



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS E ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

ÉDINA THOMÉ

**UMA AVALIAÇÃO DE PORTO ALEGRE/RS SOB A PERSPECTIVA DO SISTEMA
HOMEM-ÁGUA**

Porto Alegre

2019

ÉDINA THOMÉ

**UMA AVALIAÇÃO DE PORTO ALEGRE/RS SOB A PERSPECTIVA DO SISTEMA
HOMEM-ÁGUA**

Trabalho de conclusão
apresentado ao Curso de Engenharia
Ambiental da Universidade Federal do
Rio Grande do Sul como parte dos
requisitos para a obtenção do título de
Engenheira Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Mainardi Fan

Porto Alegre
2019

CIP - Catalogação na Publicação

Thomé, Edina
Uma avaliação de Porto Alegre/RS sob a perspectiva
do sistema Homem-ÁguaB A PERSPECTIVA DO SISTEMA
HOMEM-ÁGUA / Edina Thomé. -- 2019.
100 f.
Orientador: Fernando Mainardi Fan.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Pesquisas Hidráulicas, Curso de Engenharia
Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. socio-hidrologia. 2. planície de inundação. 3.
Porto Alegre. I. Mainardi Fan, Fernando, orient. II.
Titulo.

ÉDINA THOMÉ

**UMA AVALIAÇÃO DE PORTO ALEGRE/RS SOB A PERSPECTIVA DO SISTEMA
HOMEM-ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul defendido e aprovado em 18/12/2019 pela Comissão avaliadora constituída por:

Banca Examinadora

Msc. Franciele Maria Vanelli

Bolsista de Doutorado pelo CNPq no PPGRHSB do IPH - UFRGS

Msc. Franciele Zanandrea

Bolsista de Doutorado pelo CNPq no PPGRHSB do IPH - UFRGS

Msc. Sofia Royer Moraes

Bolsista de Doutorado pelo CNPq no PPGRHSB do IPH - UFRGS

*Dedico este trabalho aos meus pais, Maria Salete Thomé e Olavo Thomé,
e também a todos que acreditam e defendem a educação pública.*

AGRADECIMENTOS

Muito além de representar formalmente a conclusão de um curso de graduação, este trabalho marca a conclusão de um sonho sonhado junto, de uma jornada trilhada junto e de um ciclo junto do mais sincero apoio de mãe. Apoio que não encontrou limites para o “vai dar tudo certo” ser de verdade. Ter a consciência de integrar uma parcela da população brasileira que, sobretudo no contexto atual, vive o privilégio de concluir o ensino superior em uma universidade pública, transborda o coração de gratidão. Gratidão às pessoas e instituições que marcaram minha jornada e somaram na minha formação técnica e humana. A vocês, dedico aqui meus agradecimentos.

A minha família, que esteve presente durante toda jornada, mesmo a presença não sendo física e diária. Agradeço pelo apoio incondicional, educação e por me mostrarem desde muito cedo que é a gente que faz acontecer. A minha mãe, Maria Salete, meu maior exemplo de mulher forte e guerreira. Ao meu pai, Olavo, que do seu jeito, me ensina tanto sobre tantas coisas. Ao meu irmão, Éderson, que ainda que eu não demonstre, é inspiração e parte fundamental desta conquista.

As professoras e professores que cruzaram meu caminho e compartilharam muito além de conhecimento técnico ao longo desses anos. Vocês deram significado ao papel de facilitadores da aprendizagem e agentes de transformação! Agradeço de forma muito especial o Professor Fernando Fan, parceiro e orientador em várias experiências ao longo da graduação. Aspectos que foram ainda mais intensos durante o desenvolvimento deste trabalho. És exemplo de profissional, aquele que instiga a dar o nosso melhor sempre e acreditar em nós. Obrigada pela curiosidade despertada, disposição e compreensão ao longo da jornada. Com muito carinho, agradeço o Professor Dieter, pela oportunidade de conhecer tantas realidades sob a ótica do saneamento básico, por instigar meu desenvolvimento e mostrar a importância das “pequenas” ações.

Ao pilar da extensão acadêmica, que busca diminuir a barreira entre universidade e sociedade e foi responsável pelas experiências mais intensas no andar da trilha até aqui. Agradeço a Empresa Júnior Mandala, nome que envolve muitos nomes, a todos vocês muito obrigada por concretizarem essa oportunidade. Oportunidade onde conheci mais de mim e mais do todo, oportunidade que fez sentir e fez sentido. Agradeço ao SASB, em especial aos amigos que o projeto trouxe para perto. Agradeço a equipe do Projeto Rondon, vocês me ensinaram tanto sobre empatia,

sobre limites, sobre relações entre pessoas e ambiente, sobre fala e silêncio. E as mulheres da equipe, Leti, Sol, Camila e Vi, obrigada por tudo, sigo aprendendo tanto através da singularidade de cada uma, vocês são inspiração.

Aos amigos da ambiental, os amigos da universidade que levarei comigo, obrigada por compartilharem comigo esse ciclo intenso. Aos amigos da /14, em especial a Laís, Maurício, Fernando, Carla e Bruna. E as gurias da /13, Marina, Carol, Luisa, Nicole, Marina Elisa e Vitória.

A equipe DIPLA/DRH, pela oportunidade de aprender sobre gestão de recursos hídricos, por proporcionarem experiências que de fato prepararam e desafiam. Vocês são referência de dedicação e compromisso no setor público. Obrigada pelos chimarrões e sorrisos compartilhados.

As mestres que compuseram a banca examinadora desse trabalho, pelas contribuições e olhar atencioso ao mesmo. Agradeço de forma especial o Zé, pela disposição e auxílio nas minhas dúvidas que surgiram. Vocês foram fundamentais para a construção do presente trabalho.

A Família Bücken, por ser porto seguro na capital, principalmente durante os primeiros semestres da graduação. Agradeço as meninas do mundo, vidas que deram Vida Doce ao 72. Luisa, Natasja, Irene, Chloe, Laura e Franzi, compartilhamos muito além de um espaço físico, vocês foram família, cuidado e apoio. Obrigada por tanto!

“Não há nada permanente, exceto a mudança”.
Heráclito

RESUMO

As planícies de inundação são áreas de interesse ao ser humano desde o surgimento das primeiras civilizações, época onde a proximidade com um curso hídrico era sinônimo de sobrevivência e desenvolvimento. Com o passar do tempo, esta ligação foi sendo alterada e associada a outras finalidades, ao passo que atualmente, diversos aglomerados urbanos estão localizados às margens de cursos hídricos. E a capital do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, é tida como exemplo, uma vez que parte do território é margeado pelo Lago Guaíba, importante curso hídrico no contexto histórico e atual da cidade. Sendo assim, a socio-hidrologia - ciência cujo foco é a compreensão das interações entre o meio físico e antrópico com base em um sistema único, bidirecional – permite uma avaliação das planícies de inundação sob uma abordagem que considera a influência de aspectos sociais no comportamento de cursos hídricos, bem como a influência das inundações na urbanização das respectivas regiões. Neste trabalho, as interações verificadas em uma planície de inundação são expressas por um modelo teórico, o qual parte da ocupação da planície, seguindo pelo registro de respostas distintas após um evento de inundação significativa, tendo em vista perdas tangíveis e não tangíveis. Entre as respostas está a instalação de medidas estruturais, características de “sociedades tecnológicas”, as quais buscam a não ocorrência de eventos de inundação. Enquanto a adoção de políticas de convívio com inundações caracteriza “sociedades verdes”. Porto Alegre segue as etapas descritas pelo modelo teórico e registra um mecanismo de interação específico da área de estudo, sendo este, um avanço territorial em direção ao Guaíba por meio de obras de aterramento, resultando uma área aterrada de 5,6 km². A partir do contexto histórico de Porto Alegre e atuais questionamentos sobre a necessidade e eficiência das medidas estruturais instaladas são identificadas possíveis projeções que caracterizadas por sociedades tecnológicas e verdes ou pela combinação de ambas.

Palavras-chave: socio-hidrologia, planície de inundação, Porto Alegre

ABSTRACT

Flood plains have been areas of interest for human beings since the first civilizations, a time where proximity to a watercourse was synonymous to survival and development. With the passing of time, this significance was being altered and associated with other purposes: nowadays, various urban clusters are located at the margins of watercourses. Porto Alegre, the capital city of the state Rio Grande do Sul, is serving as an example for this, as part of it is bordered by the Guaíba River, an important, historical and present, watercourses of the city. This being said, sociohydrology –a science whose focus is the understanding of the interactions between natural environment and anthropic environment, with its base in a unique bidirectional system – allows an assessment of flood plains from two perspectives. The first perspective considers the influence of social aspects in the behaviour of water courses, and the second perspective gives thought to the influence flood plains have on the urbanization of the respective regions. This work illustrates these, in form of flood plains, observed interactions in a theoretic model. Starting with the construction and installation of the plain, followed by the records of various reactions after a significant flooding event, while keeping in mind tangible and intangible losses. One of these possible reactions is the installation of structural measures to avoid flooding incidents. This measure characterizes “technological societies”. Whereas “green societies” implement strategies to coexist with the occurring flooding events. Porto Alegre follows the steps described in the theoretical model and registers a mechanism of specific interaction in the area of research. In the form of a territorial advance in the direction of the Guaíba River, through grounding works, resulting in 5,6 km² grounded area. Considering the historical context of Porto Alegre, and the recent questioning of the necessity and efficiency of these installed structural measures, possible projections, which characterize technological and green societies or a combination of both, are identified.

Keyword: floodplain, sociohydrology, Porto Alegre

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Representação do leito menor, maior e planície de inundação de um curso hídrico.....	22
Figura 3.2 – Evolução do número de inundações e pessoas atingidas por estes eventos no período de 1960 a 2018.....	24
Figura 3.3 – Impactos decorrentes de desastres relacionados a água em comparação com outros desastres e conflitos	25
Figura 3.4 – Representação do impacto associado a construção de um dique	29
Figura 3.5 – Esquema simplificado da interação homem e ciclo hidrológico. .	33
Figura 3.6 – Ciências relacionadas a ocorrência de desastres.....	35
Figura 3.7 – Representação das interações associadas a um sistema homem-água em planícies de inundação.....	36
Figura 3.8 – Desastres de inundação e possíveis trajetórias de recuperação. A imagem ilustra o desenvolvimento teórico ao longo do tempo (Linha Pontilhada) e possíveis trajetórias a serem verificadas após um evento de inundação (linha sólida). A) representa a linha teórica de desenvolvimento de uma planície, sem influência do evento. B) Ocorrência de um evento extremo provoca afastamento significativo da população na planície de inundação, resultando um desenvolvimento decrescente. C) Evento de inundação retarda o desenvolvimento, mas com o passar do tempo segue a projeção e D) Ocorrência do evento está associada a um decaimento instantâneo no desenvolvimento e segue com um avanço que supera a projeção.....	38
Figura 3.9 – Representação de um curso hídrico e sua planície de inundação natural (A), e um curso hídrico associado a instalação de diques na sua margem (B)	39
Figura 3.10 – Representação da abordagem de uma planície de inundação através de modelos tradicionais de hidrologia e de uma nova proposta, tendo em vista a socio-hidrologia.	41
Figura 3.11 – Dinâmicas associadas a planícies de inundação tendo em vista as respostas a um evento de inundação em uma sociedade sem a implantação de um dique e com a presença do mesmo. Cenário observado em sociedades verdes: A) Níveis de água máximos, B) Altura do dique, C) Memória da inundação e D) Perdas associadas ao evento. Cenário observado em sociedades tecnológicas: E) Níveis de	

água máximos com destaque ao aumento decorrente da implantação do dique, F) Altura dos diques, G) Memória da inundação e H) Perdas associadas ao evento....	45
Figura 4.1 – Localização da área de estudo	46
Figura 4.2 – Representação da divisão dos quatro municípios que deram origem ao Rio Grande do Sul.....	48
Figura 4.3 – Bacia hidrográfica do Lago Guaíba	49
Figura 4.4 – Mapa de Porto Alegre no ano de 1840. As linhas finas representam as alterações consideradas a partir dessa data. Em vermelho está destacada a atual Rua Duque de Caxias.	51
Figura 4.5 – Construção do Cais do Porto na Orla Norte em 1918.	52
Figura 4.6 – Obra dos aterros registrados na Orla Sul em 1959.	52
Figura 4.7 – Proposta de retificação do Rio Gravataí em direção ao oceano.	55
Figura 4.8 – Alternativa visava a implantação de um muro nas ilhas com ligação às margens do Guaíba.....	55
Figura 4.9 – Espacialização do Sistema de Proteção contra inundações implantado em Porto Alegre.....	56
Figura 4.10 – Muro da Mauá.....	57
Figura 4.11 – Casa de Bombas instalada na Av. Siqueira Campos esquina com Rua Bento Martins.....	57
Figura 4.12 – Galpões e guindastes localizados na área entre o Muro da Mauá e o Lago Guaíba.....	57
Figura 4.13 – Galpões do Cais Mauá	57
Figura 4.14 – Trecho da orla do Guaíba localizada próximo a Usina do Gasômetro.....	58
Figura 4.15 – Empreendimento localizado na orla do Guaíba	58
Figura 5.1 – Representação das etapas que compõe o presente estudo.....	60
Figura 5.2 – Planta de Porto Alegre representando os limites territoriais verificados em 1888	61
Figura 5.3 – Mapa de Porto Alegre datado de 1937, este possui uma delimitação das áreas inundadas em 1941, bem como alguns registros de cota.....	61
Figura 5.4 – Área central de Porto Alegre que possui um registro fotográfico evidenciando o avanço das águas do Lago Guaíba em 1941.....	62
Figura 5.5 – Trecho do Muro da Mauá próximo a Usina do Gasômetro onde a altura é inferior a 3 m (altura registrada ao longo de grande parte do Muro)	62

Figura 5.6 – Trecho da orla do Guaíba próximo a Usina do Gasômetro.	63
Figura 5.7 – Alerta sobre as condições qualitativas das águas do Guaíba próximo a Usina do Gasômetro.....	63
Figura 6.1 – Representação de um modelo teórico de interação homem-água em planícies de inundação.....	68
Figura 6.2 – Porto em atividade durante o século XX.....	70
Figura 6.3 – Lavadeiras no Lago Guaíba (1910)	70
Figura 6.4 – Rua Sete de Setembro inundada em maio de 1941	71
Figura 6.5 – Praça da Alfandega, Memorial do RS e Museu da Arte do RS (MARGS) durante a inundação de 1941	71
Figura 6.6 – Tentativas de minimizar as perdas com uso barcos.	72
Figura 6.7 – Ambulância abandonada em frente ao Mercado Livre (atual Mercado Público)	72
Figura 6.8 – Marco da Enchente de Maio na estrutura do Mercado Público, respectivo ao nível atingido em 08/05/1941.	72
Figura 6.9 – Registro atual do Mercado Público, uma das estruturas inundadas em 1941	72
Figura 6.10 – Mobilização com uso de barco na proximidades do atual Mercado Público	73
Figura 6.11 – Retrato atual da Figura 6.8	73
Figura 6.12 – Praça da Alfândega inundada, ao fundo identifica-se o Clube do Comércio.....	73
Figura 6.13– Retrato atual da Figura 6.10	73
Figura 6.14 – Águas também atingem a Usina do Gasômetro, deixando a cidade sem energia elétrica.....	74
Figura 6.15 –Registro dos funcionários da Companhia de Energia Elétrica na área interna da Usina do Gasômetro em maio de 1941.....	74
Figura 6.16 – Ilustração que representa a extensão do Muro da Mauá e evidencia alguns trechos. A) Vista do Muro a partir da margem do Guaíba, atrás da Estação do Trensurb. B) Trecho intermediário do Muro. C) Trecho do Muro com altura inferior a 3m, próximo a uma das extremidades do dique. D) Uma das estruturas de ferro encontradas ao longo do Muros, as quais constitui comportas do sistema. E) Extremidade do Muro adjacente a Usina do Gasômetro.....	75

Figura 6.17 – Mapeamento da infraestruturas públicas instaladas em áreas de aterro.....	77
Figura 6.18 – Vista do Viaduto da Borges com o Lago Guaíba ao fundo	79
Figura 6.19 – Vista do Viaduto da Borges evidenciando a densa urbanização atual.	79
Figura 6.20 – Anúncios de noticiários que retratam a polêmica associada ao Muro da Mauá.	80
Figura 6.21 – Projeto proposto para revitalização do Cais Mauá, incluindo a restauração dos Armazéns e a construção de prédios.	81
Figura 6.22 – Armazéns integrantes do Setor B que são citados na Licença de Instalação do empreendimento “Projeto de Revitalização do Cais Mauá”	81
Figura 6.23 – Trecho da orla do Guaíba revitalizada próximo a Usina do Gasômetro.....	81
Figura 6.24 – Projeto de revitalização da orla que compreende o trecho entre a foz do Arroio Dilúvio, na Av. Ipiranga, até o Parque Gigante, na Av. Beira-Rio.	81
Figura 6.25 - Representação de um modelo teórico de interação homem-água associado a Porto Alegre - RS	82
Figura 6.26 – Área resultante de obras de aterramento, tendo como referência o território de Porto Alegre em 1840.	83
Figura 6.27 - Áreas de Aterro	84
Figura 6.28 – Mapeamento das áreas inundadas na condição de inexistência do sistema de proteção contra inundações e as áreas aterradas	85
Figura 6.29 – Representação das possíveis projeções associadas	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Detalhamento das principais medidas de controle de inundação não-estruturais	31
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Variáveis consideradas na modelagem socio-hidrológica	42
Tabela 3.2 – Parâmetros considerados na modelagem socio-hidrológica	42
Tabela 4.1 – Eventos de Inundação registrados em Porto Alegre	53
Tabela 6.1 – Identificação das infraestruturas mapeadas na Figura 6.13	78
Tabela 6.2 – Registros das licenças ambientais emitidas para o empreendimento <i>Projeto de Revitalização do Cais Mauá</i>	80
Tabela 6.3 – Área dos bairros influenciados pelas obras de aterramento e o respectivo percentual decorrente de tal influência.....	84
Tabela 6.4 – Percentuais das áreas de aterro, segregadas por bairro, que seriam atualmente inundadas na ocorrência de eventos semelhantes aos registrados em 1941, 1967 e 2015 em uma situação de inexistência do sistema de proteção contra inundações.....	86

LISTA DE SIGLAS

CHM: Centro de Hidrografia da Marinha

CPRM: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CRED: Centro para Pesquisa sobre Epidemiologia de Desastres

DEP: Departamento de Esgotos Pluviais

DMAE: Departamento Municipal de Água e Esgoto

DNOS: Departamento Nacional de Obras e Saneamento

IAHS: International Association of Hydrological Sciences

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPH: Instituto de Pesquisas Hidráulicas

MGB: Modelo Grandes Bacias

ONU: Organização das Nações Unidas

PMPA: Prefeitura Municipal de Porto Alegre

PNPDEC: Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

RS: Rio Grande do Sul

SEMA: Secretaria Estadual do Meio Ambiente

SIG: Sistema de Informação Geográfica

SMSUrb: Secretaria Municipal de Serviços Urbanos

TR: Tempo de Retorno

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UNESCO: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVO	21
2.1. Objetivo Geral	21
2.2. Questões Norteadoras	21
3. REFERENCIAL TEÓRICO	22
3.1. Planície de Inundação	22
3.2. Medidas de Controle e Gestão de Inundações	26
<u> 3.2.1. Medidas Estruturais</u>	27
<u> 3.2.2. Medidas Não-Estruturais</u>	29
3.3. Planícies de Inundação sob a perspectiva da interação Homem-Água	32
<u> 3.3.1. Socio-Hidrologia</u>	32
<u> 3.3.2. Socio-Hidrologia e Desastres Naturais</u>	34
<u> 3.3.3. Inundações sob a perspectiva da sócio-hidrologia</u>	35
<u> 3.3.3.1. Efeito de Dique e Efeito de Adaptação</u>	39
<u> 3.3.3.2. Modelagem Socio-Hidrológica</u>	41
4. ÁREA DE ESTUDO	46
4.1. Fundação de Porto Alegre e o contexto histórico no período	46
4.2. O avanço sobre o Guaíba ou do Guaíba?	49
4.3. Sistema de proteção contra inundações	54
4.4. Estudos desenvolvidos na área em análise	58
5. METODOLOGIA	60
5.1. Modelo Teórico: Sistema homem-água	60
5.2. Dados da Área de Estudo	61
5.3. Enquadramento da Área de Estudo	61
<u> 5.3.1. Levantamento de Dados</u>	62
<u> 5.3.2. Dados em Campo</u>	62
<u> 5.3.3. Dados espaciais</u>	63

5.4. Projeções.....	64
5.5. Enquadramento da Área de Estudo no Modelo Teórico	65
5.6. Modelo Teórico: Sistema Homem-Água em Planícies de Inundação	65
<u>5.6.1.</u> Ocupação da Planície de Inundação e a Freguesia de São Francisco do Porto dos Casais	69
<u>5.6.2.</u> ...Grande Evento de Inundação e a Enchente de 41	70
<u>5.6.3.</u> Perdas Tangíveis e Intangíveis	71
<u>5.6.4.</u> Medidas de Proteção contra Inundações e o Muro da Mauá	75
<u>5.6.5.</u> Aumento na Ocupação da Planície e Instalação de Importantes Infraestruturas Públicas.....	76
<u>5.6.6.</u> Situação Atual	79
5.7. Projeções Possíveis.....	86
6. CONCLUSÕES.....	89
7. DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	91
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

1. INTRODUÇÃO

A data do surgimento das primeiras civilizações, é revelada a importância da água para as condições de vida do ser humano. Registros dão conta que o estabelecimento das primeiras comunidades ocorreu em regiões onde havia água em abundância – às margens de rios e lagos. Sendo assim, por meio da ocorrência de eventos naturais associados ao desenvolvimento de sistemas de irrigação, as civilizações instaladas no vale dos Rios Tigre e Eufrates, do Rio Nilo ou ainda do Rio Indo se desenvolveram e prosperaram (BRUNI, 1993). Entretanto, ainda que atualmente a dependência do meio antrópico com a proximidade de corpos hídricos não esteja estabelecida de forma direta, o relatório divulgado pelo Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas (2012) evidencia que nove dos dez maiores aglomerados urbanos do mundo estão localizados em áreas próximas a deltas ou em planícies de inundação.

Todavia, conforme destaca Tucci (2004), precipitações intensas podem resultar no extravasamento do leito de escoamento natural, dado que o excesso do volume ocupa as planícies localizadas às margens dos cursos hídricos, inundando-as de acordo com a topografia das áreas. Dentre os desastres relacionados com a água, as inundações são responsáveis por significantes prejuízos econômicos e constituem o tipo de desastre que mais afeta as pessoas (UNESCO, 2019).

A prevenção e mitigação dos impactos negativos associados a eventos de inundação, de acordo com Tingsanchali (2012), inclui medidas de controle estruturais e não estruturais. Tendo em vista a diminuição da ocorrência desses eventos ou dos danos causados por eles, as medidas estruturais atuam na modificação do sistema fluvial e buscam evitar os prejuízos decorrentes de inundações (TUCCI *et al.*, 2003). Neste contexto, Di Baldassarre (2015) sugere uma abordagem na qual a interação bidirecional entre atividades humanas e o ciclo hidrológico seja considerada, como por exemplo, o efeito da instalação de diques no risco associado à inundação.

Assim, as planícies de inundação constituem-se em sistemas onde ocorrem processos socio-hidrológicos. Muitas sociedades instaladas em áreas de várzea são significativamente moldadas pela ocorrência de inundações, ao passo que a frequência das inundações também registra influência sobre o desenvolvimento desses aglomerados populacionais. Dentre as dinâmicas de interação identificadas, está o “efeito de dique” e “efeito de adaptação”, os quais constituem respostas

distintas para ocorrência de um evento de inundação, alterando o risco associado ao evento e a distribuição dele na sociedade (DI BALDASSARRE, 2015).

Buscando ainda avanços no desenvolvimento da compreensão entre a dinâmica social e processos hidrológicos, a Associação Internacional de Ciências Hidrológicas (International Association of Hydrological Sciences - IAHS), definiu a Década Científica 2013 – 2022 “Panta Rhei – Everything Flows” (MONTANARI et al., 2013). Contudo, no Brasil as pesquisas que abordam a socio-hidrologia ainda são incipientes, ressaltando a importância de se efetivar um processo interativo relacionando desenvolvimento de teoria e pesquisa empírica (VANELLI; KOBIYAMA, 2019 e DI BALDASSARRE, 2015).

Localizada às margens do Lago Guaíba, a cidade de Porto Alegre, no Estado do Rio Grande do Sul, registra diferentes interações com o respectivo curso hídrico, incluindo seu processo de desenvolvimento até os dias atuais. Ainda nos séculos XVIII e XIX, um dos usos preponderantes do Guaíba relacionava-se a navegação, dado que permitia a ligação com outras regiões do estado. Esta relação também é evidenciada pelo nome da cidade, uma vez que a fundação da capital gaúcha está associada a chegada de casais açorianos ao Porto em funcionamento na época.

