas das obras a executar, suas modificações posteriores, fornecendo todos os esclarecimentos que lhe forem pedidos.