Dessa forma, tendo em vista estudos já desenvolvidos sob a abordagem de um sistema homem-água e a proposição da Década Científica, é verificada a possibilidade de avaliar Porto Alegre sob uma ótica que integra os meios físico e antrópico em um sistema único. O que pode resultar em uma melhor compreensão da cidade e identificar possíveis interações a serem verificadas a longo prazo.

Sendo assim, o presente trabalho busca conceituar um modelo teórico de interação homem-água e identificar marcos significantes no contexto histórico de Porto Alegre tendo em vista o enquadramento destes no modelo. Conforme Moreira (1992), o conhecimento de qualquer alteração provocada por uma ação humana no meio ambiente ou em um de seus componentes é de extrema importância para o preavalecimento da qualidade de vida e do ordenamento da ocupação urbana. Portanto, também se buscou a identificação de possíveis desdobramentos da situação atual na área de estudo, as quais estejam alinhados com o modelo conceituado.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

O presente estudo visa avaliar o enquadramento do contexto do município de Porto Alegre em um modelo teórico de interação homem-água, bem como os desdobramentos que podem ser identificados a partir desta perspectiva.

2.2. Questões Norteadoras

Visando especificar o estudo, o mesmo vai ao encontro das respostas às seguintes questões:

- Como é um modelo teórico de interação homem-água em planícies de inundação?
- Como o contexto da cidade de Porto Alegre se enquadra no modelo teórico?
- Quais são os possíveis desdobramentos a longo prazo verificados para a área em estudo alinhados com o modelo teórico?

3. REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir são apresentados tópicos que subsidiaram a elaboração do trabalho. Silva e Menezes (2005) destacam esta como uma etapa muito importante para o estudo, uma vez que se refere a fundamentação teórica adotada para abordar o tema que será desenvolvido ao longo do trabalho. Sendo assim, o presente referencial busca contextualizar as planícies de inundação incluindo os eventos de inundação associados a estas regiões, seguindo com as respostas resultantes de intervenções humanas, as quais, de forma geral, visam minimizar os prejuízos decorrentes de desastres naturais. E por fim, evidencia-se a abordagem das planícies de inundação sob a perspectiva da socio-hidrologia.

3.1. Planície de Inundação

A significância dos recursos hídricos à existência humana é evidente desde as primeiras civilizações, as quais buscaram fixar-se às margens de cursos d'água para facilitar o acesso e conseqüente uso deste recurso (VIS *et al.*, 2003). Estas áreas, conhecidas como planícies de inundação ou regiões de várzea, são desenvolvidas sobre a calha de um vale preenchido por terrenos aluvionares. Em épocas de cheia, o rio extravasa o canal fluvial e inunda a região (WINGE, 2016). A Figura 3.1 ilustra, respectivamente, o leito menor de um curso hídrico em sua situação normal, o leito maior onde observa-se uma elevação temporária do nível de água e a planície de inundação, em uma situação de extravasamento de água para as áreas marginais.

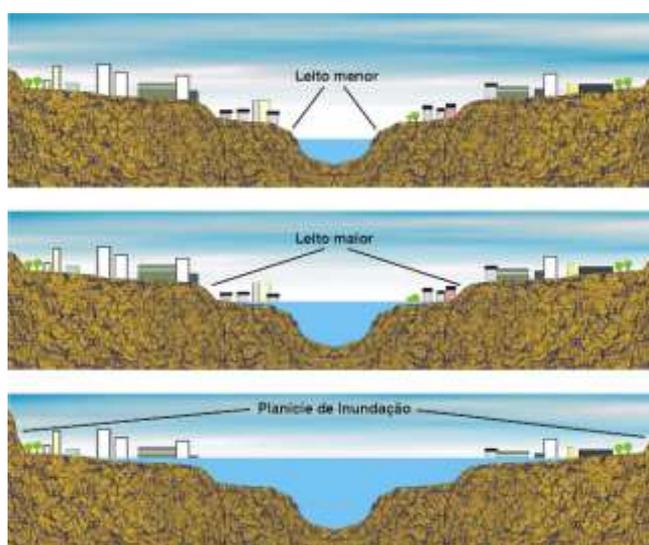


Figura 3.1 – Representação do leito menor, maior e planície de inundação de um curso hídrico.
Fonte: Serviço Geológico do Brasil – CPRM/WINGE (2016).

Huggett (2007) e Charlton (2008) evidenciam que a morfologia das planícies de inundação está relacionada com o desenvolvimento do canal principal que lhes deu origem e com processos de erosão e deposição ocorridos na sua gênese. Dentro do sistema fluvial, a planície está localizada na zona de deposição dos sedimentos transportados pelos rios, onde a declividade do terreno e a velocidade do fluxo diminuem. Sobretudo quando não desfloresta ou urbanizada, a planície de inundação desempenha um importante papel ambiental, uma vez que a característica configuração da sua superfície permite a dissipação das forças erosivas do escoamento superficial e, portanto, a distribuição dos sedimentos transportados, estabelecendo dessa forma condições favoráveis ao desenvolvimento de ecossistemas terrestres e aquáticos (CHARLTON, 2008; GUPTA e AHMAD, 1999).

A facilidade de acesso à água, bem como a topografia plana pertinentes as planícies de inundação, constituem condições favoráveis ao desenvolvimento agrícola, comercial e crescimento econômico dessas regiões (DI BALDASSARRE *et al.*, 2010). Estes aspectos também contribuíram para um intenso processo de urbanização. Segundo relatório divulgado pelo Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas (2012), mesmo não havendo dependência direta com a proximidade de um manancial superficial nos dias atuais, nove dos dez maiores aglomerados urbanos do mundo estão localizados em áreas próximas a deltas ou em planícies de inundação, localizados sobretudo no hemisfério sul. Ao passo que a projeção de 68% da população mundial ocupar áreas urbanas até 2050 (ONU, 2018), corrobora ainda mais para o crescimento dos respectivos aglomerados.

As inundações, segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), compõem o grupo dos desastres naturais hidrológicos e consistem na submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente, ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.

Em condições naturais, as planícies de inundação apresentam lento escoamento das águas da chuva. Contudo, tendo em vista o intenso processo de ocupação antrópica dessas áreas observado nas últimas décadas, verifica-se a intensificação de eventos de inundação (Figura 3.2), uma vez que ambos estão associados pela desordenada urbanização verificada nestas áreas (GOERL e KOBAYAMA, 2005). Por sua vez, o Banco de Dados Internacional de Desastres (EM-DAT) do Centro para Pesquisa sobre Epidemiologia de Desastres (CRED) também

registra o número de pessoas afetadas por inundações entre os anos de 1960 e 2018, e como pode ser observado na figura a seguir, não há evidência de um comportamento linear no período. Podendo, esta variabilidade também refletir a atenção dada para a gestão e prevenção de desastres naturais. Dentre os desastres naturais, os eventos de inundação estão entre aqueles que mais afetam a população humana.

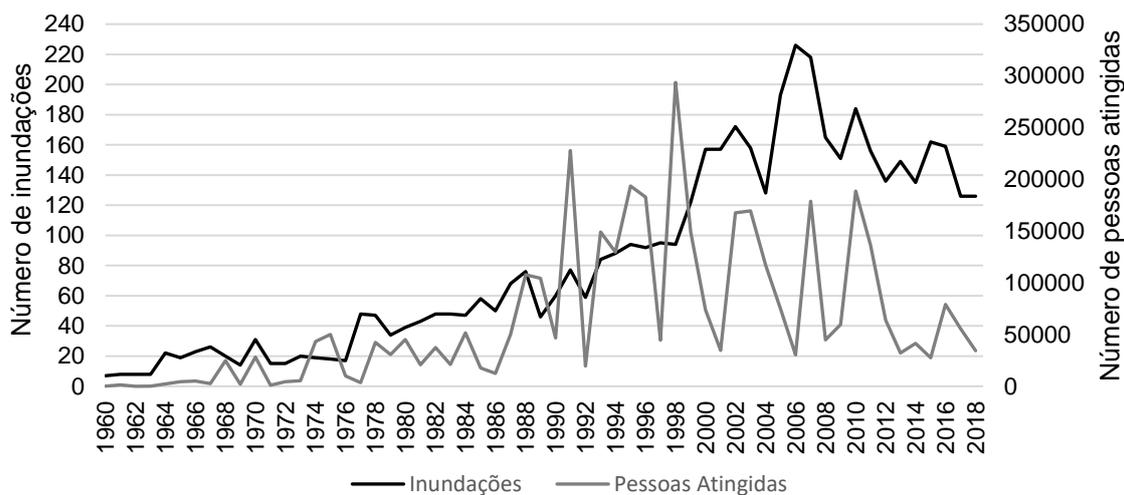


Figura 3.2 – Evolução do número de inundações e pessoas atingidas por estes eventos no período de 1960 a 2018.

Fonte: EM-DAT: The Emergency Events Database

O Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2013), através da quantificação de eventos de inundação registrados em território nacional no período de 1991 a 2012, revela que os municípios mais atingidos estão situados na região sudeste do país, a qual detém 34% do total de eventos. Por sua vez, esta região também é considerada a mais densa demograficamente, com 86,92 hab/km² segundo o Censo Demográfico do IBGE (2011). Já no Rio Grande do Sul, cerca de 42% dos municípios foram atingidos por inundações ao menos uma vez durante o período analisado.

Embora, primeiramente, a ocupação das planícies de inundação estivesse associada a efeitos positivos, tais quais a fertilidade e produtividade do solo decorrentes de eventos de inundação, também se destaca os impactos negativos destes eventos. Cançado (2009) evidencia que os danos causados por inundações se classificam em tangíveis e intangíveis. Os danos tangíveis são aqueles passíveis de mensuração em termos monetários, normalmente estimados por meio dos preços de mercado. As perdas intangíveis, ao contrário, relacionam-se a bens de difícil quantificação ou quando esta, por questões éticas ou ideológicas, é considerada

indesejável ou inapropriada. Tachini (2009) ainda descreve que se os danos puderem ser quantificados e se forem atribuídos valores monetários, os mesmos podem ser caracterizados como prejuízos, ou seja, prejuízos expressam monetariamente os danos. Estes, por sua vez, podem ser classificados em econômicos e sociais (CASTRO, 1999).

O Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento em Recursos Hídricos (2019) evidencia o impacto anual médio dos serviços inadequados de água potável e saneamento, desastres relacionados à água, epidemias, terremotos e conflitos, considerando pessoas afetadas, pessoas mortas e prejuízos econômicos, conforme apresentado na Figura 3.3. É possível verificar, portanto, que as inundações constituem o tipo de desastre que mais afeta pessoas, sendo afetadas aquelas pessoas que requerem assistência imediata durante um período de emergência, o que pode incluir pessoas deslocadas ou evacuadas. Ainda, quando observados os prejuízos médios anuais associados a eventos de inundação, estes chegam a US\$ 31,4 bilhões.

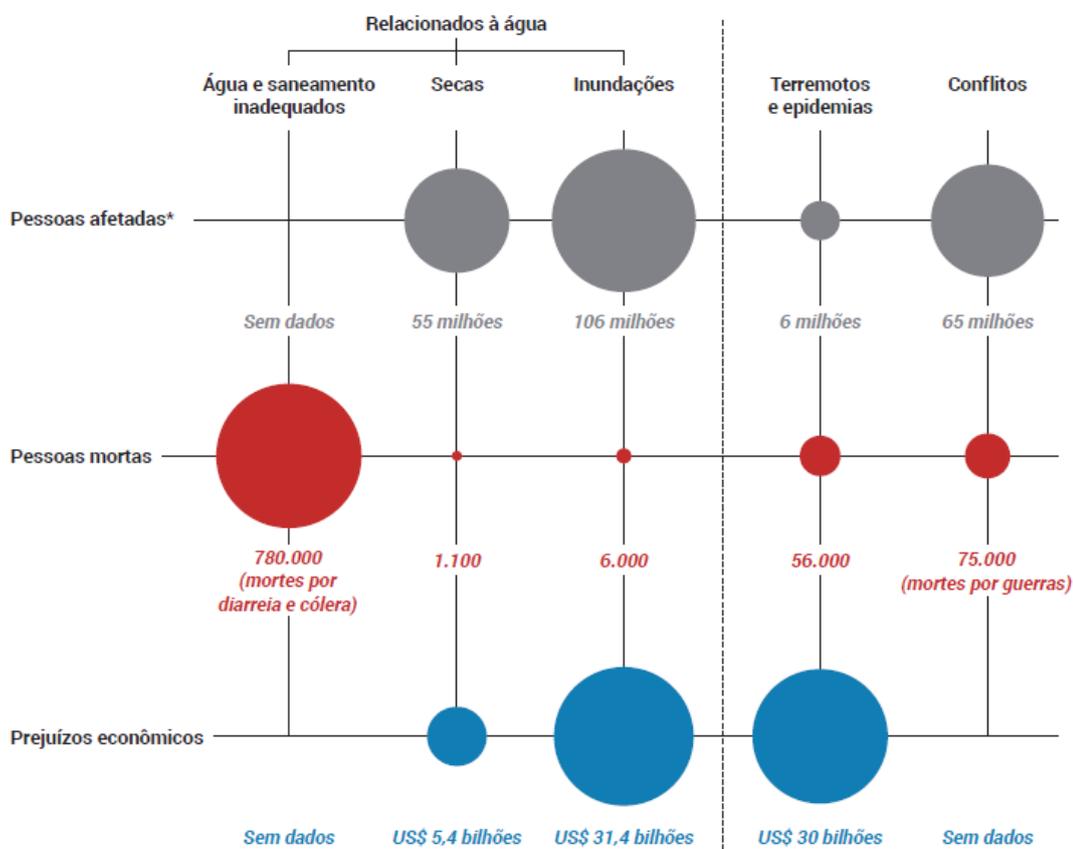


Figura 3.3 – Impactos decorrentes de desastres relacionados a água em comparação com outros desastres e conflitos

Fonte: UNESCO, 2019

Diante desse cenário, Da Silva *et al.* (2018) destaca que a quantificação das consequências relacionadas aos eventos hidrológicos extremos é um dos fatores a ser considerado nas ações de prevenção relacionadas aos desastres naturais. Dentre estas ações a proteção contra inundações é um bem e serviço público, e requer o conhecimento das consequências dos eventos adversos para o planejamento adequado do orçamento anual. Sobretudo, a estimativa dos danos esperados possibilita a melhoria das ações, sejam elas no reordenamento do espaço urbano ou na minimização dos prejuízos (TACHINI, 2009).

3.2. Medidas de Controle e Gestão de Inundações

Uma abordagem efetiva sobre a gestão de riscos de desastres naturais, motivou o desenvolvimento da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). Instituída pela Lei nº 12.608/2012, a política dispõe sobre as ações de Defesa Civil no gerenciamento dos riscos e dos desastres, englobando ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação (SHADECK *et al.*, 2013) Blöschl *et al.* (2013) destaca que no âmbito da gestão de risco de inundações, embora a prevenção e mitigação se concentrem em aliviar a frequência dos desastres naturais e dos consequentes danos; a preparação, resposta e recuperação visam reduzir a vulnerabilidade, cujo conceito se refere a exposição socioeconômica ou ambiental de um cenário sujeito à ameaça natural, tecnológica ou de origem antrópica (BRASIL, 2017).

As inundações integram os registros históricos de desastres naturais em diversas regiões do mundo, em uma escala que compreende as primeiras civilizações até os dias atuais. Logo, o homem tem procurado conviver com eventos de inundação incluindo os mais frequentes até aqueles que registram um intervalo de tempo maior entre suas ocorrências (TUCCI *et al.*, 2003). Andrade Filho *et al.* (2000) destacam que a mitigação das consequências negativas causadas por inundações consiste em um conjunto de medidas que objetivem minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuindo os prejuízos causados por estas e possibilitando o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável.

As medidas de controle, conforme destaca Tucci (2007), podem ser do tipo estrutural e não-estrutural. Essencialmente, as medidas estruturais são construtivas e visam reduzir o risco de inundação controlando o fluxo de água, ao passo que as medidas não-estruturais são de caráter preventivo e incluem um melhor planejamento

e gerenciamento do desenvolvimento urbano. Contudo, uma gestão efetiva dos riscos de inundação consiste na combinação de medidas estruturais e não-estruturais, permitindo à população estabelecida em planícies de inundação, a minimização de perdas através de medidas de engenharia e de cunho social, econômico e administrativo.

Uma abordagem integrada da gestão de riscos associados aos eventos de inundação se torna essencial tendo em vista o aumento da população estabelecida nas planícies de inundação, mudanças consideráveis no uso da terra e impactos negativos decorrentes de mudanças climáticas (MILLY *et al.*, 2002; DI BALDASSARRE *et al.*, 2010). Além do conseqüente aumento do risco decorrente dessa situação, salienta-se que esse risco não é distribuído igualmente por toda a sociedade, dado que algumas pessoas têm mais recursos do que outras para prevenir, mitigar, ou recuperar-se de eventos de inundação (MASOZERA *et al.*, 2007).

3.2.1. Medidas Estruturais

As medidas estruturais são obras de engenharia que podem alterar os rios visando reduzir o risco de inundações. Tucci (2007) ainda estabelece que essas medidas podem ser extensivas ou intensivas. As medidas extensivas agem na bacia e buscam modificar as relações entre precipitação e vazão, tais como reflorestamento, mudanças no plantio e práticas conservacionistas. Elas são capazes de reduzir e retardar os picos de cheias e controlar a erosão, essas medidas atuam principalmente sobre as inundações frequentes. Já as medidas intensivas, por sua vez, são aquelas que agem no curso hídrico e são agrupadas em medidas que aceleram o escoamento, amortecem e retardam o mesmo ou provocam o seu desvio.

Dentre as medidas de controle estruturais é possível citar a recuperação e preservação da mata ciliar, controle da erosão do solo, reservatórios e bacias de amortecimento, diques ou *polders* (diques de terra e enrocamento) e modificações no rio. Estas medidas podem ser altamente eficazes quando aplicadas adequadamente, devendo atentar-se ainda para o redirecionamento dos fluxos de água capazes de causar impactos ambientais negativos, até mesmo para possíveis transferências do risco de inundação, reduzindo o risco em um local, mas aumentando em outro (JHA e LAMOND, 2012; TUCCI, 2007).

Conforme Tucci e Silveira (2001), as medidas estruturais são planejadas para o controle dos impactos com base em um risco ou probabilidade relacionada a eventos

hidrológicos. Ao passo que a definição do risco está relacionada com a) avaliação econômica, ou seja, o risco que melhor atende a relação entre os benefícios do controle e o custo de implantá-lo, b) definições de ordem de segurança; ou c) sociais.

Sendo assim, o tempo de retorno (TR), também chamado de período de retorno ou recorrência, é definido como o inverso da probabilidade de um determinado evento hidrológico ser superado ou igualado pelo menos uma vez em um intervalo de tempo (anos), ou seja, o tempo de retorno representa, em média, o tempo que este evento tem a chance de se repetir. A maioria das estimativas de vazão aplicadas no dimensionamento de medidas estruturais para um determinado tempo de retorno, são obtidas com base na precipitação que ocorre na bacia hidrográfica. Logo, ao definir-se que uma obra será projetada para uma precipitação com um tempo de retorno n , decide-se o grau de proteção conferido àquela população e a probabilidade, por sua vez refere-se à ocorrência de uma precipitação específica (TUCCI *et al.*, 1995).

Ainda, é válido salientar a diferença entre os conceitos de tempo de retorno Equação (1) e risco Equação (2), dado que o risco pode ser entendido como a probabilidade de uma determinada obra vir a falhar, pelo menos, uma vez durante a sua vida útil.

$$TR = \frac{1}{P} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

TR e P são, respectivamente, o tempo de retorno (anos) e probabilidade (%).

$$R = 100 \times \left[1 - \left(1 - \frac{1}{TR} \right)^N \right] \quad \text{Equação (2)}$$

Onde;

R e N são, respectivamente, o risco (%) e a vida útil da obra (anos).

Dentre as intervenções registradas para a proteção de áreas de várzea é possível verificar o emprego de diques. Estes sistemas de proteção, segundo Tucci *et al.* (2003), podem ser caracterizados por muros longitudinais ao curso hídrico, e construídos de terra ou concreto, inclinados ou retos. Diques são construídos a uma certa distância das margens e protegem a planície de inundação contra o extravasamento do curso hídrico (Figura 3.4).

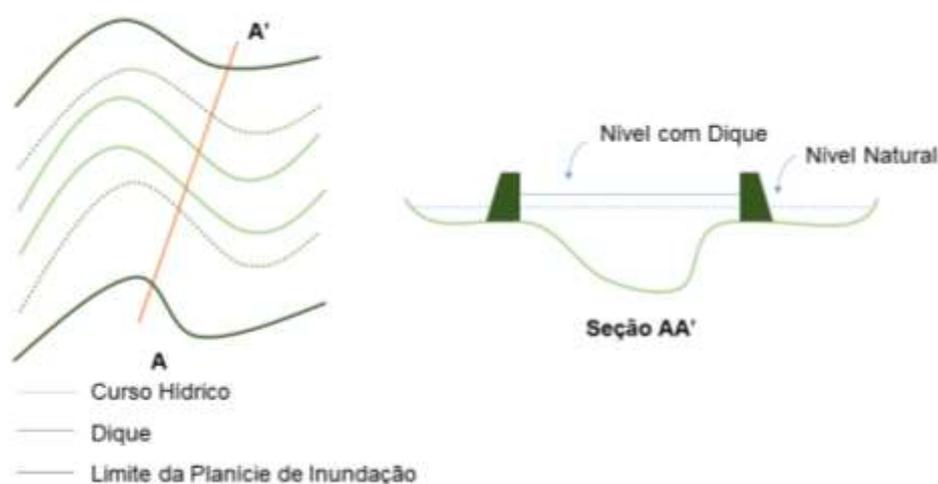


Figura 3.4 – Representação do impacto associado a construção de um dique
 Fonte: adaptado de TUCCI *et al.* (2003)

É imprescindível atentar-se para os efeitos decorrentes das medidas adotadas para proteção de eventos de inundação. O maior risco associado a construção de um dique, de acordo com Tucci *et al.* (2003), está na definição correta do nível máximo provável, pois existirá sempre um risco de colapso. Sobretudo, deve-se evitar diques de grandes alturas, pois existe o risco de rompimento para um nível maior do que o de projeto. Ainda, devido à redução da largura do escoamento, tem-se o aumento do nível de água na seção para a mesma vazão, aumento da velocidade e erosão das margens e da seção.

Segundo os autores Tucci *et al.* (2003), as medidas de controle estruturais podem criar um sentimento de falsa segurança, dado que as obras de controle, tais como diques, são projetadas para um determinado nível de proteção e sempre haverá a probabilidade de ocorrer chuvas mais intensas que as consideradas no projeto. Contudo, uma parcela da população não considera este cenário e sente-se incentivada a ocupar áreas de várzea protegidas, porém ainda suscetíveis a ocorrência de extravasamento do leito menor. Jha e Lamond (2012) reforçam, portanto, que neste caso as medidas estruturais podem resultar em impactos ainda maiores se falharem ou forem superadas, em comparação a um cenário onde as mesmas não existissem.

3.2.2. Medidas Não-Estruturais

De acordo com Andrade Filho *et al.* (2000), as medidas não-estruturais atuam na melhor convivência da população com as cheias e são de caráter preventivo. E

tendo em vista que medidas estruturais não são projetadas para garantir uma proteção completa, as medidas não-estruturais podem minimizar significativamente os prejuízos com um custo menor (TUCCI, 2007).

As medidas não-estruturais, segundo Jha e Lamond (2012), podem ser categorizadas em quatro objetivos básicos, sendo eles:

- a) Planejamento e gerenciamento de emergência, incluindo sistemas de alerta e evacuação;
- b) Maior preparação da população por meio de campanhas de conscientização, como a manutenção de canalizações de esgotos e drenagem por meio de uma melhor gestão dos resíduos;
- c) Condições para evitar inundações através do planejamento do uso do solo
- d) Aceleração da recuperação e uso do pós-inundação para aumentar a resiliência melhorando os projetos de construção.

Alinhadas com os objetivos especificados, as principais medidas não-estruturais são: zoneamento de áreas inundáveis através de regulamentação do uso do solo, previsão e alerta de inundação, construções à prova de inundações e seguro de inundação (TUCCI *et al.*, 2003). O Quadro 3.1 apresenta a descrição e algumas etapas ou ações associadas a estas medidas.

Quadro 3.1 – Detalhamento das principais medidas de controle de inundação não-estruturais

Medidas não-estruturais	Descrição	Etapas/Ações
Zoneamento de áreas inundáveis	Disciplina a ocupação das áreas de risco de inundação	<ul style="list-style-type: none"> - Determinação do risco das inundações; - Mapeamento das áreas sujeitas à inundação; - Zoneamento.
Previsão de alerta e inundação	Tem a finalidade de se antecipar à ocorrência da inundação, avisando a população e tomando medidas necessárias para reduzir os prejuízos da inundação	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de coleta e transmissão de informação; - Sistema de processamento de informações; - Modelo de previsão de vazões e níveis; - Procedimentos para acompanhamento e transferência de informações para a Defesa Civil e sociedade; - Planejamento das situações de emergência através da Defesa Civil.
Construção à prova de inundação	É definida como o conjunto de medidas projetadas para reduzir as perdas de prédios localizados nas áreas de várzea durante a ocorrência das cheias	<ul style="list-style-type: none"> - Instalação de vedação temporária ou permanente nas aberturas das estruturas; - Elevação das estruturas existentes; - Construção de novas estruturas sob pilotis; - Construção de pequenas paredes ou diques circundando a estrutura, relocação ou proteção de artigos que possam ser danificados dentro da estrutura existente; - Relocação de estruturas para fora da área de inundação; - Uso de material resistente à água de inundação - Regulamentação da ocupação da área de inundação por implementação de espaços definidos urbanos.
Seguro de inundação	Consiste em um procedimento preventivo viável para empreendimentos com valor agregado importante no qual os proprietários possuem capacidade econômica de pagar o prêmio do seguro.	-

Fonte: adaptado de TUCCI (2007) e TUCCI *et al.* (2003)

A aplicação de modelos hidrológicos é uma prática amplamente difundida na gestão de risco de inundação, uma vez que eles possibilitam conhecer o comportamento hidrológico de cursos hídricos através da previsão de vazões e níveis de água, e também simular a propagação de ondas de cheia. Este mapeamento da planície de inundação, por sua vez, atua no apoio ao planejamento do uso do solo, incluindo incentivos a conscientização do risco ao qual está exposta a população que vive em áreas propensas a inundações (Di Baldassarre e Uhlenbrook, 2012).

3.3. Planícies de Inundação sob a perspectiva da interação Homem-Água

Milly *et al.* (2002) e Di Baldassarre *et al.* (2010) evidenciam que o aumento da população instalada em áreas de várzea e planícies de inundação, associado as mudanças de uso do solo decorrentes deste fenômeno e ao impacto das mudanças climáticas, têm provocado o aumento do risco de inundações. Assim, é necessário entender este cenário como um sistema complexo que não se restringe a uma percepção hidrológica dos eventos de inundação, uma vez que é notória a influência de aspectos sociopolíticos, econômicos e ecológicos.

Sendo assim, as próximas seções buscam apresentar uma nova abordagem, onde considera-se as interações entre o meio antrópico e físico, contrastando abordagens focadas em sistemas unidirecionais influenciados por condições externas.

3.3.1. Socio-Hidrologia

A dependência do ser humano em relação a água e como este exerce influência no ciclo hidrológico através de suas atividades é um contexto destacado por Falkenmark (1977). Tendo em vista a água como suprimento essencial da demanda de usos consuntivos, como o consumo humano, industrial, dessedentação animal, irrigação, ou de usos não consuntivos, como pesca, navegação, produção de energia e recreação, o homem modifica processos naturais desde a transformação da precipitação de uma bacia hidrográfica em evaporação até a posterior geração de escoamento, interação com solo, rocha e vegetação. Sendo assim, as interações entre sociedade e água podem ser divididas em três classes principais conforme Falkenmark (1977).

- Influência quali e quantitativa: alterações diretas por meio da captação de água em mananciais superficiais e subterrâneos visando o atendimento de demandas inerentes as atividades antrópicas. Após o uso, parte do volume captado retorna aos mananciais carregado de produtos resultantes do uso associado a captação. Ao passo que, na irrigação por exemplo, parte da água é transformada em vapor e por meio da evapotranspiração volta a ser inserida no ciclo hidrológico.

- Modificações do fluxo e leito de cursos hídricos: alterações diretas decorrentes da inserção de estruturas que visam facilitar e tornar mais eficiente o uso da água, ou promovam a proteção contra desastres naturais, tais como inundações.
- Mudança no uso do solo: influências indiretas decorrentes das respostas associadas a cobertura e uso do solo.

A Figura 3.5 constitui um fluxograma simplificado das interações entre sociedade e água.

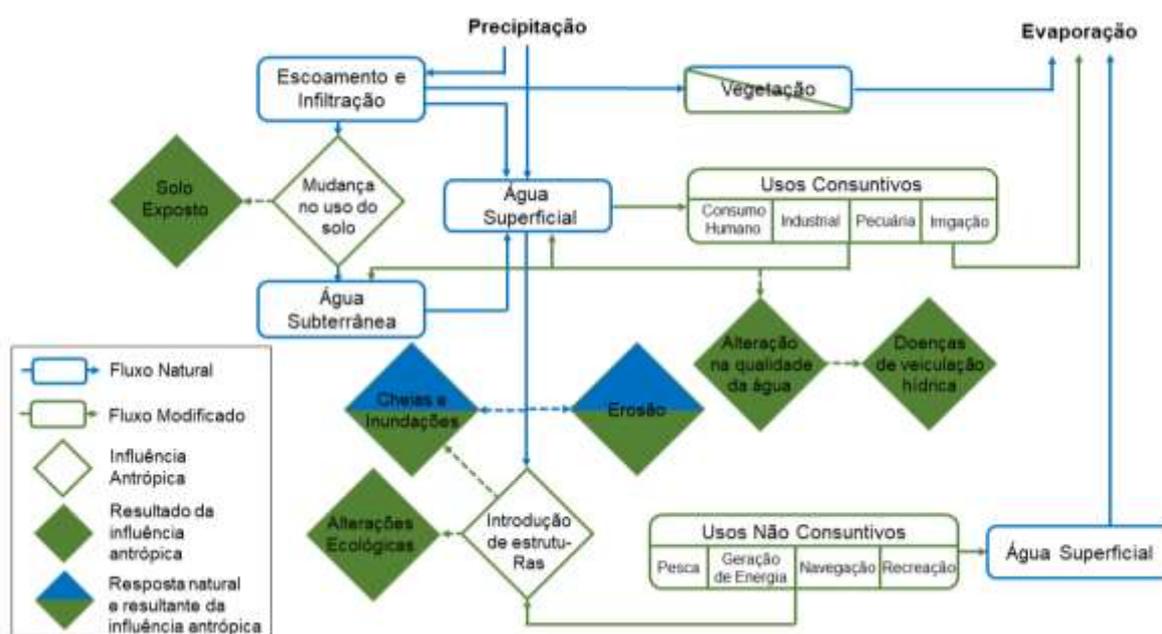


Figura 3.5 – Esquema simplificado da interação homem e ciclo hidrológico.
Fonte: adaptado de Falkenmark (1977)

Assim, independente do termo empregado, os autores Falkenmark (1977; 1979) e Sivapalan *et al.* (2012) são os primeiros a considerar uma nova ciência, cujo objeto é a interação bidirecional entre água e sociedade, embora a publicação Sivapalan *et al.* (2012) seja considerada a precursora na popularização do termo socio-hidrologia. Sendo assim, buscando a compreensão de como a dinâmica social é influenciada pela água e como o meio antrópico atua sobre processos hidrológicos, a Associação Internacional de Ciências Hidrológicas (*International Association of Hydrological Sciences- IAHS*), definiu a Década Científica 2013 – 2022 “Panta Rhei – Everything Flows” (MONTANARI *et al.*, 2013). Dessa forma, por meio da maior associação na área da hidrologia no mundo, enfatiza-se a integração entre a hidrologia e a sociologia, ou uma expansão da hidrologia na direção das ciências sociais, ou ainda a interdisciplinarização da hidrologia (KOBAYAMA *et al.*, 2018).

Sivapalan *et al.* (2012) evidencia a socio-hidrologia como um estudo da co-evolução de seres humanos e água, e sugere que a mesma seja uma ciência baseada na observação, reconstituição de fatos já vivenciados (Socio-hidrologia histórica), caracterização de contextos diversos a fim de mapear diferenças espaciais ou regionais considerando sua dinâmica temporal (Socio-hidrologia da comparação). De acordo com as vertentes sugeridas pelos autores, o presente trabalho está associado a socio-hidrologia do processo, dado que busca contemplar análises espaciais por meio da avaliação de um único sistema homem-água. Envolvendo assim, a identificação de mecanismos que permeiam o sistema, sobretudo que estão associados as experiências hidrológicas e processos sociológicos no presente, para viabilizar a projeção de possíveis cenários no futuro.

3.3.2. Socio-Hidrologia e Desastres Naturais

Definido na Instrução Normativa nº 02/2016, desastre consiste no resultado de eventos adversos, naturais, tecnológicos ou de origem antrópica, sobre um cenário vulnerável exposto a ameaça, causando danos humanos, materiais ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. Freitas *et al.* (2014) sugere ainda que um desastre natural resulta da combinação de fatores que envolvem simultaneamente processos naturais e sociais, sendo eles: 1) a ocorrência de uma ameaça natural; 2) uma população exposta; 3) as condições de vulnerabilidade social e ambiental desta população; 4) insuficientes capacidades ou medidas para reduzir os potenciais riscos e os danos à saúde da população.

Sendo assim, Kobiyama *et al.* (2018) evidencia que o desastre natural é condicionado a ocorrência de fenômenos naturais onde existem seres humanos, logo os desastres não ocorrem onde não há um sistema social. Tendo em vista a existência de ciências específicas que tratam os perigos naturais tais como inundação, escorregamento, vendaval, tsunami, terremoto, entre outros, bem como, as ciências humanas e sociais que tratam da sociedade vulnerável e seus componentes (seres humanos), é evidente a necessidade de cruzamento destas duas ciências para o estudo de sistemas complexos que compreendam a interação entre o meio físico e social, consequentemente os desastres naturais. A Figura 3.6 representa a intersecção entre os fatores físicos e sociais, resultando na socio-hidrologia.

Neste contexto, as planícies de inundação constituem uma área de estudo propícia para avaliação de processos socio-hidrológicos, dado a presença de

assentamentos humanos desde as primeiras civilizações, os quais foram significativamente moldados pela ocorrência de inundações, enquanto a frequência de inundações estava sendo significativamente moldada pelas sociedades (Di Baldassarre *et al.*; 2013).



Figura 3.6 – Ciências relacionadas a ocorrência de desastres
Fonte: adaptado de KOBAYAMA *et al.*, 2018

3.3.3. Inundações sob a perspectiva da sócio-hidrologia

Os impactos decorrentes de inundações têm aumentado significativamente em muitas regiões do mundo nas últimas décadas (EM-DAT; 2019). Logo, a preocupação com o risco futuro associado a esse tipo de desastre hidrológico é justificada, uma vez que os efeitos negativos das alterações climáticas e socioeconômicas tendem a acentuar-se em decorrência do aumento da população que vive nas planícies de inundação. As mudanças consideráveis no uso da terra, possível elevação dos níveis do mar e demais impactos decorrentes de mudanças climáticas, são exemplos de aspectos que podem gerar efeitos negativos. Sobretudo, é possível verificar um progresso na avaliação quantitativa do risco da inundação, porém ainda resta o entendimento fundamental da interação entre processos físicos e sociais (DI BALDASSARRE *et al.*, 2010, DI BALDASSARRE, 2017).

Tendo em vista as fatalidades e perdas econômicas decorrentes de eventos de inundação, foram desenvolvidas diversas medidas com o intuito de proteger a sociedade e minimizar, ou ainda erradicar, tais efeitos negativos. Dessa forma, enquanto a sociedade molda as características dos eventos de inundação, influenciando a frequência e magnitude das inundações, os extremos hidrológicos, por

sua vez, moldam as sociedades, em termos de demografia, classes sociais, aspectos políticos, entre outros. Neste contexto que a socio-hidrologia visa, portanto, compreender os mecanismos que permeiam este sistema (Figura 3.7).



Figura 3.7 – Representação das interações associadas a um sistema homem-água em planícies de inundação

Fonte: adaptado de DI BALDASSARRE (2017)

Nas últimas décadas, diversos estudos na área da hidrologia têm contribuído significativamente para gestão de risco em áreas de inundação, estes objetivam compreender e aprimorar a representação de processos que ocorrem em planícies inundáveis. Comumente, os modelos físicos e numéricos constituem um meio de representação dos processos observados no ambiente. Por sua vez, os modelos hidrológicos procuram descrever o processo de transformação de precipitação em vazão, considerando ainda como parâmetros, a taxa de áreas impermeáveis e a eficiência do escoamento superficial. O que permite a geração de cenários para previsão de áreas atingidas por inundações, uma vez conhecidos os dados de precipitação. Contudo, convencionalmente o ser humano é considerado uma força externa (ou condição de contorno) ao sistema de várzea, logo, as influências da sociedade sobre os processos hidrológicos não são consideradas e consequentemente, o resultado gera previsões incompletas da dinâmica de planície de inundação a longo prazo e em muitos casos irrealistas (DI BALDASSARRE, 2013 e TUCCI, 2007).

Conforme evidenciado por Di Baldassarre *et al.* (2013), as interações da dinâmica entre os aspectos hidrológicos e sociais das inundações, bem como os processos de co-evolução entre estas, ainda são pouco compreendidas. Para tanto, é proposta uma abordagem transdisciplinar do sistema complexo verificado nas planícies de inundação. Esta abordagem consiste na transcendência das fronteiras definidas pelas partes (POMBO, 2005). Torres Santomé (1998) vê a

transdisciplinaridade como a etapa superior dentre os processos de integração entre as ciências/partes.

Dentre os métodos propostos para a compreensão das interações entre sociedade e inundações, nas ciências sociais comumente desenvolve-se a análise estatística de dados empíricos, os quais são reunidos por meio de pesquisas e entrevistas (BROWN, 2007). Logo, busca-se acoplar os pontos fortes dos dados qualitativos e quantitativos, porém a coleta dos dados empíricos, por vezes, pode-se tornar inviável dado o custo e o tempo necessários, além de resultar possíveis narrativas vagas e de difícil validação (DI BALDASSARRE *et al.*, 2015).

Outro método, que ganhou impulso crescente nas ciências sociais, é a modelagem baseada em agentes. Esses modelos operam prescrevendo conexões representativas de como indivíduos e/ou instituições (os agentes) interagem e, dessa forma, permitem que a heterogeneidade seja incluída. Este método mensura as interações no nível micro que leva ao comportamento observado em níveis mais altos. Contudo, ele pode se tornar um método extremamente complexo, gerando resultados de difícil compreensão e que não são generalizáveis (DI BALDASSARRE *et al.*, 2015).

Por outro lado, é possível representar várias hipóteses sobre os processos e interações fundamentais que conduzem o comportamento de sistemas em termos matemáticos, usando um conjunto de equações diferenciais. O ponto forte desse método é sua transparência, flexibilidade e capacidade de capturar a dinâmica emergente de processos de interação. Esse tipo de modelagem provou ser útil quando os dados empíricos são limitados. Além disso, equações diferenciais para modelagem dinâmica foram reconhecidas como apropriadas para compreensão de sistemas complexos, e têm sido amplamente utilizadas em modelos econômicos neoclássicos, por exemplo (BROWN, 2007 e DI BALDASSARRE *et al.*, 2015).

Conforme destacado por Brown (2007), a aplicação de modelos é importante para verificar como as variáveis que representam as interações entre sociedade e inundação afetam o sistema complexo, podendo assim, auxiliar no desenvolvimento de teorias. Dessa forma, o processo iterativo de teoria, desenvolvimento de modelo e pesquisa empírica é apropriado na busca do entendimento das mudanças no risco inerente aos eventos de inundação (DI BALDASSARRE *et al.*, 2015).

O risco de eventos de inundação está associado a frequência, magnitude e distribuição espacial dos eventos. E estes são aspectos significativamente alterados por influências das interações entre meio antrópico e água nas planícies de

inundação. A inserção de medidas de proteção contra esses eventos, tais como diques, constitui um exemplo dessas influências (DI BALDASSARRE, 2017). Ao passo que Savenije *et al.* (2014) destaca que as inundações também são influenciadas por outras atividades humanas, como mudanças no uso do solo, incluindo desmatamento, urbanização, drenagem de áreas úmidas e práticas agrícolas. Já após o impacto dos eventos de inundação, é observado que os seres humanos respondem e se adaptam aos extremos hidrológicos através de uma combinação de processos espontâneos e deliberadas estratégias que podem levar a mudanças na vulnerabilidade social (DI BALDASSARRE, 2017).

Além de atuar na compreensão das alterações associadas ao risco de inundação, resultantes da interação homem-água, a socio-hidrologia visa identificar os principais fatores que levam a diferentes dinâmicas nas planícies inundáveis. Assim, a Figura 3.8 exemplifica distintas trajetórias de recuperação que podem ocorrer após o evento de inundação (linha sólida), incluindo a representação de um desenvolvimento teórico (linha pontilhada).

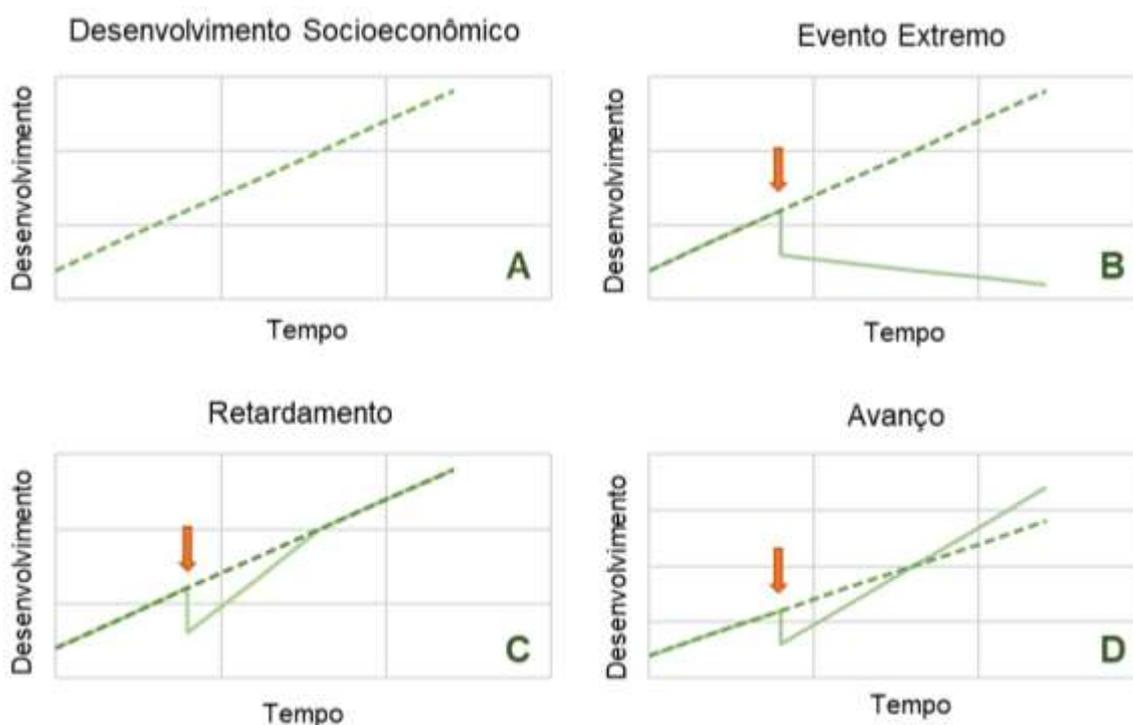


Figura 3.8 – Desastres de inundação e possíveis trajetórias de recuperação. A imagem ilustra o desenvolvimento teórico ao longo do tempo (Linha Pontilhada) e possíveis trajetórias a serem verificadas após um evento de inundação (linha sólida). A) representa a linha teórica de desenvolvimento de uma planície, sem influência do evento. B) Ocorrência de um evento extremo provoca afastamento significativo da população na planície de inundação, resultando um desenvolvimento decrescente. C) Evento de inundação retarda o desenvolvimento, mas com o passar

do tempo segue a projeção e D) Ocorrência do evento está associada a um decaimento instantâneo no desenvolvimento e segue com um avanço que supera a projeção.

Fonte: adaptado de DI BALDASSARRE (2017)

3.3.3.1. Efeito de Dique e Efeito de Adaptação

Destacado por Di Baldassarre (2017) e identificados a partir de evidências empíricas, os sistemas de interação entre sociedade e inundação abrangem dois tipos de dinâmica que atuam significativamente na alteração do risco associado aos respectivos eventos de inundação. Estas dinâmicas são classificadas como efeitos de (a) dique ou esquecimento e (b) adaptação ou aprendizado.

O efeito de dique ou esquecimento, reconhecido por White (1945) e discutido desde então, está relacionado ao aumento da vulnerabilidade inerente a população estabelecida em planícies de inundação. Justificada pela rara ocorrência de eventos de inundação, uma vez que são introduzidas medidas de controle, tais como diques, verifica-se uma redução na percepção do risco percebido pela sociedade. Assim, ocorre um incentivo para ocupação das planícies, áreas que antes eram inundadas frequentemente. A Figura 3.9 ilustra uma planície de inundação natural e com a introdução de um dique, é possível verificar assim a redução das áreas inundáveis e geração de áreas supostamente disponíveis para ocupação antrópica.

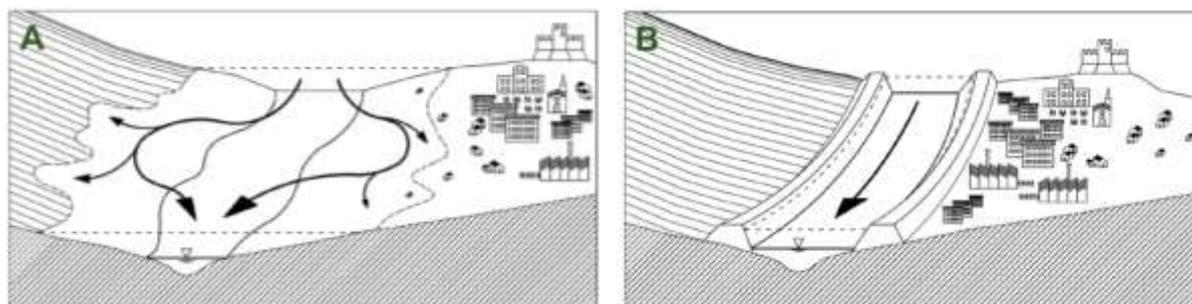


Figura 3.9 – Representação de um curso hídrico e sua planície de inundação natural (A), e um curso hídrico associado a instalação de diques na sua margem (B)

Fonte: DI BALDASSARRE *et al.*, 2013

O autor Di Baldassarre (2017) atenta ainda para o fato da redução da frequência das inundações não estar unicamente associada a introdução ou fortalecimento de medidas de proteção contra inundações, mas também a variabilidade e mudanças climáticas. Assim, como paradoxo, verifica-se o surgimento do efeito de esquecimento indica a possibilidade de áreas onde a frequência de inundação é projetada para diminuir, não necessariamente experimentem menos perdas provocadas por eventos de inundação.

Os diques constituem uma das medidas de controle de inundação mais comumente adotadas. Para sua viabilização e posterior instalação há uma série de mobilizações necessárias, incluindo interesses políticos, aspectos financeiros e viabilidade técnica. Assim, uma vez que a construção de diques objetiva a redução da frequência de inundações em áreas consideradas prioritárias, ou seja, áreas importantes economicamente, politicamente, social ou culturalmente, é possível que o desenvolvimento socioeconômico continue em ascensão nas planícies de inundação (DI BALDASSARRE, *et al.*, 2013).

No entanto, as áreas protegidas e sem interesse econômico associado, acabam sendo informalmente ocupadas, uma vez que surgem como uma oportunidade para habitação de grupos sociais, geralmente, em situação de vulnerabilidade social. O risco de inundação a qual estão submetidos, acentua ainda mais as implicações enfrentadas pelas comunidades instaladas nestas áreas marginais (BANCO MUNDIAL, 2011).

As interações associadas ao sistema homem-água em planícies de inundação desdobram diversas relações sociais e alterações na probabilidade de ocorrência das inundações, bem como adversidades associadas aos respectivos eventos. Sendo assim, Di Baldassarre (2017) evidencia outra dinâmica associada a este contexto, visto que a ocorrência frequente de inundações resulta na redução da vulnerabilidade associada a populações instaladas em planícies de inundação. Esta dinâmica é conhecida como efeito de adaptação ou aprendizado.

O efeito de aprendizagem considera que o impacto negativo de um evento de inundação tende a ser significativamente menor quando ocorrem eventos semelhantes sucessivos. Este efeito pode ser atribuído as capacidades de enfrentamento ou adaptação adquiridas por indivíduos e comunidades durante a vivência de uma inundação. Também se verifica a criação de mecanismos e o desenvolvimento de políticas de gerenciamento de riscos de inundação como resposta aos eventos. Sobretudo, estas respostas podem envolver a introdução de sistemas de alerta precoce, a mudança no planejamento e uso do solo, bem como o incentivo ao envolvimento da comunidade visando o aumento da conscientização sobre o risco de inundações (DI BALDASSARRE, 2017).

Por sua vez, Kreibich *et al.* (2017) evidencia que a maioria das análises de eventos de inundação concentram-se em processos hidrológicos e a exposição ou vulnerabilidade associados a esse tipo de desastre constitui um conhecimento ainda

limitado. O avanço na compreensão da vulnerabilidade, no sentido de conhecer suas mudanças e efeitos sobre danos e riscos é essencial em um processo de adaptação eficaz, tendo em vista um convívio harmônico entre inundação e sociedade. Estimular processos de adaptação sem a ocorrência de inundações desastrosas e tentar a redução dos riscos a longo prazo são desafios atuais na promoção do efeito de adaptação.

3.3.3.2. Modelagem Socio-Hidrológica

O intuito de compreender a dinâmica das inundações motivou o desenvolvimento de diversos modelos numéricos, os quais são amplamente utilizados na gestão de risco de inundações, dada a possibilidade de prever áreas potencialmente inundáveis, por exemplo. No entanto, tradicionalmente, estes modelos têm como única base processos hidrológicos, não considerando dessa forma, interações com atividades humanas (DI BALDASSARRE *et al.*, 2013).

Sendo assim, os efeitos de dique e adaptação são dinâmicas não consideradas em uma avaliação de risco desenvolvida sob percepção da abordagem tradicional de planícies de inundação. As alterações no risco de inundação são tipicamente avaliadas através da comparação de cenários que combinam exposição e vulnerabilidade (ou resiliência) de uma sociedade frente ao evento de inundação. A Figura 3.10 busca representar a interação característica de uma abordagem socio-hidrológica em comparação a abordagem tradicional.

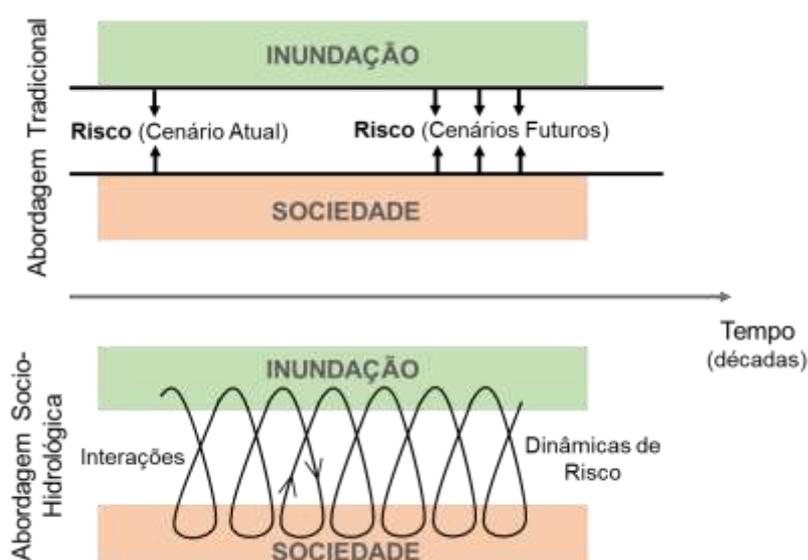


Figura 3.10 – Representação da abordagem de uma planície de inundação através de modelos tradicionais de hidrologia e de uma nova proposta, tendo em vista a socio-hidrologia.

Fonte: adaptado de DI BALDASSARRE (2017)

As dinâmicas representadas na modelagem socio-hidrologica consideram uma série temporal onde um conjunto de diferentes variáveis e parâmetros corroboram para a formação de expressões matemáticas capazes de representar os diferentes mecanismos registrados em uma planície de inundação. A Tabela 3.1 reúne as variáveis aplicadas na modelagem sócio-hidrológica, estas variam com o tempo e seguem a representação gráfica utilizada por Di Baldassarre *et al.* (2015).

Tabela 3.1 – Variáveis consideradas na modelagem socio-hidrológica

Variável	Descrição	Componente Associada
F	Perdas decorrentes da inundação	Hidrologia
D(t)	Densidade populacional	Demografia
H(t)	Nível de proteção contra inundações	Tecnologia
M(t)	Memória da inundação	Sociedade

Os componentes que atuam no modelo socio-hidrológico estão associados a inundação (F), demografia (D), tecnologia (H) e sociedade (M). Assim, é possível destacar as dinâmicas que ocorrem logo após um evento de inundação, sendo elas: perdas decorrentes da inundação, expressas pela redução da densidade populacional, o aumento do nível de proteção contra inundações em sociedades tecnológicas, como por exemplo a elevação de diques e o desenvolvimento da memória da inundação proporcional às perdas registradas.

As equações diferenciais consideram ainda no seu conjunto de variáveis, o nível de água máximo resultante do monitoramento do curso hídrico, $W(t)$; e a elevação do dique de proteção (R) que é proporcional à diferença entre o nível de água que ocasiona uma inundação e o nível de proteção instalado. Este é um mecanismo específico de sociedades denominadas tecnológicas. Os parâmetros que independem do tempo são especificados na Tabela 3.2 e tem origem em diferentes referências da literatura, ao passo que a representação em letras gregas segue Di Baldassarre *et al.* (2015).

Tabela 3.2 – Parâmetros considerados na modelagem socio-hidrológica

Parâmetro	Descrição	Componente Associada
α_H	Relação entre nível de água máximo e perdas decorrentes da inundação	Hidrologia
ζ_H	Influência da instalação de diques no nível de água	Hidrologia
ρ_D	Taxa de crescimento populacional máxima	Demografia
α_D	Relação de preparação/conscientização	Demografia
ε_T	Fator de segurança associado a elevação de diques	Tecnologia
K_T	Taxa de deterioração da medida de proteção contra inundações	Tecnologia
μ_S	Taxa de decaimento da memória de inundação	Sociedade

A equação da hidrologia (3) representa o impacto do meio antrópico sob um evento de inundação. Logo, esta é aplicada quando o nível de água monitorado somado a influência exercida pela presença de um dique é superior à altura de proteção do dique.

$$F = 1 - \exp\left(-\frac{W + \zeta_H H_-}{\alpha_H}\right) \quad \text{se } W + \zeta_H H_- > H_- \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

F representa as perdas decorrentes da inundação;

W é o nível de água máximo do curso hídrico;

H é a altura de proteção, ou seja, a altura do dique;

ζH é a influência da instalação do diques no nível de água e

αH representa a relação entre o nível de água máximo e perdas decorrentes da inundação.

Por sua vez, as equações diferenciais (4 - 6) evidenciam as influências da inundação no meio antrópico. As expressões evidenciam as dinâmicas registradas logo após o evento, tais como a alteração na taxa de ocupação registrada na planície de inundação, a modificação no nível de proteção e o desenvolvimento da memória da inundação.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dD}{dt} = \rho_D(1 - D(1 + \alpha_D M)) - \Delta(\psi(t)) * FD_- \\ \frac{dH}{dt} = \Delta(\psi(t)) R - K_T H \\ \frac{dM}{dt} = \Delta(\psi(t)) FD - \mu_S M \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{Equação (4)} \\ \text{Equação (5)} \\ \text{Equação (6)} \end{array}$$

Onde:

D representa a densidade populacional;

M é a memória da inundação;

F representa as perdas decorrentes da inundação;

R é a elevação do dique de proteção;

H é a altura de proteção, ou seja, a altura do dique;

ρ_D é a taxa de crescimento populacional máxima;

α_D representa a relação de preparação/conscientização da população;

ψ representa a ocorrência ou não de um evento de inundação;

K_T representa a taxa de deterioração do dique;

μ_S é a taxa de decaimento da memória de inundação;

ε_T é o fator de segurança associado a elevação de diques;

ζ_H é a influência da instalação do dique no nível de água.

Tendo em vista o intuito de diferenciar as respostas registras em sociedade tecnológicas e verdes, aplica-se a equação (7). Dessa forma, supõe-se que as sociedades tecnológicas aumentem o nível de proteção contra inundações através da construção ou elevação de diques, representada pela variável R .

$$R = \begin{cases} \varepsilon_T(W + \zeta_H H_- - H_-) & \text{Sociedade Tecnológica} \\ 0 & \text{Sociedade Verde} \end{cases} \quad \text{Equação (7)}$$

Onde:

R é a elevação do dique de proteção;

W é o nível de água máximo do curso hídrico;

H é a altura de proteção, ou seja, a altura do dique;

ζ_H é a influência da instalação do dique no nível de água.

Internacionalmente, a aborgagem socio-hidrológica vem sendo explorada e bastante discutida (VANELLI e KOBAYAMA, 2019). Dentre os estudos desenvolvidos, está a aplicação de Di Baldassarre *et al.* (2015), cujos resultados são apresentados na Figura 3.11. Tendo em vista a aplicação da abordagem socio-hidrológica é possível verificar os impactos e efeitos associados a eventos de inundação em sociedades verdes e tecnológicas. Ambas as simulações consideram as mesmas condições de contorno e parâmetros aplicados, diferindo porém, nas respostas dadas pelo homem a um evento de inundação. Na Figura 3.11, as representações A, B, C e D estão relacionadas a uma sociedade verde, onde destaca-se os níveis máximos atingidos pelo curso hídrico (A), o constante acúmulo e reconstrução da memória do evento (C) e o efeito de adaptação (D), caracterizado pela ocorrência de uma sequência de níveis semelhantes de inundação que resultam em perdas decrescentes. Já as representações E, F, G e H são específicas de uma sociedade tecnológica, onde opta-se pela construção ou aumento de diques visando a proteção contra inundações. Em E é possível notar o aumento dos níveis de inundação em decorrência da implantação de um dique, o que caracteriza a influência do meio antrópico na hidrologia. Assim, entre 1955 e 2045, quando uma série de níveis de inundação não provoca perdas (H)

observa-se o efeito de dique. No entanto, essa falta de inundação ocasiona uma perda de memória de inundação (G) e a sociedade, desconhecendo os riscos, acaba desenvolvendo e urbanizando as áreas propensas a inundações. Assim, na ocorrência de um evento que supere a altura de proteção, registram-se grandes perdas (H), muito maiores que as registradas na sociedade verde.

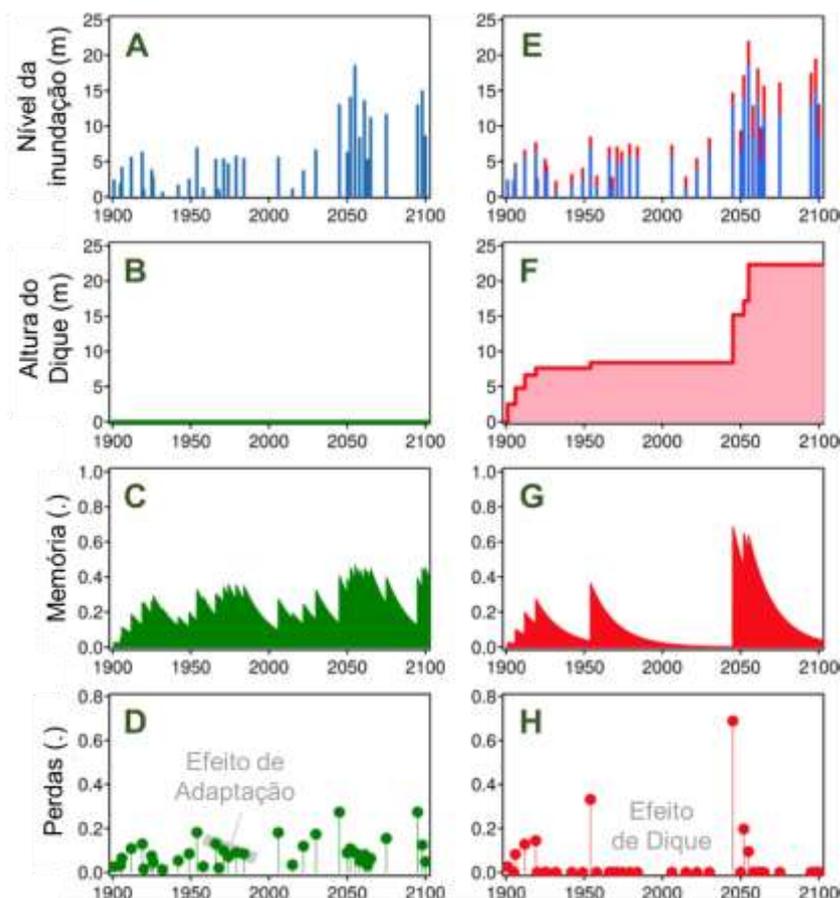


Figura 3.11 – Dinâmicas associadas a planícies de inundação tendo em vista as resposta a um evento de inundação em uma sociedade sem a implantação de um dique e com a presença do mesmo. Cenário observado em sociedades verdes: A) Níveis de água máximos, B) Altura do dique, C) Memória da inundação e D) Perdas associadas ao evento. Cenário observado em sociedades tecnológicas: E) Níveis de água máximos com destaque ao aumento decorrente da implantação do dique, F) Altura dos diques, G) Memória da inundação e H) Perdas associadas ao evento.

Fonte: adaptado de Di Baldassarre *et al.* (2015)

O presente trabalho se enquadra na linha de pesquisa abordada neste referencial teórico. E visa sobretudo, a apresentação de uma abordagem socio-hidrológica sobre a área de estudo.

4. ÁREA DE ESTUDO

Situada na região nordeste do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, a capital do estado soma uma área territorial de 495,39 km² e ao longo de 70 km é margeada pelo Lago Guaíba (IBGE, 2018; DMAE, 2019). Tendo em vista o ano de 2019, o IBGE estima para o município uma população de 1.483.771 pessoas, ao passo que o Censo realizado em 2010 registrou 1.409.351 habitantes e densidade demográfica de 2.837,53 hab/km².

A Figura 4.1 retrata a localização de Porto Alegre, cuja cidade é uma das mais antigas do Estado. E quando avaliado o seu contexto histórico, incluindo sobretudo, os dias atuais, é evidente uma relação direta com manancial superficial Guaíba. Sendo assim, as próximas seções buscam detalhar este contexto.

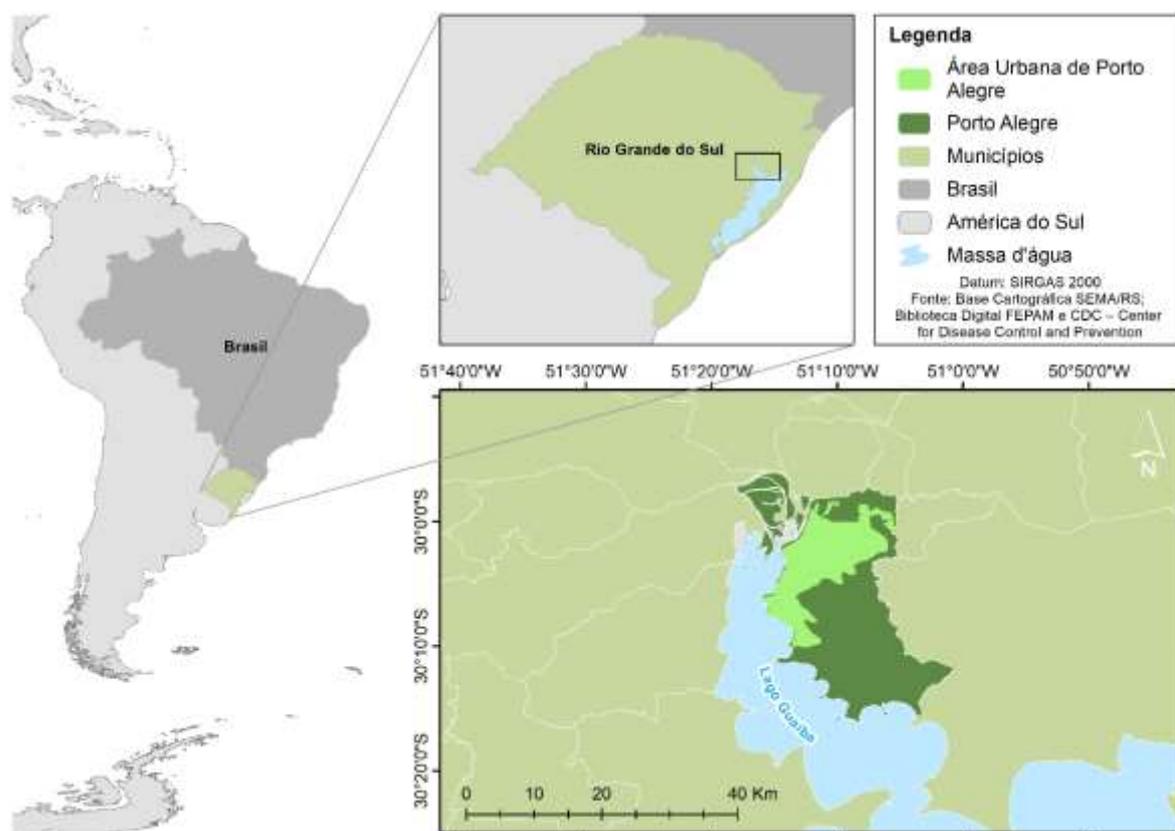


Figura 4.1 – Localização da área de estudo

4.1. Fundação de Porto Alegre e o contexto histórico no período

A ligação intrínseca entre o desenvolvimento das civilizações e a disponibilidade de água é também evidenciada na formação da capital do Rio Grande do Sul (RS). Registros oficiais indicam que a fundação de Porto Alegre ocorreu em 26 de março de 1772 através da criação da Freguesia de São Francisco do Porto dos

Casais. Contudo, as margens e ilhas do Lago Guaíba foram primeiramente habitadas por índios guaranis, os quais antecederam o povoamento português ocorrido no século XVIII. Os registros da presença guarani se restringem a vestígios arqueológicos, pois no período da ocupação portuguesa os índios não habitavam mais a região (DORNELLES, 2004).

Tendo em vista o interesse da coroa portuguesa no extremo sul da América durante o período colonial, a atual região metropolitana de Porto Alegre foi, portanto, no ano de 1732, segregada em três sesmarias, sendo elas pertencentes a: Jerônimo de Ornelas Menezes e Vasconcelos, Dionísio Rodrigues Mendes e Sebastião Francisco Chaves. As sesmarias consistem um marco histórico, porém ainda não traziam a finalidade de povoar e sim de instalar estâncias de criação de gado dos sesmeiros. Logo, em 1752 os primeiros casais açorianos se instalaram no então Porto de Dorneles, e vieram a servir de ponto de apoio aos novos casais imigrantes que chegavam para se instalar em outras regiões do Rio Grande do Sul. Sendo assim, o porto passou a ser conhecido como o "Porto dos Casais" e pertencia a Freguesia de Nossa Senhora da Conceição de Viamão (DE OLIVEIRA, 2010; SCOTT, 2017; PMPA, 2019)

De acordo com o documento intitulado "Breve História de Porto Alegre", divulgado pelo Centro de Pesquisa Histórica da Secretaria Municipal de Cultura:

A importância estratégica do Guaíba e de sua "esquina" tornaram imprescindível a mudança da administração do continente para Porto Alegre e, assim, em 26 de março de 1772, foi criada a Freguesia de São Francisco de Porto dos Casais, com jurisdição própria e separada da Freguesia de Nossa Senhora da Conceição de Viamão. Isso significava a criação dos primeiros serviços públicos, uma vez que seus habitantes não precisariam deslocar-se até Viamão para realizar os registros de nascimentos, casamentos e óbitos. Eles eram agora porto-alegrenses, nome popular dado ao movimentado porto e a sua gente (PMPA, 2011).

Roche (2017) associa o desenvolvimento da cidade de Porto Alegre as condições naturais que lhe eram oferecidas, incluindo fatores geográficos favoráveis. Dentre os pontos que explicam a importância assumida pela então Sede do Governo do Rio Grande de São Pedro no ano de 1773, está a sua inserção em um conjunto de lagos e de rios, em meio uma via navegável de mais de 600 Km de extensão, entre as Lagos Mirim e dos Patos e os vales do Jacuí e seus afluentes (Gravataí, Sinos, Caí, Taquari). A localização às margens do Lago Guaíba, segundo Souza (2010), fez

Porto Alegre se tornar uma referência de comunicação com outras regiões do estado, bem como de expedição para o transporte de mercadorias. O porto era indispensável e, em função da geografia peninsular, obras de ampliação foram necessárias para impulsionar o comércio e a evolução urbana.

Freitas (2010) evidencia que durante as primeiras décadas do século XIX, Porto Alegre desponta no cenário meridional, sobretudo, destacando-se em termos de desenvolvimento, perante as demais vilas da Capitania. Este contexto contribuiu para que em 1809, a Capitania do Rio Grande de São Pedro fosse dividida em quatro grandes regiões: Porto Alegre, Santo Antônio da Patrulha, Rio Grande e Rio Pardo, isto é, são demarcadas áreas administrativas, tendo como base importantes núcleos populacionais. A Figura 4.2 representa a divisão administrativa do Rio Grande do Sul neste período.

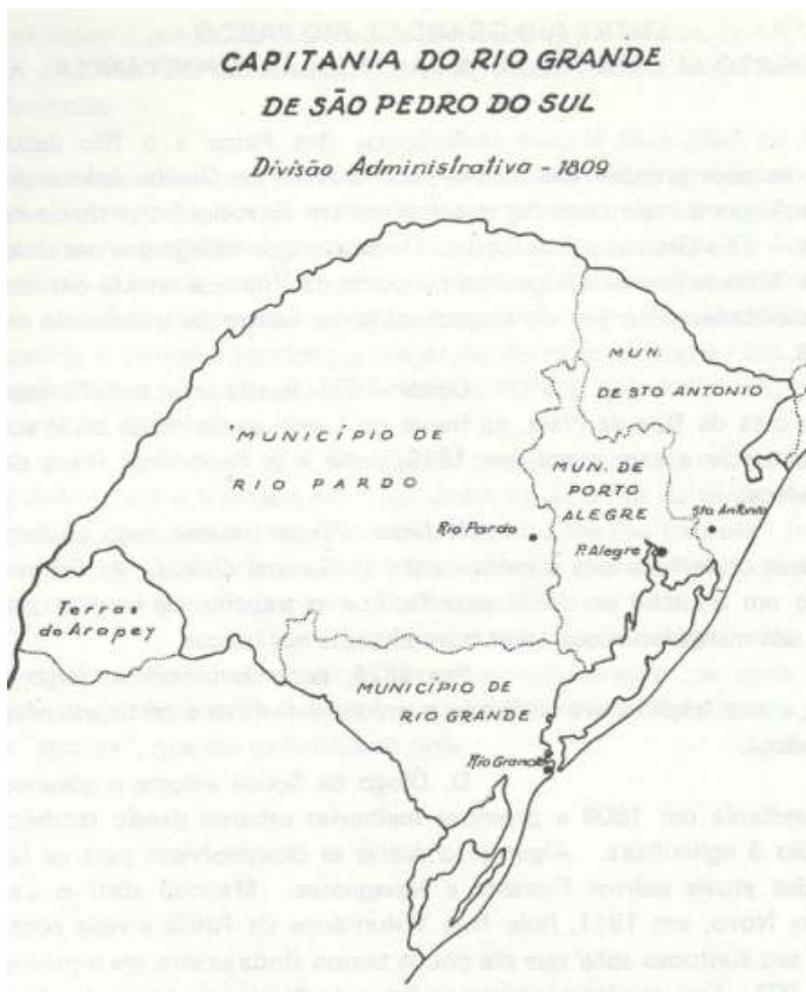


Figura 4.2 – Representação da divisão dos quatro municípios que deram origem ao Rio Grande do Sul

Fonte: DE OLIVEIRA; 1985

Segundo o trabalho desenvolvido por De Andrade (2018), cujo objetivo foi analisar a percepção e opinião da população regional sobre a classificação e a poluição do Guaíba, a maioria dos entrevistados (59%) consideram o manancial um “Lago” de acordo com seu conhecimento, já 24% dos 238 entrevistados o considera um Rio e “Estuário” é a classificação evidenciada por 13% das respostas.

Por sua vez, o Atlas Ambiental de Porto Alegre conceitua o Guaíba como um lago, entre as razões principais está o fato dos rios que no Guaíba desembocam formarem um delta, nesse caso quando o volume confinado por canais se encontra com um grande corpo d’água, o rápido desconfinamento de água causa a descarga de materiais arenosos e argilosos que vinham sendo transportados pelos rios, e esta consiste uma característica comum de lagos (MENEGAT, 2018). Atualmente, a Prefeitura Municipal de Porto Alegre adota como classificação oficial o termo Lago Guaíba (DMAE, 2019), todavia, a Marinha do Brasil adota o termo rio (CHM, 2019). De acordo com Toldo Junior *et al.* (2009), o Guaíba apresenta fortes fluxos que atuam diretamente no tempo de residência médio das águas, esta característica associada a evidência de um canal de escoamento preferencial que justifica a ocorrência de sedimentos finos ao longo do mesmo, são pontos de escoamentos não observados em lagos, lagoas ou lagoas.

Como já destacado na seção 4.1, o Lago Guaíba estabelece influência direta sob o desenvolvimento de Porto Alegre e a região metropolitana. Hausman (1963) por sua vez, evidencia a evolução econômica, comercial e industrial, somada ao ambiente geográfico como os principais fatores condicionados ao desenvolvimento urbano da capital gaúcha. Sobretudo, ressalta-se que a intervenção antrópica modifica o meio ocupado, em prol da adaptação deste às necessidades identificadas na medida em que existam possibilidades técnicas para tal. Dessa forma, após as primeiras fases de ocupação registradas, Porto Alegre foi marcada pelas limitações impostas pelo relevo, dada a presença de colinas graníticas circundadas por estreitas faixas de planície junto ao Guaíba. As áreas mais elevadas eram muito íngremes para serem transpostas e as áreas mais rebaixadas, junto aos cursos hídricos registravam inundações frequentes. Contudo, por meio de diversas intervenções realizadas, em diferentes escalas, e visando se manter nas proximidades do centro, o quadro urbanístico incorporou áreas ocupadas pelo Guaíba, as quais foram aterradas.

O registro da área central de Porto Alegre no século XIX, anterior as obras de aterramento, é apresentado na Figura 4.4, a qual permite associar a configuração da

área como uma península que estabelece ligação com o restante do município pela continuidade granítica. Já a Rua Formosa (atual Rua Duque de Caxias), destacada em vermelho no mapa, consiste no divisor de águas que dá origem a orla norte e sul, onde encontravam-se as praias intensamente frequentadas por banhistas, principalmente entre as décadas de 1940 a 1970 (DIAS, 2011 e PRESTES, 2008).

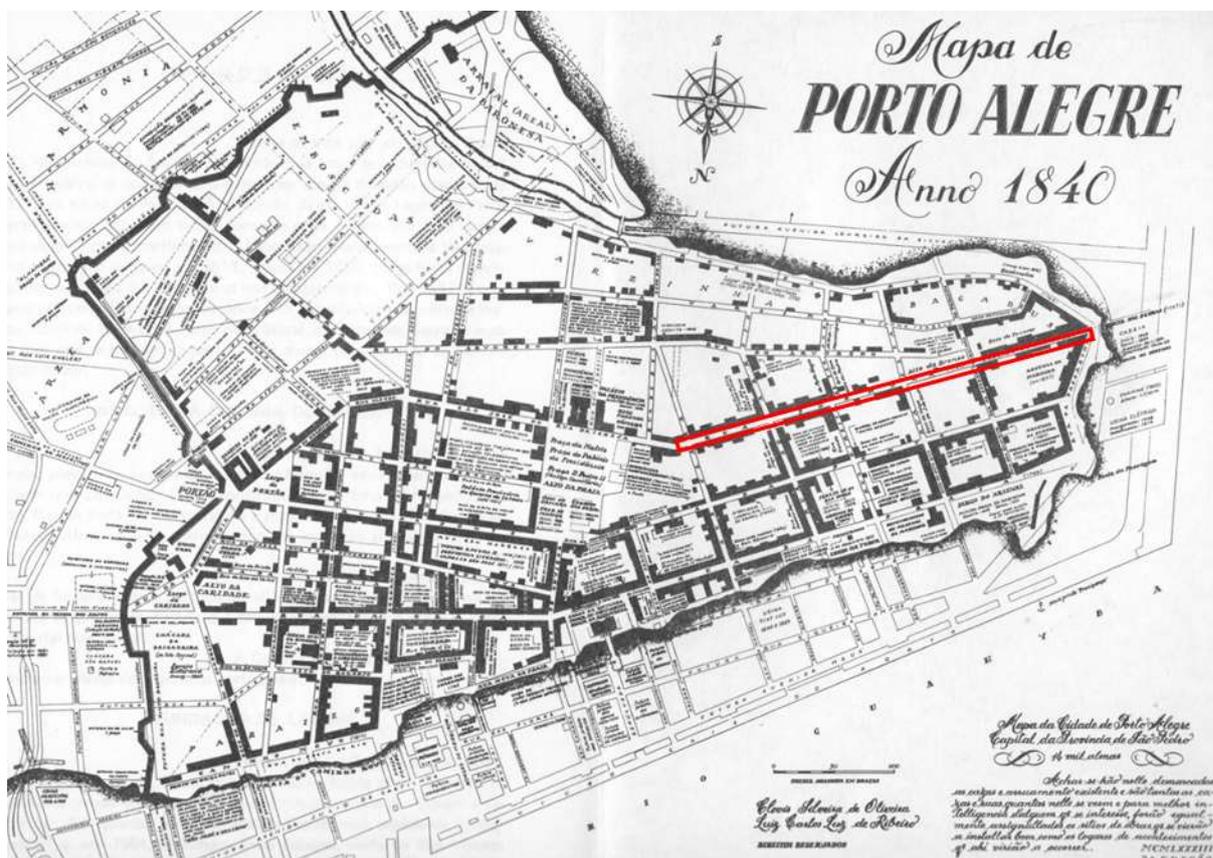


Figura 4.4 – Mapa de Porto Alegre no ano de 1840. As linhas finas representam as alterações consideradas a partir dessa data. Em vermelho está destacada a atual Rua Duque de Caxias.
Fonte: DE OLIVEIRA; 1985

A partir de 1885, são registrados sucessivos aterramentos na orla da capital gaúcha, variando entre faixas mais estreitas a preenchimentos de reentrâncias do próprio Guaíba (DIAS, 2011). Segundo De Souza (1995), os aterros da orla norte ocorreram em função de condições portuárias mais adequadas, decorrentes da própria topografia que propicia a proteção dos ventos sul. A Figura 4.5 evidencia a Construção do Cais do Porto em 1918. Por sua vez, conforme destaca Franco (2006), os aterros na orla sul desenvolveram-se conforme as necessidades de instalações e de novos acessos da cidade. A Avenida Praia de Belas constituiu uma das primeiras obras na região, posteriormente foi aprovado o projeto de um grande aterro, o qual previa a conquista de uma larga faixa do Guaíba e a construção de uma Avenida Beira-Rio. O aterramento também foi justificado pela pouca profundidade do Guaíba

naquela enseada e pela tendência de assoreamento. A Figura 4.6 registra as obras do aterramento observado na orla sul.



Figura 4.5 – Construção do Cais do Porto na Orla Norte em 1918.
Fonte: Cais Mauá, PROCEMPA (2019)

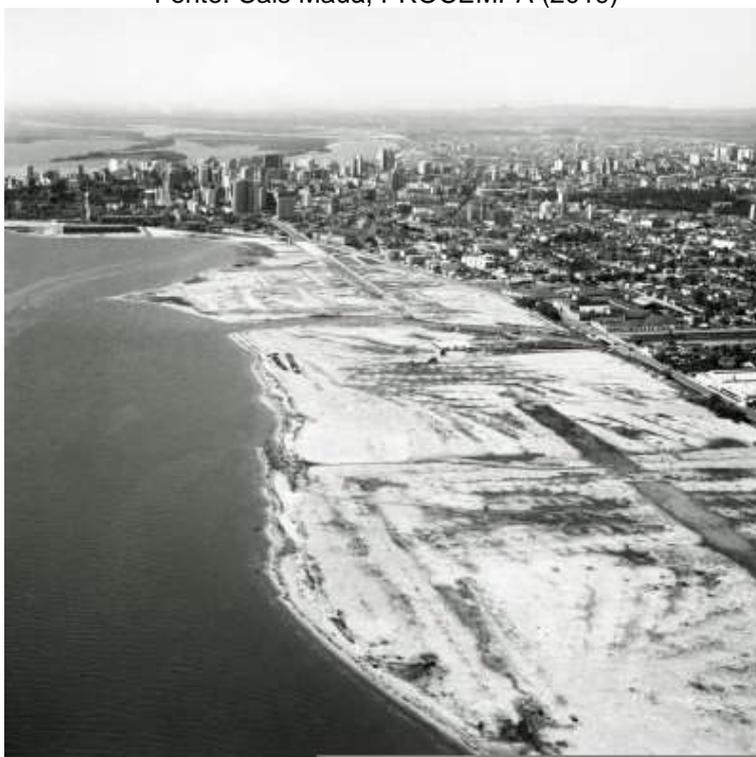


Figura 4.6 – Obra dos aterros registrados na Orla Sul em 1959.
Fonte: JAMES (2015).

A capital gaúcha está situada 3,0 metros acima do nível do mar, o que atenta para a suscetibilidade associada a região (Guimaraens, 2009). Diversos são os registros de níveis que provocaram o extravasamento do leito menor do Guaíba, ocasionando inundações e, portanto, prejuízos para a população estabelecida nas regiões mais baixas da cidade, às margens do referido curso hídrico. A Tabela 4.1

apresenta os registros de eventos de inundação ocorridos em Porto desde o século XIX.

Tabela 4.1 – Eventos de Inundação registrados em Porto Alegre

Ano	Relato do Evento	Cota ⁽⁸⁾ Atingida (m)	TR (anos)
1833	Período de poucos registros, porém a enchente deste ano chama a atenção do visitante francês Arsène Isabelle nos apontamentos do seu livro de viagem		
1841	Calamidade registrada em documentação municipal		
1847	Calamidade registrada em documentação municipal		
1850	Calamidade registrada em documentação municipal		
1873 ⁽¹⁾	Publicação do jornal A Reforma registra a enchente ocorrida em outubro e flagelou grande número de famílias moradoras da margem do Guaíba e Riacho	3,50	38
1897	Correio do Povo noticia grande quantidade de chuva que há dias caía sobre a cidade. Datada de junho, novamente os mesmos lugares eram inundados e a correnteza do Riacho ocasionou a destruição da Ponte d’Azenha		
1898	Intendente José Montauray, através de Relatório encaminhado ao Conselho Municipal registra as perdas causadas pela enchente durante o inverno do referido ano		
1905	Os margens do Guaíba e do Riacho transbordam novamente no mês de agosto, essa calamidade é ainda agravada com a epidemia de varíola		
1912	Neste ano ocorrem 3 enchentes sucessivas, em maio agosto e setembro		
1914 ⁽²⁾	A maior enchente registrada desse 1873, então noticiada pelo Correio do Povo	2,60	5,5
1926	Ocorrida em setembro, a cheia foi resultante de 313,7 mm de precipitação em 16 dias, a inundação atingiu mais de 40 ruas da cidade	3,12	
1928 ⁽³⁾	Ano que marcou a ocorrência de duas cheias, a primeira em junho e posteriormente em setembro, cujo evento gerou 30 mil flagelados	3,20	19
1936 ⁽⁴⁾	Correio do Povo noticia as áreas atingidas pela inundação decorrente de 12 dias de precipitação	3,22	20
1941 ⁽⁵⁾	Ano da maior inundação registrada na capital gaúcha, deixou cerca de 40 mil flagelados. A cidade parou e os serviços essenciais levaram meses para que fossem completamente recuperados	4,75	370
1967 ⁽⁶⁾	Ainda sem a proteção do que viria a ser o Muro da Mauá, o Guaíba atinge várias ruas da cidade	3,13	18
1983	Ocorrido em setembro, não se iguala aos eventos anteriores	2,32	3,8
2001	Engloba os registros mais recentes, porém não causaram impactos negativos significantes	2,40	4,5
2015 ⁽⁷⁾	Resultou no Decreto Nº 19.183/2015 que declarou situação de emergência no município de Porto Alegre devido as chuvas intensas	2,94	

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) Maiores cheias do Lago Guaíba

(8) Altura das águas em relação ao nível do mar

Fonte: GUIMARAENS, 2009; OLIVEIRA, 1985 e PORTO ALEGRE, 2015

A interação entre a população e o Guaíba, tendo em vista o avanço do homem em direção ao leito do mesmo, bem como das águas sobre áreas ocupadas, tem um ápice no evento registrado em 1941. Entre os dias 10 de abril e 14 de maio, Porto Alegre registrou 619,4 mm de precipitação, o que elevou o Guaíba a cota máxima de 4,75 metros, este evento é considerado uma grande tragédia dado os prejuízos mensurados. Cerca de 70 mil pessoas foram atingidas e 15 mil residências inundadas, segundo a Comissão de Restauração Econômica, criada pelo Governo do Estado na época, os prejuízos alcançaram o valor equivalente a cerca de 30 milhões de dólares (GUIMARAENS, 2009).

Conforme destaca De Oliveira (1985), as repetidas calamidades, sobretudo o evento registrado em 1941, provocaram a reação das autoridades em busca de soluções capazes de proteger a cidade contra novos eventos de inundação. Na época, o Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) foi responsável pela execução de uma série de obras que objetivavam reduzir os impactos negativos decorrentes das inundações.

4.3. Sistema de proteção contra inundações

A bacia hidrográfica, na qual está inserido o município de Porto Alegre, registra uma expressiva disponibilidade hídrica, logo está associada a potenciais igualmente expressivos de inundação das planícies localizadas às margens dos cursos hídricos. Dessa forma, os prejuízos oriundos do evento ocorrido em 1941 alavancaram um debate em torno de alternativas e proposições que buscassem proteger a cidade da ocorrência de novos eventos de inundação (TUCCI, 2000 e GUIMARAENS, 2009).

Conforme relatado por Guimaraens (2009), dentre as soluções para constituição de um sistema de proteção apresentadas ainda na década de 40, estava a alternativa de retificar o leito do Rio Gravataí em direção ao oceano, invertendo o seu fluxo e diminuindo, conseqüentemente, o volume de água do Guaíba durante as cheias. Outra alternativa previa a instalação de barragens nos rios formadores do Guaíba, buscando assim controlar o excedente de água. Por sua vez, o engenheiro Ary de Abreu Lima, reitor da então Universidade de Porto Alegre, propôs a construção de um muro que partiria da Usina do Gasômetro, estendendo-se pelo Guaíba, atravessando as ilhas Cônsul, dos Marinheiros e do Pavão e fechando na rua Voluntários da Pátria, próximo ao bairro Navegantes. O projeto previa ainda a entrada

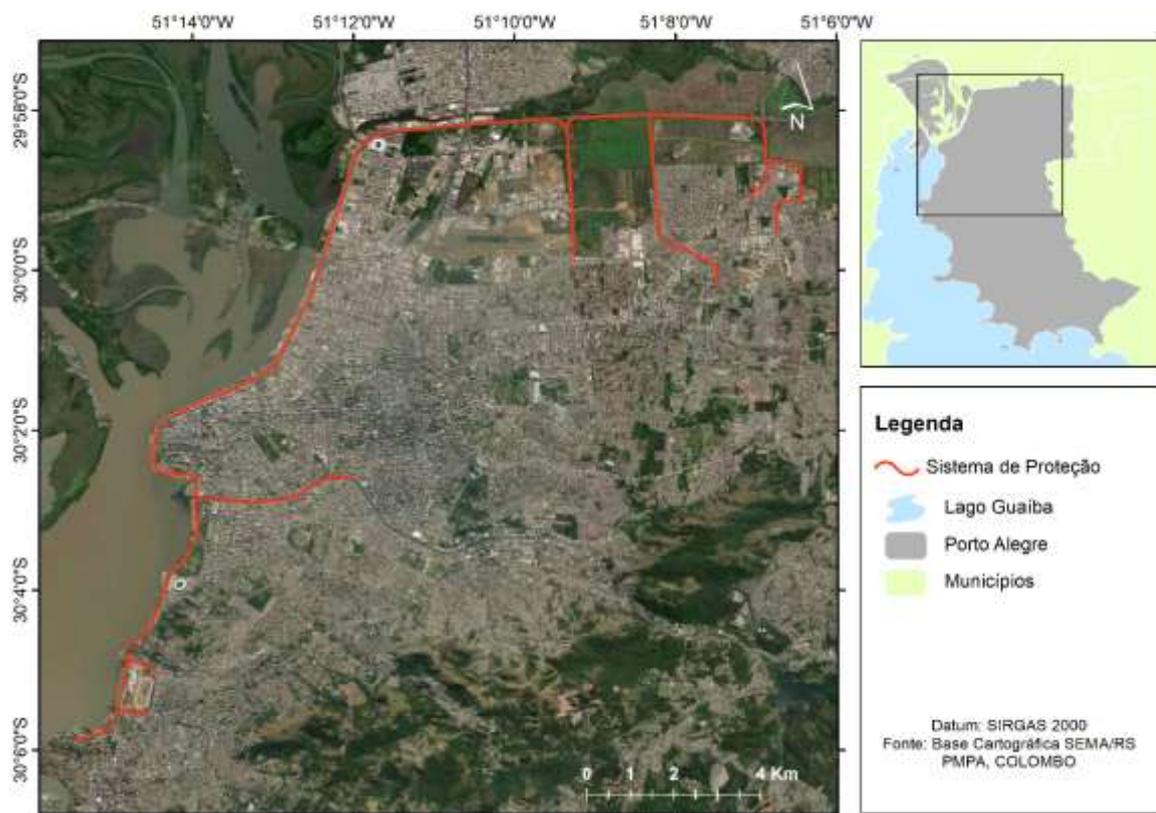


Figura 4.9 – Espacialização do Sistema de Proteção contra inundações implantado em Porto Alegre.
Fonte: adaptado de MÜLLER NETO (2018)

Construído entre os anos de 1971 e 1974, o Muro da Mauá integra uma medida estrutural que, além dos 68 Km de dique, inclui 14 comportas de vedação e 19 casas de bombas (DEP, 2019). Tucci (2000) evidencia que as casas de bomba atuam na drenagem interna do sistema de diques, dado que este foi projetado para a cota 6,0 metros, resultando assim, 1,25 metros acima da cota da cheia de 1941. Dessa forma, o bombeamento garante a passagem das águas pluviais e os esgotos pelo sistema de proteção. A Figura 4.10 e a Figura 4.11 retratam, respectivamente, um trecho do Muro da Mauá e uma das casas de bomba que compõe o sistema de proteção.



Figura 4.10 – Muro da Mauá.
Registro realizado em Outubro de 2019.



Figura 4.11 – Casa de Bombas instalada na Av. Siqueira Campos esquina com Rua Bento Martins.
Registro realizado em Outubro de 2019

O Muro da Mauá é resultante de uma obra executada pelo extinto DNOS. Esse departamento encerrou suas atividades em 1990 e, a partir de 1973 o Departamento de Esgotos Pluviais (DEP) assumiu a gestão das redes pluviais da capital. Atualmente, através de Projeto de Lei aprovado, o DEP também foi extinto. As competências do departamento foram distribuídas entre a Secretaria Municipal de Infraestrutura e Mobilidade Urbana (Smim) e a Secretaria Municipal de Serviços Urbanos (SMSUrb) (DEP, 2019 e MÜLLER, 2017).

Ainda na década de 1970, o Muro da Mauá se tornou pauta de discussões, e os questionamentos prevalecem até os dias atuais. Tucci (2007) destaca que o fato de não haver registros recentes de cheias que atinjam a cota de proteção, corrobora nos questionamentos sobre a necessidade do sistema, uma vez que existe interesse pela ocupação e uso do espaço entre o Muro e o Lago Guaíba. A Figura 4.12 e Figura 4.13 apresentam registros do antigo Cais Mauá.



Figura 4.12 – Galpões e guindastes localizados na área entre o Muro da Mauá e o Lago Guaíba
Registro realizado em Outubro de 2019.



Figura 4.13 – Galpões do Cais Mauá
Registro realizado em Outubro de 2019

Somado as proposições de revitalização do Cais Mauá, a orla do Guaíba também integra as áreas não protegidas pelo sistema de proteção contra inundações que registra a instalação de empreendimentos (Figura 4.14 e Figura 4.15). O trecho próximo a Usina do Gasômetro foi submetido a um projeto de revitalização e atualmente, está em andamento outra obra que visa a revitalização do trecho próximo ao Parque da Marinha do Brasil.



Figura 4.14 – Trecho da orla do Guaíba localizada próximo a Usina do Gasômetro
Registro realizado em Outubro de 2019.



Figura 4.15 – Empreendimento localizado na orla do Guaíba
Registro realizado em Outubro de 2019

4.4. Estudos desenvolvidos na área em análise

Diversos são os trabalhos desenvolvidos na área de estudo em análise (ANDRADE, 2018; MONTE *et al.*, 2018; CONTASSOT *et al.*, 2015; ABG, 2015 e VAZ, 2015) e é possível verificar que os mesmos abrangem estudos da influência do ambiente urbano na qualidade da água do Lago Guaíba, implicações da ausência de dispositivos de controle de inundações e a revitalização do Cais Mauá.

Martinbianch *et al.* (2018) por sua vez, realizou a aplicação preliminar do Modelo de Grandes Bacias (MGB-IPH) para a análise da cheia ocorrida em 1941, onde se objetivou reconstruir o evento aplicando modelagem hidrológica e hidrodinâmica, uma vez que não há registro de dados de monitoramento de nível do Guaíba para caracterização desse evento. Desenvolvido pelo grupo de pesquisa Hidrologia de Grande Escala do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da UFRGS, o MGB possibilita simulações hidrológicas e representação da transformação da chuva-vazão em bacias de grande escala, uma vez que é integrado a plataformas de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Sendo assim, considerando também os resultados estabelecidos por Martinbianch *et al.* (2018), Müller Neto (2018) verificou os impactos causados por três significantes eventos de inundação em Porto Alegre na hipótese de inexistência do

sistema de proteção contra cheias do Lago Guaíba. Tendo em vista eventos similares aos ocorridos em 1941, 1967 e 2015, o trabalho indica o número máximo de edificações que seriam afetadas, respectivamente, sendo estes 43.553, 16.749 e 12.815 unidades.

A estimativa dos impactos decorrentes dos eventos de inundação foi desenvolvida através do mapeamento das áreas atingidas pelos eventos, tendo em vista uma análise espaço-temporal. O processamento realizado para quantificação das edificações atingidas consistiu na aplicação do Modelo Digital do Terreno (MDT), o qual representa um conjunto de pontos que caracterizam a cota no nível do solo, sem as estruturas acima da superfície. Posteriormente, o cruzamento de dados de altimetria, informações de localização das edificações e níveis d'água registrados no Lago Guaíba durante as inundações, resultou a quantificação das edificações atingidas em cada evento (MÜLLER NETO, 2018).

Ao passo que é notória a existência de vários trabalhos envolvendo o contexto Porto Alegre e Lago Guaíba, não há registros de uma avaliação sob a perspectiva da interação homem-água.

5. METODOLOGIA

O presente trabalho pode ser sintetizado pelo desenvolvimento das etapas representadas pela Figura 5.1. A etapa de conceituação de um modelo teórico do sistema de interação homem-água verificado em planícies de inundações, associado ao levantamento de dados e registros históricos da área de estudo objetivou a relação das informações resultantes das duas etapas. Assim, tendo em vista o enquadramento entre o modelo e a área de estudo, buscou-se identificar as possíveis projeções a longo prazo.

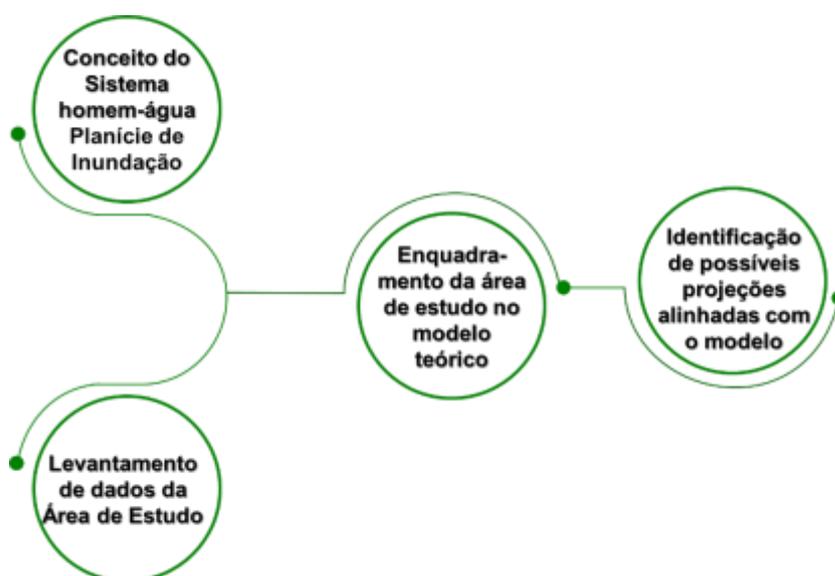


Figura 5.1 – Representação das etapas que compõe o presente estudo

A seguir são detalhas as etapas que compõe o estudo, bem como a base de dados aplicada para o alcance dos objetivos.

5.1. Modelo Teórico: Sistema homem-água

O detalhamento do modelo teórico foi realizado com base na literatura, tendo em vista o estudo desenvolvido por Di Baldassarre *et al.* (2015). O estudo adotado permite uma representação mais próxima às observações do mundo real. Di Baldassarre *et al.* (2015) buscam a formalização matemática de hipóteses plausíveis que capturem as interações entre processos físicos e sociais, visando explorar as mudanças no risco de inundação. A base matemática do estudo desenvolvido pelos autores não busca a precisão na simulação de processos hidrológicos, demográficos, tecnológicos e sociais.

5.2. Dados da Área de Estudo

A caracterização do contexto histórico e atual são essenciais para a avaliação proposta pelo presente trabalho. Sendo assim, realizou-se uma pesquisa tendo em vista fontes eletrônicas, publicações físicas e consultas presenciais a instituições públicas do município de Porto Alegre.

Dentre os portais eletrônicos destacam-se os endereços do DEP, Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE) e o portal do Observatório da Cidade de Porto Alegre – Observa POA. Também foram consultados vários trabalhos que estão associados a área de estudo, dentre eles evidencia-se o estudo desenvolvido por Müller Neto (2018). As principais publicações físicas utilizadas como referência são as publicações de De Oliveira (1985) e Guimaraens (2009). Quanto aos registros históricos evidenciados por fotografias, uma grande parcela é oriunda de consulta realizada junto a Fototeca do Museu Joaquim Felizardo que reúne um vasto acervo de imagens do século XIX e XX. Visando ainda a consulta de produtos cartográficos que remetessem aos limites naturais das margens do Lago Guaíba, consultou-se os produtos encontrados no Arquivo Histórico de Porto Alegre Moysés Vellinho.



Figura 5.2 – Planta de Porto Alegre representando os limites territoriais verificados em 1888

Fonte: Arquivo Histórico de Porto Alegre Moysés Vellinho.



Figura 5.3 – Mapa de Porto Alegre datado de 1937, este possui uma delimitação das áreas inundadas em 1941, bem como alguns registros de cota.

Fonte: Arquivo Histórico de Porto Alegre Moysés Vellinho.

5.3. Enquadramento da Área de Estudo

Uma vez contextualizada a área de estudo e definido o modelo teórico representativo do sistema homem-água associado a planícies de inundação, identificou-se os marcos do contexto histórico da capital gaúcha que podem ser compreendidos pela teoria do modelo. Uma parcela significativa das informações

apresentadas para validação do enquadramento é evidenciada no item referente aos Dados da Área de Estudo. Entretanto, o enquadramento considera ainda dados espaciais e registros realizados na região onde está implantado do sistema de proteção contra inundações em Porto Alegre.

5.3.1. Levantamento de Dados

Além das fontes de dados evidenciadas anteriormente, o enquadramento inclui o retrato da situação atual, portanto, consultou-se versões digitais de noticiários reconhecidos na área de estudo a fim de evidenciar os questionamentos relacionados a cortina de proteção, um dos diques que integra o sistema instalado para evitar ocorrência de inundações.

O detalhamento da situação atual também inclui a identificação da ocupação da margem não protegida pelo sistema contra inundações, localizada entre os diques e o Lago Guaíba. Sendo assim, foi verificado o sistema de Consulta Informações de Licenças Ambientais, onde a Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SEMA) divulga e disponibiliza as licenças ambientais emitidas.

5.3.2. Dados em Campo

Durante o desenvolvimento do trabalho também se registrou alguns pontos de interesse no entorno do Muro da Mauá e na orla do Lago Guaíba, trecho próximo a Usina do Gasômetro. A visita evidenciou a intensa ocupação na área inundada pelo evento de inundação ocorrido em 1941 e que atualmente está protegida pelo sistema instalado na década de 1970. A Figura 5.4, Figura 5.5, Figura 5.6 e Figura 5.7 destacam pontos da área central de Porto Alegre e do trecho da orla do Guaíba, próximo a Usina do Gasômetro.



Figura 5.4 – Área central de Porto Alegre que possui um registro fotográfico evidenciando o avanço das águas do Lago Guaíba em 1941.



Figura 5.5 – Trecho do Muro da Mauá próximo a Usina do Gasômetro onde a altura é inferior a 3 m (altura registrada ao longo de grande parte do Muro)

Registro realizado em Outubro de 2019



Figura 5.6 – Trecho da orla do Guaíba próximo a Usina do Gasômetro.

Registro realizado em Novembro de 2019.

Registro realizado em Outubro de 2019



Figura 5.7 – Alerta sobre as condições qualitativas das águas do Guaíba próximo a Usina do Gasômetro.

Registro realizado em Novembro de 2019

5.3.3. Dados espaciais

Tendo em vista a validação de algumas respostas previstas pelo modelo teórico utilizou-se também dados espaciais e ferramentas de geoprocessamento empregando o programa computacional ArcGIS. Dessa forma, foi possível elaborar imagens que representam a espacialização de informações de interesse.

Uma vez verificada a intensa ocupação de áreas já inundadas por eventos de inundação em bairros da região central e próximos das margens do Lago Guaíba, buscou-se através do navegador *Google Earth*, a identificação de infraestruturas públicas localizadas sobretudo nas áreas classificadas como de aterro.

A delimitação dos limites de Porto Alegre, especificamente das margens do Guaíba anteriores a influência antrópica através das obras de aterramento foi realizada a partir de um mapa apresentado por De Oliveira (1985) e datado de 1840. Este registro é anterior ao produto cartográfico mais antigo encontrado no Arquivo Histórico de Porto Alegre Moysés Vellinho (1888). A vetorização resultou a área de aterro total, a qual também foi comparada com dados oriundos do Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre (HASENACK, 2008). Os valores utilizados são resultantes das classes identificadas como aterro e tipos de terreno, associadas ao vetor de geologia e pedologia, respectivamente.

Uma vez conhecida a margem do Guaíba anterior as obras de aterramento, foi possível realizar a sobreposição destas com as áreas supostamente inundadas em uma condição de inexistência do sistema de proteção durante os eventos com os mesmos parâmetros hidrológicos registrados em 1941, 1967 e 2015, estas áreas por sua vez são resultantes do trabalho desenvolvido por Müller Neto (2018).

5.4. Projeções

Por fim, foram identificados possíveis desdobramentos do cenário atual para um horizonte de longo prazo e estes consideram alternativas distintas para o Muro da Mauá. Dentre as alternativas, algumas são registradas em manifestações da sociedade civil e do poder público, ou ainda estão associadas ao contexto histórico associado a área de estudo.

RESULTADOS

5.5. Enquadramento da Área de Estudo no Modelo Teórico

A capital do Estado do RS, sobretudo a região central da cidade localizada às margens do Lago Guaíba, constitui um complexo sistema de interação homem-água. Desde a sua fundação até os dias atuais, a população porto-alegrense registra diferentes interações com o referido curso hídrico e o mesmo também marca influência na ocupação da região. Portanto, as próximas seções consideram o contexto da área de estudo para avaliação do seu enquadramento no modelo teórico resumido pela Figura 5.8.

5.6. Modelo Teórico: Sistema Homem-Água em Planícies de Inundação

A ocorrência de desastres naturais está associada ao registro de fenômenos naturais em áreas ocupadas pelo homem, podendo então resultar em perdas tangíveis e intangíveis. Dessa forma, a socio-hidrologia, uma ciência em desenvolvimento cujo objeto é a interação bidirecional homem-água, apresenta-se como um meio para compreender e identificar as dinâmicas que provocam alterações no meio físico e antrópico e que são resultantes de um processo de interação entre os respectivos meios.

As planícies de inundação consistem importantes áreas de estudo neste contexto, uma vez que a ocupação destas áreas é datada desde as primeiras civilizações. Conforme evidenciado na literatura, ocorrem influências da ocupação humana sobre a dinâmica hidrológica, assim como dos eventos de inundação no desenvolvimento socioeconômico e ocupação destas áreas.

A abordagem apresentada por Di Baldassarre *et al.* (2015), objetiva explicitar a dinâmica do risco associado as planícies de inundação por meio das interações entre inundações e sociedade. Sendo assim, as planícies de inundação são tratadas como um único sistema físico-antrópico não linear. Fundamentada através de teorias sociais e um conjunto de expressões matemáticas, a nova abordagem proposta não tenta esquematizar um estudo de caso específico, mas sim usar a modelagem socio-hidrológica como ferramenta exploratória para apoiar o entendimento das mudanças no risco de inundações emergentes das interações entre sociedade e inundações.

Dessa forma, é possível conceituar teoricamente um modelo de interação entre inundações e sociedade. Inicialmente, considera-se a ocupação antrópica de uma

área propensa a inundações, e esta ocupação somada ao posterior desenvolvimento da área, é resultante, geralmente, da busca pelos benefícios econômicos associados às planícies de inundação. Estes benefícios variam ao longo do tempo e incluem desde a evidente proximidade com um curso hídrico para atendimento de demandas à fertilidade do solo, navegação, alternativa para disposição de resíduos e efluentes, lazer, entre outros.

Tendo em vista a propensão a inundações, o modelo segue considerando a ocorrência de um evento significativo, cujos efeitos resultam enormes prejuízos aos moradores da planície. Após vivenciar o evento, a comunidade em estado de choque desenvolve a memória da inundação, a qual é conceituada pela interação entre a vulnerabilidade da população e o evento de inundação e é reforçada a cada novo evento.

Após o evento de grandes proporções, a comunidade pode responder de duas formas: reduzindo a densidade populacional da planície, tendo em vista o afastamento da comunidade em relação ao curso hídrico ou instalando medidas de proteção contra inundações, como por exemplo diques. O decaimento da memória da inundação ao longo do tempo, contribui para uma tendência de aumento da densidade populacional nas planícies de inundação por meio da ocupação na área protegida pelas medidas implantadas ou ainda, pelo reassentamento de comunidades na área.

Diretamente associado a resposta adotada após o significativo evento de inundação, observa-se o desenvolvimento de sociedades tecnológicas ou sociedades verdes. As primeiras, optam pela implantação de medidas estruturais de proteção contra inundações visando reduzir a probabilidade de ocorrência do evento. Logo, visto que as estruturas de proteção são dimensionadas para um TR específico, estas não atuam na proteção de eventos mais críticos ao evento considerado para definição dos parâmetros de projeto, cujo cenário não é inevitável. Ou ainda, existe o risco da medida estrutural colapsar durante um evento, tendo em vista seu processo de deterioração e falta de manutenção do sistema. Assim, é possível que a sociedade tecnológica vivencie perdas ainda mais desastrosas às registradas no evento que motivou a resposta adotada. As planícies de inundação dotadas de um sentimento de falsa segurança originado pela implantação de medidas estruturais registram um aumento na ocupação da margem protegida após a referida implantação, aumentando conseqüentemente os prejuízos decorrentes de eventos de inundação.

O mecanismo observado em sociedades verdes, onde a resposta aos eventos de inundação vai ao encontro de uma política de “convivência com inundações”, consiste na adoção de medidas que buscam reduzir as consequências destes eventos. Assim, por meio da frequente ocorrência de inundações, a população torna-se resiliente ao evento e, constantemente, reforça a memória da inundação. Este contexto resulta em perdas menores para um mesmo evento de mesma magnitude vivenciado em uma sociedade tecnológica. A Figura 5.8 resume as fases que compõe o modelo teórico de interação homem-água caracterizado.

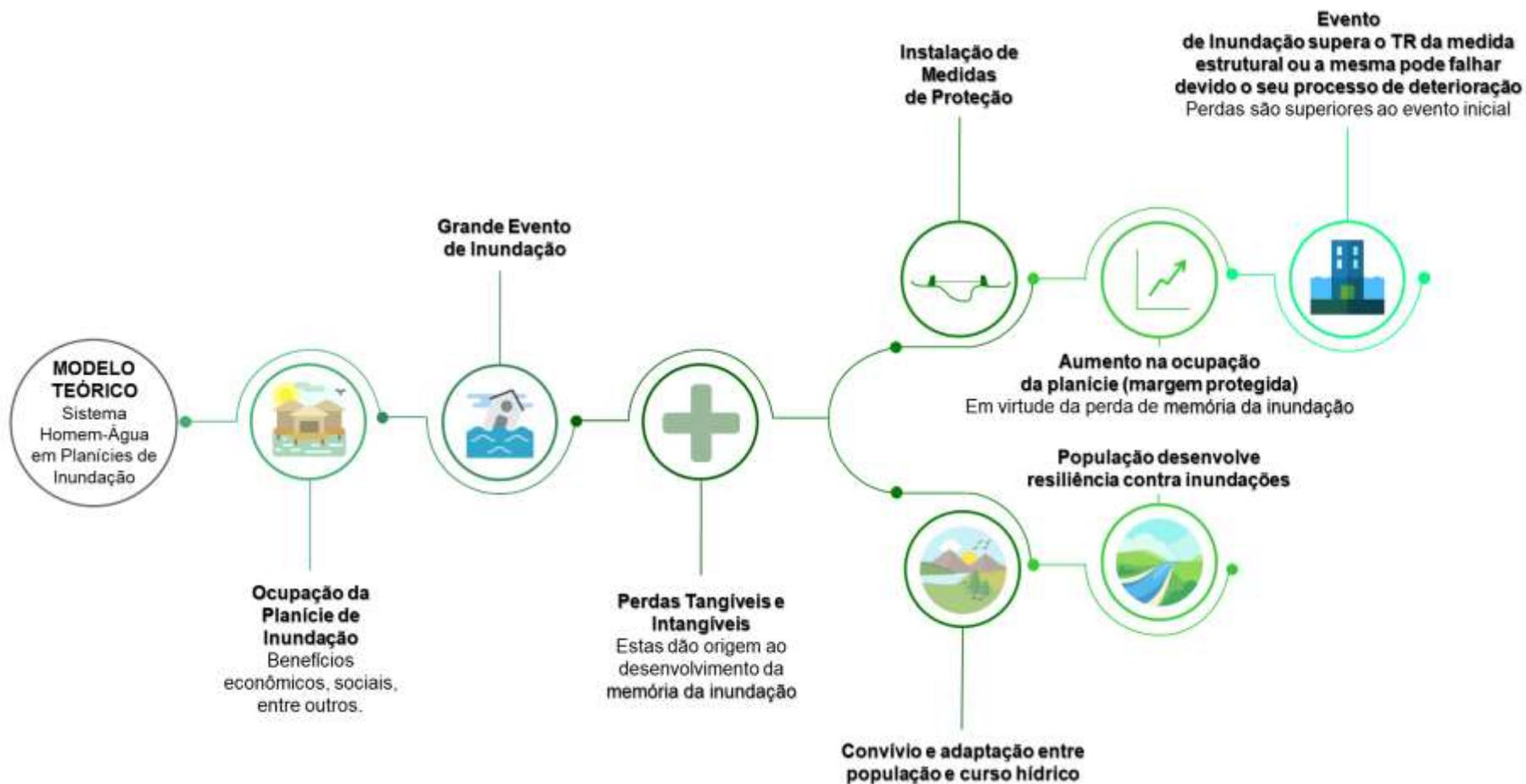


Figura 5.8 – Representação de um modelo teórico de interação homem-água em planícies de inundação

A presente caracterização de um modelo de interação homem-água, constituída pela especificação das etapas que o compõe, apoia o entendimento dessa nova abordagem. Sendo assim, acredita-se que o enquadramento deste modelo em diversas áreas de estudo contribui para validação do mesmo e para o seu aprimoramento. Uma vez que a compreensão de particularidades identificadas em casos específicos, pode dar origem a dinâmicas de influência sob o risco associado a eventos de inundação ainda não consideradas.

5.6.1. Ocupação da Planície de Inundação e a Freguesia de São Francisco do Porto dos Casais

Anterior a fundação oficial de Porto Alegre, ocorrida em 1772, a cidade constituía uma região de grande relevância no Estado. Um aspecto que expressava esta relevância está associado a localização do território às margens do Lago Guaíba, o qual tem como afluente o Rio Jacuí e possibilita, portanto, a ligação de Porto Alegre com outras regiões do RS. O item 4.1 evidencia mais informações sobre o contexto histórico do período em que formou-se a atual capital gaúcha.

A formação e posterior desenvolvimento da região central de Porto Alegre correspondem a primeira etapa do modelo teórico em análise: a ocupação da planície de inundação. Pois a presente área de estudo constitui uma região de várzea cujo desenvolvimento está diretamente associado a intensa atividade portuária registrada no século XIX e XX., impulsionando assim o comércio e a urbanização da região.

Além das atividades portuárias desenvolvidas no Lago Guaíba (Figura 5.9), o mesmo também registrava áreas de praia e constituía uma opção de lazer para os porto-alegrenses. Existem diversos relatos sobre a movimentada Rua da Praia, que foi assim chamada até 1865 e atualmente é a Rua das Andradas, localizada no Centro Histórico de Porto Alegre. A Figura 5.10 registra a importância do Guaíba para população, tendo em visto diversos usos, como por exemplo a lavagem de roupas.



Figura 5.9 – Porto em atividade durante o século XX.

Fonte: PROCEMPA, 2019



Figura 5.10 – Lavadeiras no Lago Guaíba (1910)

Fonte: Habitantes do Arroio (2009)

Contrapondo os benefícios atrelados a ocupação de uma das margens do Lago Guaíba, a população porto-alegrense também vivenciou constantes extravasamentos do referido curso hídrico. A Tabela 4.1 do item 4.2 evidencia a ocorrência de uma série de inundações que possibilita comparar a magnitude dos eventos a partir dos níveis alcançados e pelas estimativas de TR. O evento registrado em 1941 se destaca e marca maior evento de inundação vivenciado na capital do RS.

5.6.2. Grande Evento de Inundação e a Enchente de 41

A ocorrência de um significativo evento de inundação, tendo em vista seus impactos, constitui uma fase importante na representação do modelo teórico em análise. Dessa forma, evidencia-se que ao longo da ocupação e do desenvolvimento da área central de Porto Alegre são verificados vários eventos de inundação, entretanto o evento ocorrido em 1941 é marco da maior cota registrada no Lago Guaíba até os dias atuais. Este evento consiste no maior desastre hidrológico registrado na área de estudo.

O evento que gerou um cenário caótico na capital gaúcha entre os dias 10 de abril e 25 de maio de 1941 é de difícil caracterização, sobretudo considerando uma análise quantitativa. Tendo em vista o monitoramento hidrológico incipiente no período, a literatura apresenta vários trabalhos cujo objeto de estudo é o referido evento e seus impactos. Um exemplo é o trabalho desenvolvido por Martinbianch, *et al.* (2018), o qual realizou um estudo de reconstrução obtendo estimativas preliminares para as variáveis hidrológicas como vazão, nível de água e área

inundada, visto que os únicos registros são marcas de nível da água máximo em antigas construções ou relatos.

Dentre os trabalhos sobre a inundação de 1941, também se evidencia a publicação de Rafael Guimaraens (2009), intitulada como “A Enchente de 41”, a obra caracteriza o perfil de Porto Alegre na época e apresenta vários relatos vivenciados durante o evento, incluindo a mobilização que envolveu a cidade. A Figura 5.11 e Figura 5.12 retratam, respectivamente, a Rua Sete de Setembro e a Praça da Alfândega durante a inundação.



Figura 5.11 – Rua Sete de Setembro inundada em maio de 1941

Fonte: Acervo do Museu de Porto Alegre
Joaquim Felizardo



Figura 5.12 – Praça da Alfândega, Memorial do RS e Museu da Arte do RS (MARGS) durante a inundação de 1941

Fonte: Acervo do Museu de Porto Alegre
Joaquim Felizardo

5.6.3. Perdas Tangíveis e Intangíveis

Inerentes a um grande evento de inundação, as perdas tangíveis e intangíveis não constituem uma etapa isolada do evento, porém a representação do modelo em análise evidencia esses consequentes impactos. Esta evidência é justificada pelo estado de choque que caracteriza uma população após vivenciar um evento de inundação, e é então que se desenvolve a memória da inundação. O acúmulo da memória é proporcional as perdas resultantes do referido desastre hidrológico e conforme explicitado pelas equações da modelagem socio-hidrológica, a memória decai com o passar do tempo, uma vez que a população não é submetida a novos eventos de inundação, os quais atuam no seu reforço.

Além dos retratos de carros abandonados em meio as ruas atingidas pelo alto nível do Guaíba e barcos que circulavam como único meio de locomoção na área central de Porto Alegre durante a inundação de 1941 (Figura 5.13 e Figura 5.14), o histórico do evento registra alguns impactos em números. Segundo Guimaraens

(2009), os dados analisados pela Delegacia Regional de Recenseamento indicavam 15 mil residências inundadas, cerca de 200 indústrias, atingindo 70 mil pessoas de uma população de 272 mil porto-alegrenses. Ao passo que a Comissão de Restauração Econômica criada pelo governo estadual na época, quantificou os prejuízos registrados em Porto Alegre o equivalente 30 milhões de dólares, cerca de 60 mil de contos de réis. A Figura 5.15 e Figura 5.16 evidenciam o Mercado Público e a marca da altura da água registrada no evento em 1941. O Marco existente no Mercado Público, localizado próximo a sua entrada pelo lado do Largo Glênio Peres, está instalado a 1,09 m do piso e é respectivo ao nível das águas registrado em 08/05/1941.



Figura 5.13 – Tentativas de minimizar as perdas com uso barcos.
Fonte: Acervo do Museu de Porto Alegre Joaquim Felizardo



Figura 5.14 – Ambulância abandonada em frente ao Mercado Livre (atual Mercado Público)
Fonte: GUIMARAENS (2009)



Figura 5.15 – Marco da Enchente de Maio na estrutura do Mercado Público, respectivo ao nível atingido em 08/05/1941.
Registro realizado em Outubro de 2019.



Figura 5.16 – Registro atual do Mercado Público, uma das estruturas inundadas em 1941
Registro realizado em Outubro de 2019.

A Figura 5.17 e Figura 5.19 evidenciam registros do evento de 1941 em pontos da área central de Porto Alegre. Logo, por meio do levantamento de informações em campo, identificou-se as condições atuais do respectivo ponto. Sendo assim, os

registros da Figura 5.18 e Figura 5.20 evidenciam o contraste entre os períodos em uma sociedade que vivenciou o evento e outra que, supostamente, registra uma baixíssima memória da inundação.



Figura 5.17 – Mobilização com uso de barco na proximidades do atual Mercado Público
Fonte: Acervo do Museu de Porto Alegre
Joaquim Felizardo



Figura 5.18 – Retrato atual da Figura 6.8
Registro realizado em Outubro de 2019.



Figura 5.19 – Praça da Alfândega inundada, ao fundo identifica-se o Clube do Comércio
Fonte: Acervo do Museu de Porto Alegre
Joaquim Felizardo



Figura 5.20– Retrato atual da Figura 6.10
Registro realizado em Outubro de 2019.

A vivência do evento também foi traduzida em versos pelo flagelado Homero Simões, morador da Avenida Bahia (bairro São Geraldo).

“[...]
 Mas as águas desta vez
 Foi uma grande tristeza
 Foi em geral a pobreza
 Que ficaram sem os tetos
 Roubados pela correnteza
 [...]”

A história da grande enchente em P. Alegre

Sobretudo, o ponto crítico identificado em meio ao evento inundação é caracterizado pelo momento que as águas atingem a Usina do Gasômetro, onde atuava a Companhia de Energia Elétrica Rio-Grandense (CEERG), responsável pela geração e distribuição de energia elétrica em Porto Alegre. Logo, somado a falta de energia também ocorreu a interrupção do abastecimento de água. A Figura 5.21 e Figura 5.22 evidenciam a Usina durante a inundação.



Figura 5.21 – Águas também atingem a Usina do Gasômetro, deixando a cidade sem energia elétrica

Fonte: Acervo do Museu de Porto Alegre
 Joaquim Felizardo



Figura 5.22 – Registro dos funcionários da Companhia de Energia Elétrica na área interna da Usina do Gasômetro em maio de 1941.

Fonte: Acervo do Museu de Porto Alegre
 Joaquim Felizardo

Sendo assim, os prejuízos resultantes da inundação vivenciada em 1941 foram significantes para o registro de experiências psicológicas características de um estado de choque, originando assim, o desenvolvimento da memória da inundação. Atualmente, o nível máximo atingido pelo Lago Guaíba em 1941 é utilizado, em muitos casos, como parâmetro de segurança em projetos de obras implantadas em Porto Alegre.

5.6.4. Medidas de Proteção contra Inundações e o Muro da Mauá

A resposta verificada após a ocorrência da inundação em 1941, articulada pelo DNOS, consistiu em articulações que objetivaram a não ocorrência de novos eventos semelhantes ao vivenciado. Sendo assim, dentre as alternativas de projetos propostos pela comunidade técnica no período, optou-se pela instalação de um sistema de proteção formado por diques (Figura 4.9).

Sendo assim, desde a década de 1970, a área central de Porto Alegre é protegida por um sistema contra inundações que inclui diques de enrocamento e o Muro da Mauá, registrado tecnicamente como cortina de proteção em documentos oficiais. A referida intervenção é datada de um período em que o Brasil vivia a ditadura militar, período onde foram concretizadas várias obras públicas decorrentes do favorecimento econômico. Entretanto este período político não favorecia debates públicos. Desde a instalação do sistema até hoje, o Muro da Mauá constitui tema de discussões que contrapõe a proteção contra inundações associada a medida e a barreira estabelecida entre as pessoas e o Lago Guaíba. A Figura 5.23 ilustra a extensão e alguns trechos do Muro da Mauá.



Figura 5.23 – Ilustração que representa a extensão do Muro da Mauá e evidencia alguns trechos. A) Vista do Muro a partir da margem do Guaíba, atrás da Estação do Trensurb. B) Trecho intermediário do Muro. C) Trecho do Muro com altura inferior a 3m, próximo a uma das extremidades

do dique. D) Uma das estruturas de ferro encontradas ao longo do Muros, as quais constitui comportas do sistema. E) Extremidade do Muro adjacente a Usina do Gasômetro.

5.6.5. Aumento na Ocupação da Planície e Instalação de Importantes Infraestruturas Públicas

Tendo em vista a proteção proporcionada pela implantação de medidas estruturais contra inundações, é possível verificar uma tendência de aumento na ocupação registrada em planícies de inundação. Sobretudo este avanço na ocupação é motivado por um sentimento de falsa segurança, o qual evidencia a possibilidade de ocorrência de um evento de inundação característico de variáveis hidrológicas superiores aos parâmetros considerados na implantação da medida estrutural, ou seja, ainda existe o risco da inundação.

A cidade de Porto Alegre, após vivenciar a cheia de 1941, registra a instalação de importantes infraestruturas para os serviços públicos na área atingida pelo evento. Todavia, ao longo do seu contexto histórico verifica-se a ocupação de áreas naturalmente inundadas pelo Lago Guaíba pois ocorreram diversas obras de aterramento. Estas obras foram realizadas em períodos distintos, resultando na soma de uma área de aterro de aproximadamente 5,6 km². Dessa forma, a interação verificada entre o meio antrópico e físico na área de estudo, está além dos eventos de inundação.

A Figura 5.24 evidencia um trecho marginal do Lago Guaíba anterior a influência antrópica, apresentando portanto a localização de importantes infraestruturas públicas instaladas na área de aterro, as quais são identificadas na Tabela 5.1. Devido falta de informações do ano de inauguração ou implantação de todas infraestruturas apresentadas, estas são classificadas pela instalação ser posterior ao ano de 1970 ou anterior/sem informação, uma vez que a data de implantação do Muro da Mauá corresponde ao período de 1941 a 1974. A figura apresenta ainda a área inundada em 1941, a qual foi mapeada através de registros do Arquivo Histórico de Porto Alegre Moysés Vellinho.

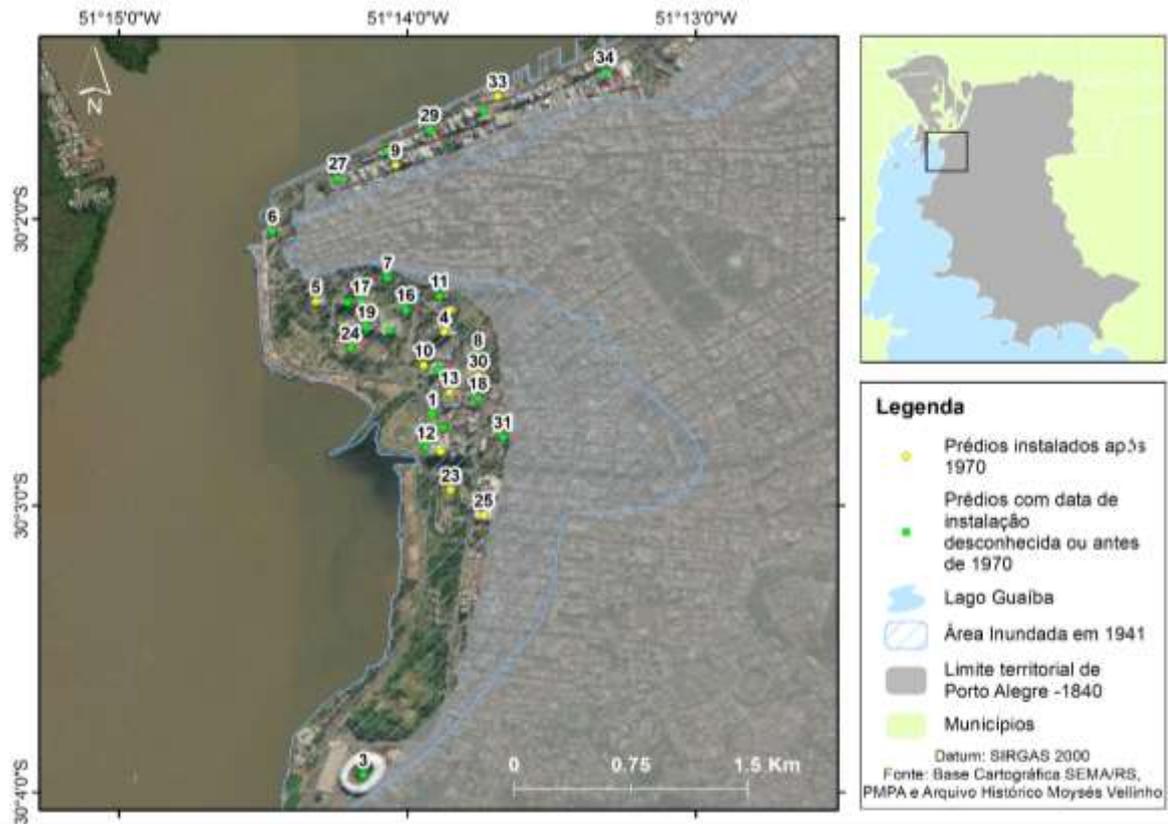


Figura 5.24 – Mapeamento da infraestruturas públicas instaladas em áreas de aterro

Tabela 5.1 – Identificação das infraestruturas mapeadas na Figura 6.13

Identificação	Órgão/Infraestrutura	Ano de Inauguração ou de Construção
1	Associação dos Dirigentes de Marketing e Vendas do Brasil ADVB/RS	Sem Informação
2	Escola Superior de Magistratura - AJURIS	Sem Informação
3	Estádio de Futebol Beira Rio	Anterior a 1970 (1969)
4	Centro Administrativo Fernando Ferrari - CAFF	1976
5	Camara Municipal de Vereadores de Porto Alegre	1986
6	Centro Cultural Usina do Gasômetro	Sem Informação
7	Fundação de Ciência e Tecnologia - CIENTEC	Sem Informação
8	Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem - DAER	Sem Informação
9	Defensoria Pública Estadual	1973
10	Departamento Estadual da Criança e do Adolescente - DECA	1997
11	Escola Técnica Estadual Parobé	1906
12	Federacao Gaúcha de Futebol	Sem Informação
13	Foro Central de Porto Alegre - Predio I	1989
14	Foro Central de Porto Alegre - Predio II	2013
15	Fundação Banrisul de Seguridade Social	Sem Informação
16	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE	Sem Informação
17	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA	Sem Informação
18	Instituto de Previdência do Estado do Rio Grande do Sul - IPERGS	Sem Informação
19	Justica Federal do RS	Sem Informação
20	Ministério da Economia no RS	Sem Informação
21	Ministério Público Estadual	Sem Informação
22	Ministério Público Federal - Procuradoria Regional da República da 4a Região	Sem Informação
23	Parque da Marinha do Brasil	1978
24	Parque Maurício Sirotski Sobrinho (Parque Harmonia)	Sem Informação
25	Praia de Belas Shopping	1991
26	Cia. de Processamento de Dados do Estado do Rio Grande do Sul - PROCERGS	1973
27	Secretaria Municipal da Fazenda de Porto Alegre	Sem Informação
28	Serviço Federal de Processamento de Dados - SERPRO	Sem Informação
29	Superintendência Regional do Trabalho e Emprego - SRTE-RS	Sem Informação
30	Tribunal de Justiça do Estado do Rio Grande do Sul - TJE	1988
31	Tribunal de Justiça Militar do Estado do Rio Grande do Sul	Sem Informação
32	Tribunal Regional Federal da 4ª Região	1989
33	Trensurb	1980
34	Secretaria Municipal de Obras e Viação	Sem Informação
35	Agência Porto Alegre - INSS	Sem Informação

Uma análise detalhada da população estabelecida na área sujeita a inundações não foi possível, uma vez que os registros mais antigos quanto ao número de

habitantes, não considera setores censitários ou algum outro limite mais detalhado que o território municipal. Portanto, uma análise focada na área de interesse é impossibilitada. Destaca-se ainda que Porto Alegre é uma cidade importante no contexto político estadual, o que dificulta a identificação do efeito de dique às margens do Lago Guaíba, uma vez que o desenvolvimento e aumento na ocupação da área é dependente de outros fatores além da instalação dos diques. Contudo, apresenta-se a Figura 5.25 e Figura 5.26, as quais, respectivamente, registram o mesmo ponto de vista (sob o viaduto da Av. Borges de Medeiros), uma datada antes das obras do aterro no Bairro Praia de Belas e a outra registrando o cenário atual, no qual o Guaíba não é mais visível.



Figura 5.25 – Vista do Viaduto da Borges com o Lago Guaíba ao fundo
Fonte: Acervo do Museu de Porto Alegre
Joaquim Felizardo



Figura 5.26 – Vista do Viaduto da Borges evidenciando a densa urbanização atual.
Registro realizado em Outubro de 2019

5.6.6. Situação Atual

As opiniões divergentes associadas ao sistema de proteção instalado em Porto Alegre, especificamente em relação ao dique identificado como Muro da Mauá, são verificadas, conforme destaca Guimaraens (2009), desde o surgimento do sistema e perduram até os dias atuais. Inclusive, a retirada do Muro foi pauta de projeto apresentado na Câmara de Vereadores da capital gaúcha em 2010. A Figura 5.27 ilustra alguns títulos de noticiários que abordam questionamentos associados a referida medida estrutural.



Figura 5.27 – Anúncios de noticiários que retratam a polêmica associada ao Muro da Mauá.

A retirada da estrutura atualmente responsável pela proteção contra novos eventos de inundação, também é proposta decorrente do interesse em ocupar a área entre Muro e o Lago Guaíba. Esta ocupação é recentemente verificada por meio de empreendimentos em processo de licenciamento ambiental, bem como da inauguração do projeto que deu início a revitalização da orla do Guaíba.

O *Projeto de Revitalização do Cais Mauá* visa uma série de modificações do atual espaço que compreende a área entre o Muro da Mauá e o Lago Guaíba, a partir da Usina do Gasômetro até a Rodoviária, conforme evidencia a Figura 5.28. Em 2015 foi elaborado o Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) do empreendimento, incluindo, portanto, uma etapa de consulta a população, a Audiência Pública. Através do sistema de Consulta Informações de Licenças Ambientais, é possível constatar as licenças ambientais emitidas (Tabela 5.2) até o momento. A Figura 5.29 retrata um trecho dos Armazéns, identificados no EIA como integrantes do Setor B.

Tabela 5.2 – Registros das licenças ambientais emitidas para o empreendimento *Projeto de Revitalização do Cais Mauá*

Tipo de Licença	Número/Ano	Atividade
Licença Prévia	016586/2016	Complexo turístico e de lazer, inclusive parque temático
Licença de Instalação	017271/2017	Remediação de Área Contaminada
Licença de Instalação	017272/2017	Complexo turístico e de lazer, inclusive parque temático



Figura 5.28 – Projeto proposto para revitalização do Cais Mauá, incluindo a restauração dos Armazéns e a construção de prédios.

Fonte: ABG Engenharia e Meio Ambiente (2015)



Figura 5.29 – Armazéns integrantes do Setor B que são citados na Licença de Instalação do empreendimento “Projeto de Revitalização do Cais Mauá”

Registro realizado em Outubro de 2019

A revitalização da Orla Moacyr Scliar, conhecida como orla do Lago Guaíba, também integra as influências exercidas pelo meio antrópico na área não protegida pelo sistema de proteção contra inundações. Este projeto de revitalização deu origem a um espaço público que é muito frequentado pela população porto-alegrense, cenário característico de uma sociedade verde, onde observa-se uma aproximação de convívio entre a população e o Lago Guaíba. O espaço registra a instalação de bares e também cedia eventos. Atualmente, estão em andamento as obras responsáveis pela revitalização de outro trecho da orla, cujo projeto é representado pela Figura 5.31.



Figura 5.30 – Trecho da orla do Guaíba revitalizada próximo a Usina do Gasômetro.

Registro realizado em Outubro de 2019.



Figura 5.31 – Projeto de revitalização da orla que compreende o trecho entre a foz do Arroio Dilúvio, na Av. Ipiranga, até o Parque Gigante, na Av. Beira-Rio.

Fonte: PMPA

Sendo assim, tendo em vista a contextualização da situação atual da área de estudo, verifica-se que é possível estabelecer uma etapa não prevista no modelo teórico de interação homem-água.

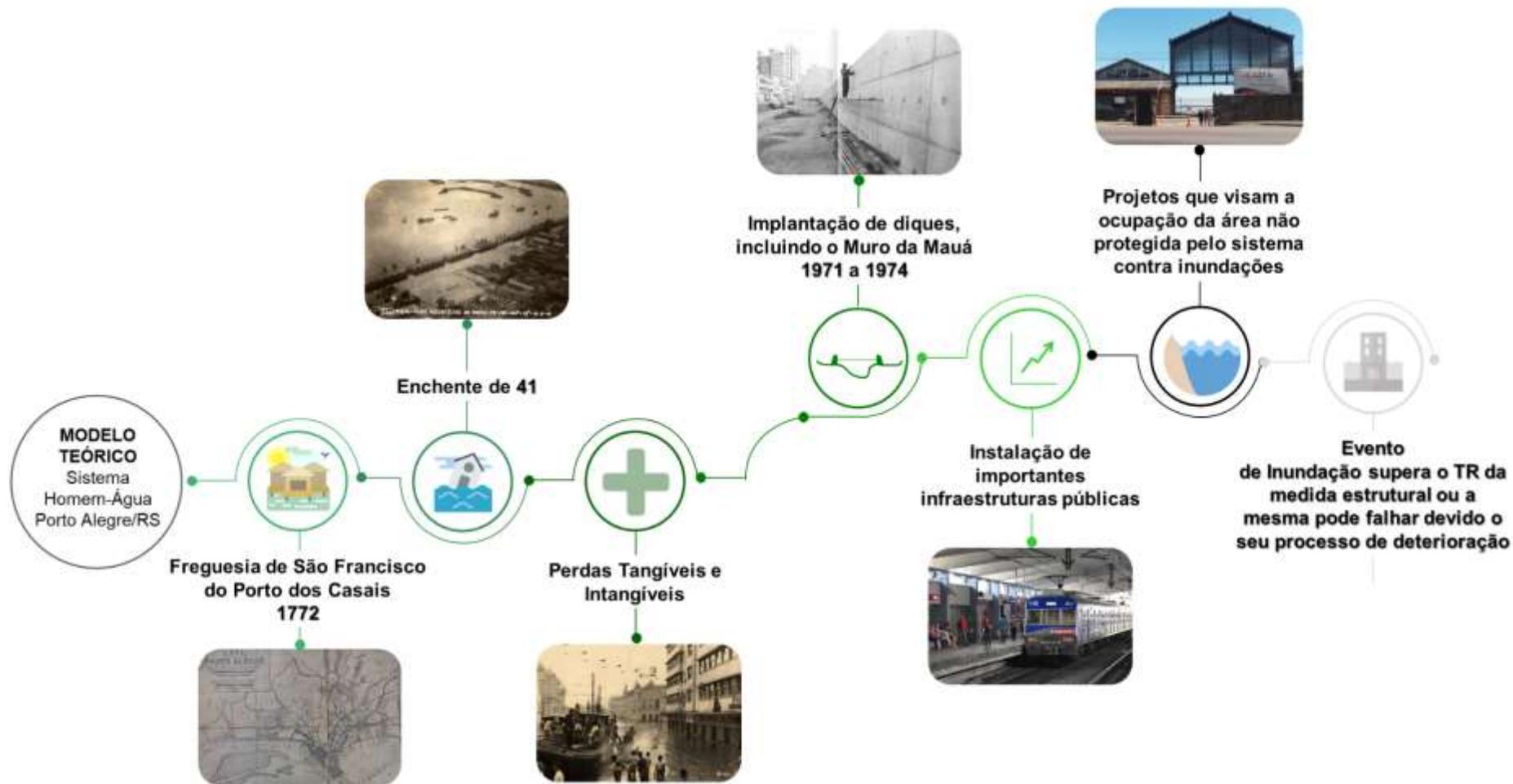


Figura 5.32 - Representação de um modelo teórico de interação homem-água associado a Porto Alegre - RS

A Figura 5.32 resume o modelo estabelecido para o município de Porto Alegre, onde são representadas as fases identificadas ao longo do contexto histórico da cidade, incluindo a ocupação de áreas não protegidas pelo sistema de proteção contra inundações. Ao passo que a última etapa do modelo teórico não é verificada no contexto da área de estudo, dado a não ocorrência de um evento de inundação que supere os parâmetros aplicados no dimensionamento do sistema ou um evento significativo onde o mesmo não seja efetivo em decorrência de processos de deterioração e/ou de ineficientes manutenções.

A cidade de Porto Alegre registra uma dinâmica de interação homem-água além das etapas registradas na Figura 5.32. Trata-se das obras de aterramento realizadas em diferentes momentos no decorrer do processo de urbanização da região e ocupação a margem do Lago Guaíba. Sendo assim, evidencia-se o avanço do limite político da capital sobre as áreas do curso hídrico através da delimitação realizada com base em um produto cartográfico datado de 1840 (DE OLIVEIRA, 1985). A Figura 5.33 representa a área aterrada e, atualmente, parte dos bairros Anchieta, Humaitá, Farrapos, Navegantes, São Geraldo, Floresta, Centro Histórico e Praia de Belas.



Figura 5.33 – Área resultante de obras de aterramento, tendo como referência o território de Porto Alegre em 1840.

Tendo em vista as imprecisões associadas a delimitação da área aterrada, como exemplo, o fato de algumas ruas apresentarem atualmente nomes distintos aos verificados no período do produto considerado, buscou-se o mapeamento apresentado no Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre (HASENACK, 2008). Sendo assim, através do mapeamento de geologia e pedologia, destacou-se as áreas referentes as classes de Aterro e Tipo de Terreno respectivamente. A Tabela 5.3 apresenta o percentual de áreas aterradas a partir da área total dos bairros e considera as fontes de dados distintas. Ao passo que o Figura 5.34 evidencia a área de aterro (km²) resultante do mapeamento realizado e do Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre.

Tabela 5.3 – Área dos bairros influenciados pelas obras de aterramento e o respectivo percentual decorrente de tal influência

Bairro	Área Total (km ²)	Área Aterrada (%)		
		Orla Vetorizada	Geologia	Solo
Anchieta	9,17	0,93	1,00	1,13
Humaitá	3,62	6,63	5,54	6,55
Farrapos	2,26	32,74	29,51	31,01
Navegantes	2,26	14,63	12,00	10,83
São Geraldo	1,74	10,84	6,12	6,28
Floresta	1,87	26,26	16,20	25,99
Centro Histórico	2,43	33,33	27,50	33,98
Praia de Belas	2,57	92,22	96,35	91,24

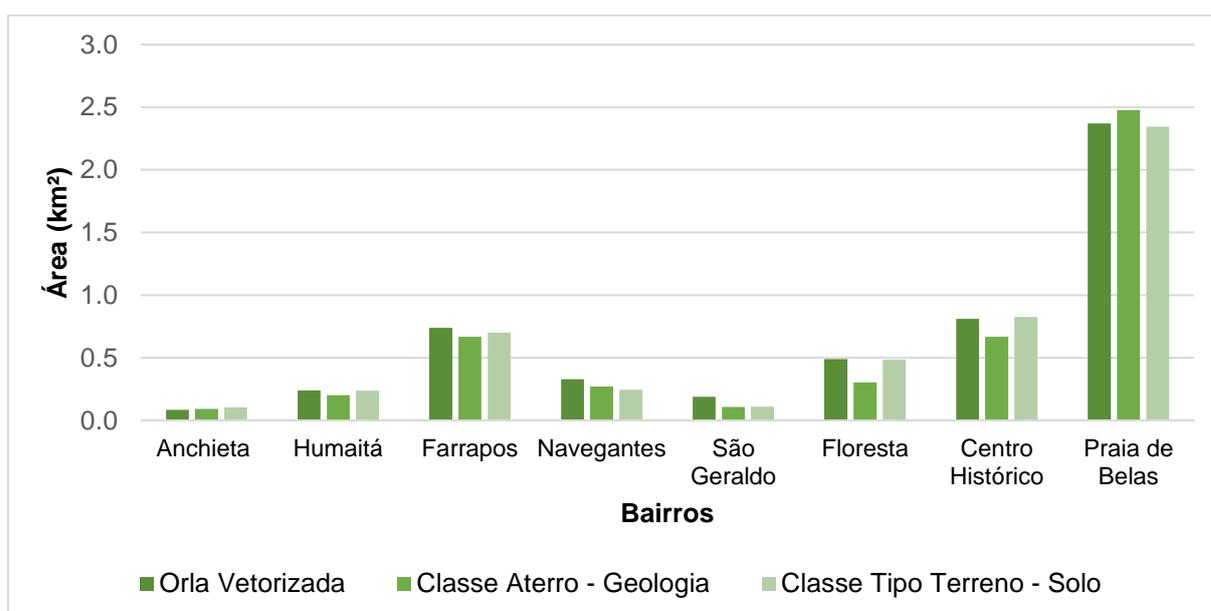


Figura 5.34 - Áreas de Aterro

O mapeamento das áreas aterradas na cidade de Porto Alegre e os resultados de Müller Neto (2018) permitem a associação espacial de áreas sujeitas a inundação

e resultantes do aterramento. Conforme evidencia a Figura 5.35, parcelas significantes de áreas que atualmente seriam inundadas na ocorrência de eventos semelhantes aos registrados em 1941, 1967 e 2015 em caso de inexistência do sistema de proteção contra inundações, têm como origem as obras de aterro. Salienta-se que a representação da área hipoteticamente inundada considera os limites dos bairros que são influenciados pelo aterramento, logo áreas localizadas ao norte, as quais são atingidas pelo represamento do Rio Gravataí, não são representadas.

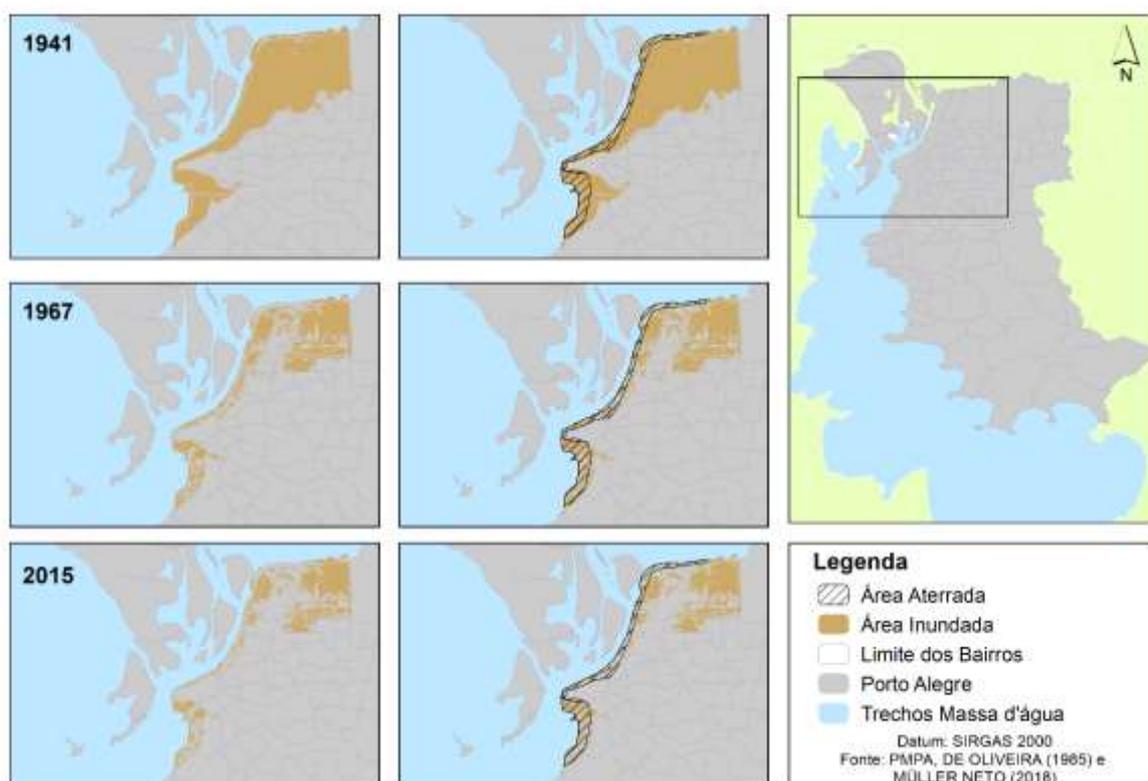


Figura 5.35 – Mapeamento das áreas inundadas na condição de inexistência do sistema de proteção contra inundações e as áreas aterradas

Uma vez visualizada a interseção entre as áreas de aterro com as áreas sujeitas a inundação, a Tabela 5.4 apresenta os percentuais da área aterrada de cada um dos bairros que registraram um acréscimo nos seus limites naturais e que seriam hipoteticamente inundadas nos dias atuais, considerando novamente os três limites que definem a área de aterro. Assim, verifica-se que as obras de aterramento realizadas implicam em aumento de áreas inundadas.

Tabela 5.4 – Percentuais das áreas de aterro, segregadas por bairro, que seriam atualmente inundadas na ocorrência de eventos semelhantes aos registrados em 1941, 1967 e 2015 em uma situação de inexistência do sistema de proteção contra inundações.

Bairro	Área Aterrada Hipoteticamente Inundada (%)								
	Orla Vetorizada	1941		Orla Vetorizada	1967		Orla Vetorizada	2015	
		Geologia	Solo		Geologia	Solo		Geologia	Solo
Anchieta	89.37	82.95	77.07	45.13	41.72	36.34	33.49	26.82	25.56
Humaitá	48.84	55.06	46.80	3.59	4.30	2.18	2.93	2.03	1.72
Farrapos	70.50	73.22	69.00	26.07	28.92	22.63	20.84	19.71	17.43
Navegantes	75.40	71.47	76.80	40.48	49.34	42.77	26.83	26.30	28.36
São Geraldo	77.36	79.98	77.93	35.96	63.76	40.54	15.28	18.41	17.94
Floresta	86.09	76.60	85.61	41.15	66.70	41.90	22.85	28.59	24.02
Centro Histórico	97.61	97.87	97.50	49.10	59.51	47.12	23.43	27.03	22.57
Praia de Belas	88.59	88.67	88.10	61.61	58.97	60.59	48.07	46.21	46.91

5.7. Projeções Possíveis

A atual situação do sistema homem-água em avaliação estabelece a possibilidade de diferentes projeções alinhadas a estudos de modelagem socio-hidrológica já desenvolvidos. Sendo assim, a Figura 5.36 apresenta um esquema de possíveis desdobramentos do contexto atual apresentado anteriormente, o qual por sua vez é resultado de uma sequência de fatos registrados desde a fundação da Freguesia de São Francisco do Porto dos Casais.

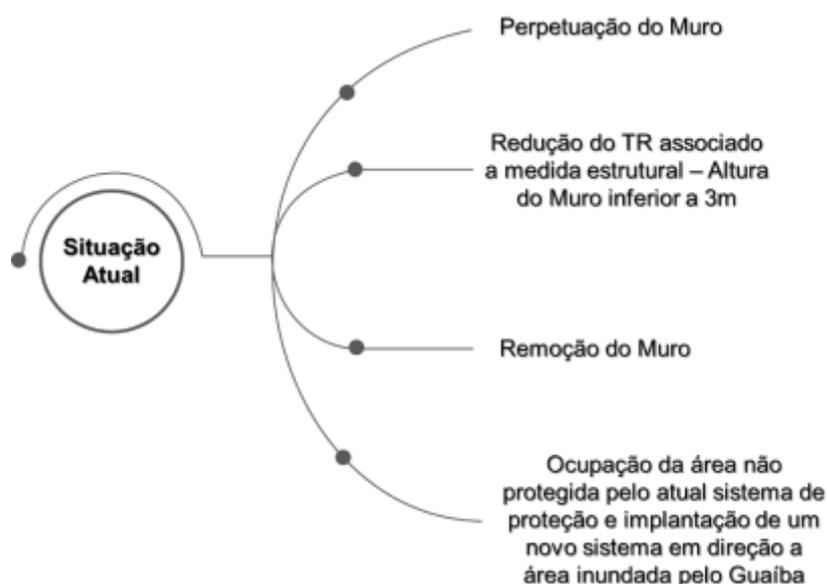


Figura 5.36 – Representação das possíveis projeções associadas

Perpetuação do Muro

Uma vez atrelada a projeção do sistema de proteção contra inundações de Porto Alegre ao questionado Muro da Mauá, a perpetuação do mesmo motiva o “Efeito de Dique”, característico de sociedades tecnológicas. Este mecanismo atenta para a ocorrência de inundações provocadas por eventos que superem os parâmetros de dimensionamento do sistema ou pela falha do mesmo devido a sua deterioração, ou seja, o risco de inundação não é extinto.

O DEP investiu R\$ 1,786 milhão para substituir reformar e recuperar as comportas que compõe o sistema de proteção em 2011 (DEP, 2011). Contudo, o Relatório Técnico Estrutural do muro de contenção que integra o EIA-RIMA do empreendimento que visa a revitalização do Cais Mauá, o qual foi desenvolvido em 2014, atenta para estruturas de concreto segregadas, armaduras expostas/corroídas e juntas de dilatação degradadas.

Redução do TR associado a medida estrutural

A redução da altura da cortina de proteção constitui uma medida que resulta em um menor TR associado ao sistema, visto que a cortina integra um sistema composto por outros diques. A referida redução pode ser percebida como uma aproximação a sociedades verdes, onde é verificada uma premissa de convívio harmônico com o curso hídrico, o “Efeito de Adaptação”.

Remoção do Muro

A discussão sobre a remoção do Muro da Mauá é recorrente na sociedade porto-alegrense e motivada por discursos políticos. Entretanto, o comprometimento de um sistema implantado, o qual diminui significativamente a probabilidade de ocorrência de inundações, demanda altos investimentos tendo em vista a sua substituição por outro sistema com TR semelhante.

A opção de remover a cortina de proteção é característica de sociedades verdes, onde a população desenvolve maior resiliência para com um evento de inundação, ao passo que o mesmo é passível de ocorrência em intervalos de tempo menor.

Ocupação da área não protegida pelo atual sistema de proteção

A presente tendência evidencia um processo inicial de ocupação da área não protegida pelo atual sistema contra inundações, o que caracteriza a primeira etapa do modelo teórico em avaliação. Esta ocupação pode então ser seguida pela ocorrência de um evento de inundação, uma vez que a área ocupada possui o maior risco sujeito a inundação da cidade.

A ocorrência de uma inundação pode resultar em diferentes respostas, sendo uma delas a implantação de um novo sistema de proteção, o qual por sua vez ainda pode demandar uma área de aterro em decorrência do espaço restrito para o desenvolvimento do mesmo. Logo, a presente projeção pode provocar a repetição do contexto histórico de Porto Alegre, um cenário já vivenciado.

6. CONCLUSÕES

As interações identificadas entre sociedade e Lago Guaíba no contexto atual e durante o desenvolvimento de Porto Alegre puderam ser compreendidas por uma abordagem socio-hidrológica. Ainda que esta não resulte respostas numéricas e precisas, a abordagem considera o ser humano como parte do sistema, o que não ocorre na representação dos modelos hidrológicos tradicionais, comumente utilizados na gestão de desastres naturais, tais como inundações. Dessa forma, a abordagem socio-hidrológica permite a avaliação de cenários possíveis e não preditivos.

A definição do modelo teórico representativo de um sistema homem-água em planícies de inundação baseado em um panorama de longo período, possibilitou o entendimento de uma sequência de relações estabelecidas entre o meio físico e antrópico às margens de um curso hídrico. Sobretudo, evidenciou-se as diferentes reações verificadas após a ocorrência de um evento de inundação e como estas estabelecem influência sob o contexto atual de uma população. Uma vez que as reações ao evento são articuladas por pessoas que vivenciaram o evento, ou seja, que possuem uma recente memória da inundação, porém no decorrer do tempo, esta decai e a resiliência da população perante um novo evento é diretamente associada as medidas adotadas após a ocorrência de inundações anteriores.

O enquadramento estabelecido entre o contexto de Porto Alegre e o modelo teórico é validado pelas fases de ocupação da planície de inundação, da ocorrência de um evento de inundação significativo seguido por altos prejuízos e perdas intangíveis. Como resposta a inundação de 1941, implantou-se um sistema de proteção composto por diques. Contudo, a necessidade de implantação do sistema está na proteção de uma área de aterro. Esta relação é evidenciada pela sobreposição das áreas aterradas e as áreas hipoteticamente inundadas em caso de inexistência do sistema de proteção.

Através do enquadramento também foi possível identificar um mecanismo de interação específico do sistema homem-água observado na cidade de Porto Alegre. O interesse em ocupar a área central da cidade e a necessidade de espaço decorrente da proposição do sistema de proteção contra inundações, resultou várias obras de aterramento ao longo da margem do Guaíba. Sendo assim, evidencia-se que os bairros localizados a margem do Guaíba registram um acréscimo na área atual em decorrência de avanços sobre a área de inundação natural do Guaíba. O Bairro Praia de Belas classifica cerca de 90% da sua área com origem no aterramento. Os

mapeamentos da área aterrada demonstraram resultados muito próximos, considerando a vetorização desenvolvida e o banco de dados do Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre.

Por fim, a identificação alguns cenários que podem ser verificadas a longo prazo, em decorrência da situação atual, são característicos de sociedades tecnológicas e verdes, evidenciando a possibilidade de transição de um cenário para outro ou ainda, de integração entre estes por meio da associação entre efeitos de dique e adaptação. Contudo, é preciso ter em vista as particularidades associadas a uma região histórica onde verifica-se a existência de diversos prédios tombados como patrimônio histórico. Sobretudo, um dos cenários identificados registra a possibilidade de regressão para um contexto de Porto Alegre já vivenciado no passado, envolvendo impactos negativos e que repete o modelo teórico do sistema-homem água de Porto Alegre.

7. DISCUSSÕES E RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento do presente trabalho provoca alguns pontos passíveis de discussão, bem como sugestões de trabalhos que podem vir a contribuir no desenvolvimento e aplicação da abordagem socio-hidrológica em planícies de inundação. Dado que no Brasil, o tema ainda é incipiente.

- Tendo em vistas as margens do Lago Guaíba, a cidade de Porto Alegre é a única que registra um sistema de proteção contra inundações composto por diques instalados em parte do trecho de margem. Logo, à medida que são consideradas alternativas para proteção contra inundações, baseadas em medidas estruturais, sugere-se uma avaliação que considere as dinâmicas de interação entre sociedade e meio físico. Dessa forma, a abordagem socio-hidrológica pode contribuir para o planejamento urbano, tendo em vista a gestão de risco de inundações.
- Sugere-se o desenvolvimento de uma avaliação da ocupação registrada na área aterrada de Porto Alegre, considerando a série histórica de dados disponibilizados pelo IBGE por setores censitários. Ainda se evidencia a possibilidade de relacionar a memória de inundação da população porto-alegrense com notícias relacionada ao Muro da Mauá desde a sua implantação.
- A qualidade de vida do ser humano está diretamente relacionada a manutenção dos recursos naturais, também há estudos que sugerem a influência da responsabilidade social sob a qualidade dos recursos hídricos. Sendo assim, sugere-se um questionamento sobre possíveis influências decorrentes da implantação de uma barreira física entre o meio antrópico e físico na qualidade de um curso hídrico. Um sentimento de responsabilidade para com recursos hídricos, partindo de percepções sociais, está associado a possibilidade de um contato frequente com estes? De que forma, medidas de engenharia podem influenciar melhores condições de vida em planícies de inundação?
- Pesquisas em campo podem resultar contribuições significantes sobre o tema apresentado, tendo em vista a percepção social da população instalada na área de estudo. Exemplos de questionamento podem ir a encontro da verificação do atual estado da memória de inundação da população de Porto Alegre e que

avaliem as percepções em relação a espaços onde a convivência entre a população e corpos hídricos é verificada.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABG Engenharia. **Revitalização do Cais Mauá**. Estudo de Impacto Ambiental EIA-RIMA. 2015

ANDRADE FILHO, Alceu Gomes de; SZÉLIGA, Marcos Rogério; ENOMOTO, Carolina Ferreira. **Estudo de medidas não-estruturais para controle de inundações urbanas**. 2000.

ANDRADE, Leonardo Capeleto de *et al.* **Lago Guaíba: uma análise histórico-cultural da poluição hídrica em Porto Alegre, RS, Brasil**. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 24, n. 2, p. 229-237, 2019.

BANCO MUNDIAL: Indonésia – Jakarta Urgent Flood Mitigation Project (Jakarta Emergency Dredging Initiative) Project Appraisal Document, Report No: 65973-ID, World Bank: Jakarta, 2011.

BLÖSCHL, Günter.; VIGLIONE, Alberto; MONTANARI, Alberto. **5.01 Emerging Approaches to Hydrological Risk Management in a Changing World**. 2013.

BRASIL. **Módulo de formação: noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos: livro base**. Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil, 2017.

BROWN, Courtney. **Differential equations: A modeling approach**. Sage, 2007.

BRUNI, José Carlos. **A água e a vida**. Tempo social, v. 5, n. 1-2, p. 53-65, 1993.

CANÇADO, Vanessa Lucena. **Consequências econômicas das inundações e vulnerabilidade: desenvolvimento de metodologia para avaliação do impacto nos domicílios e na cidade**. 2009. Tese de Doutorado. UFMG.

CASTRO, Antonio Luiz Coimbra de. **Manual de planejamento em defesa civil**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Defesa Civil, 1999.

CEPED, UFSC. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012**. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

CHARLTON, Ro. **Fundamentals of fluvial geomorphology**. Routledge, 2007.

CHM. Centro de Hidrografia da Marinha: de Itapuã a Porto Alegre. 2011. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav-cartas-raster/de-itapua-porto-alegre>>. Acesso em: 03 nov. 2019.

CONTASSOT, Pedro Toscan Pittelkow; DE MORAES, Meriene Santos. **Polêmicas sobre a revitalização do Cais Mauá, Porto Alegre: apontamentos recentes**. Anais do Seminário de Estudos Urbanos e Regionais. 2015

DE ANDRADE, Leonardo Capeleto; DE OLIVEIRA CAMARGO, Flávio Anastácio. A percepção pública sobre a classificação e poluição do Guaíba. In: **Forum Internacional de Resíduos Sólidos-Anais**. 2018.

DE OLIVEIRA, Clovis Silveira. **Porto Alegre: a cidade e sua formação**. Editora Gráfica e Editora Norma, 1985.

DE OLIVEIRA, Lizete Dias. **Porto Alegre e seus reflexos: a cidade imaginada e a cidade oficial**. Em *Questão*, v. 16, n. 1, p. 17-28, 2010.

DESA, U. N. **World Urbanization Prospects: The 2011 Revision. United Nations**, Department of Economic and Social Affairs. Population Division, New York, 2012.

DESA, U. N. **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. United Nations**, Department of Economic and Social Affairs. Population Division, New York, 2019.

DE SOUZA, Celia Ferraz. **Porto Alegre: evolução urbana e cidadania**. Boletim Gaúcho de Geografia, v. 20, n. 1. 1985.

DEP. Departamento de Esgotos Pluviais de Porto Alegre. **Porto Alegre protegida contra enchentes como a de 1941**. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_noticia=141366&PORTO+ALEGRE+PROTEGIDA+CONTRA+ENCHENTES+COMO+A+DE+1941>. Acesso em: 16 out. 2018.

DIAS, Tielle Soares. **A Expansão da ocupação urbana sobre o relevo do município de Porto Alegre–RS**. 2011.

DI BALDASSARRE, Giuliano. **Socio-Hydrology of Floods**. In: Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science. 2017.

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

DI BALDASSARRE, Giuliano *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, 2013.

DI BALDASSARRE, Giuliano; UHLENBROOK, Stefan. **Is the current flood of data enough? A treatise on research needs for the improvement of flood modelling**. Hydrological Processes, v. 26, n. 1, p. 153-158, 2012.

DI BALDASSARRE, Giuliano., MONTANARI, Alberto., LINS, Harry., KOUTSOYIANNIS, Demetris., BRANDIMARTE, Luigia., and BLÖSCHL, Günter: **Flood fatalities in Africa:from diagnosis to mitigation**, *Geophys. Res. Lett.*, 37, L22402, doi:10.1029/2010GL045467, 2010.

DMAE. Departamento Municipal de Água e Esgotos. **Lago Guaíba**. 2019. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_secao=197>. Acesso em: 27 out. 2019.

DEP. Departamento de Esgotos Pluviais. **Prefeitura recupera comportas do Muro da Mauá**. 2011. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_noticia=137393> Acesso em 18. nov. 2019

DORNELLES, Beatriz. **Porto Alegre em destaque: história e cultura**. Edipucrs, 2004.

EM-DAT: The Emergency Events Database - Université catholique de Louvain (UCLouvain) - CRED, D. Guha-Sapir - www.emdat.be, Brussels, Belgium. Acesso em: 14 set. 2019

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

FRANCO, Sérgio C. **Porto Alegre: guia histórico.** Porto Alegre, Editora da UFRGS, 2006.

FREITAS, Carlos Machado de *et al.* **Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil.** *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 19, p. 3645-3656, 2014.

FREITAS, Denize Terezinha Leal. **Encontros com Porto Alegre: a freguesia, a vila e a cidade (1772-1835).** X Encontro Estadual de História, X, 2010.

GOERL, Roberto Fabris; KOBAYAMA, Masato. **Considerações sobre as inundações no Brasil.** XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005.

GUIMARAENS, Rafael. **A enchente de 41.** Porto Alegre: Libretos, 2009.

GUPTA, A., Ahmad, R. **Geomorphology and the urban tropics: building an interface between research and usage.** *Geomorphology*, v. 31, 1999. p. 133-149.

HAUSMAN, Abrão. **Aspectos da geografia urbana de Porto Alegre.** *Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul*, n. 13, p. 8-31, 1963.

HUGGETT, R.J. **Fundamentals of geomorphology.** London: Routledge, Taylor and Francis Group. 2007. 483 p. ISBN 0-203-94711

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse do Censo Demográfico 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

JHA, Abhas K.; BLOCH, Robin; LAMOND, Jessica. **Cidades e inundações.** Um guia para a gestão integrada do risco de inundação urbana para o século XXI. Ed. Toro, J. & Pedroso, F.F. Banco Mundial e Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR). 54p. 2012.

KOBAYAMA, Masato; MONTEIRO, Leonardo Romero; GOERL, Roberto Fabris. **Integração das ciências e das tecnologias para redução de desastres naturais: Socio-hidrologia e socio-tecnologia.** *Revista de gestão & sustentabilidade ambiental.* Palhoça, SC. vol. 7, nesp (2018), p. 206-231, 2018.

KREIBICH, Heidi *et al.* **Adaptation to flood risk: Results of international paired flood event studies.** *Earth's Future*, v. 5, n. 10, p. 953-965, 2017.

MONTANARI, A. *et al.* **“PantaRhei—Everything Flows”: Change in hydrology and society—The IAHS Scientific Decade 2013–2022.** *Hydrological Sciences Journal*, v.58, p.1256-1275, 2013.

MASOZERA, Michel; BAILEY, Melissa; KERCHNER, Charles. **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.

MENEGAT, Rualdo; PORTO, Maria Luiza; CARRARO, Clóvis Carlos.; FERNANDES, Luis A. A. (Coords.). (2006) **Atlas ambiental de Porto Alegre.** 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS. 228 p.

MILLY, P. Christopher D. *et al.* **Increasing risk of great floods in a changing climate.** *Nature*, v. 415, n. 6871, p. 514, 2002.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Instrução Normativa nº 02, de 20 de dezembro de 2016.** Conceitos no âmbito da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. 2016

MOREIRA, Iara Verocai Dias. **Origem e síntese dos principais métodos de avaliação de impacto ambiental (AIA).** Manual de Avaliação de Impactos Ambientais, p. 1-35, 1992.

MONTE, Benício Emanuel Omena *et al.* **Implicações da ausência de dispositivos de proteção na área urbana de Porto Alegre: análise da cheia de 1941.** Encontro Anual de Águas Urbanas (12.: 2018 nov.: Maceió, AL).[Anais do XII ENAU].[Porto Alegre: ABRHidro, 2018], 2018.

MÜLLER NETO, José Augusto. **Estimativa de impacto das cheias de 1941, 1967 e 2015 em Porto Alegre na hipótese de inexistência do sistema de proteção contra cheias do Lago Guaíba.** 2018.

NICOLODI, João Luiz; TOLDO JR, Elirio E.; FARINA, Leandro. **Dynamic and resuspension by waves and sedimentation pattern definition in low energy**

environments: guaíba lake (Brazil). Brazilian Journal of Oceanography, v. 61, n. 1, p. 55-64, 2013.

PESSOA, M. L. (Org.). Clima do RS. In: _____. **Atlas FEE**. Porto Alegre: FEE, 2017. Disponível em: < <http://atlas.fee.tche.br/rio-grande-do-sul/socioambiental/clima/> >. Acesso em: 30 de outubro de 2019.

PMPA. Arquivo Histórico de Porto Alegre Moysés Vellinho. **Produtos Cartográficos**. Consulta out. 2019a.

PMPA. Museu de Porto Alegre Joaquim Felizardo. **Fototeca**. Consulta out. 2019b.

PMPA. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **Breve História de Porto Alegre**. Disponível em: <http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/observatorio/usu_doc/historia_de_porto_alegre.pdf> Acesso em: 04 Nov. 2019c.

PMPA. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **Origem e História**. 2019. Disponível em: < https://www2.portoalegre.rs.gov.br/portal_pmpa_cidade/?p_secao=3 >. Acesso em: 27 out. 2019d.

POMBO, Olga. **Interdisciplinaridade e integração dos saberes**. Liinc em revista, v. 1, n. 1, 2005.

PRESTES, Antonio João Dias. **Porto Alegre em tempo de praia: a cidade e as praias do Guaíba entre os anos 1940 e o início dos anos 1970**. Revista Historiar, v. 2, p. 25, 2008.

PRESTES, Antonio João Dias. **A poluição do Guaíba e de suas praias em Porto Alegre a partir dos anos 1960**. História ambiental do Rio Grande do Sul, p. 224, 2014.

PROCEMPA. **Cais Mauá**. 2019 Disponível em: <http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/vivaocentro/default.php?p_secao=114> Acesso em: 04 nov. 2019.

ROCHE, Jean. **Porto alegre, metrópole do brasil Meridional**. Boletim Paulista de Geografia, n. 19, p. 30-51, 2017.

SCOTT, Dario. **A população do Rio Grande de São Pedro pelos mapas populacionais de 1780 a 1810**. Revista Brasileira de Estudos de População, v. 34, n. 3, p. 617-633, 2017.

SANTOMÉ, Jurjo Torres. **Globalização e interdisciplinaridade**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

SAVENIJE, Hubert HG; HOEKSTRA, Arjen Y.; VAN DER ZAAG, Pieter. **Evolving water science in the Anthropocene**. Hydrology and Earth System Sciences, v. 18, n. 1, p. 319-332, 2014.

SHADECK, Rafael *et al.* **A atuação da Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC) na gestão de riscos e respostas a desastres naturais**. 2013.

SILVA, Edna. L.; MENEZES, Estera. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. edição. Florianópolis: UFSC, 2005. 138p.

SIVAPALAN, Murugesu; SAVENIJE, Hubert HG; BLÖSCHL, Günter. Socio-hydrology: **A new science of people and water**. Hydrological Processes, v. 26, n. 8, p. 1270-1276, 2012.

SOUZA, Celia Ferraz de. **Plano Geral de Melhoramentos de Porto Alegre: o plano que orientou a modernização da cidade**. 2.ed., rev. e ampl. Porto Alegre: Armazém Digital, 2010.

TACHINI, Mário *et al.* **Avaliação de danos de inundações ocorridas em Blumenau/SC nos anos 1983, 1984, 1992 e 2001**. Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, v. 18, p. 1-18, 2009.

TINGSANCHALI, T. **Urban flood disaster management**. Procedia engineering, v. 32, p. 25-37, 2012.

TUCCI, Carlos EM. **Conflitos do controle de inundação ribeirinha em Porto Alegre. Avaliação e controle da drenagem urbana**. Org. Carlos EM Tucci e David da Motta Marques. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000. Disponível em: <http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/01/conflitosinudacao.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2019.

TUCCI, Carlos EM. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, v. 11, 2007.

TUCCI, Carlos EM. **Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil**. Rega/Global Water Partnership South América, v. 1, n. 1, p. 59-73, 2004.

TUCCI, Carlos EM *et al.* **Inundações urbanas na América do Sul**. Ed. dos Autores, 2003.

TUCCI, Carlos EM; SILVEIRA, André. **Gerenciamento da drenagem urbana**. Porto Alegre, 2001.

TUCCI, Carlos M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mario Thadeu Leme de. **Drenagem urbana**. 1995.

TOLDO JUNIOR, E. E.; ALMEIDA, L. E. S. **Rio Guaíba**. Porto Alegre: Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, 7 p. 2009.

TRENSURB. Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre S.A. **Informações**. 2019. Disponível em: <http://www.trensurb.gov.br/paginas/paginas_estacoes.php?codigo_sitemap=121> Acesso em: 28. nov. 2019

VANELLI, Franciele M.; KOBAYAMA, Masato. **Situação Atual da Socio-Hidrologia no mundo e no Brasil**. XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019.

VIS, Marinus *et al.* **Resilience strategies for flood risk management in the Netherlands**. International journal of river basin management, v. 1, n. 1, p. 33-40, 2003.

WINGE, M., (Ed.) 2016, **Glossário Geológico Ilustrado**. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, Brasília. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/glossario/>> Acesso em: 15 set. 2019

WHITE, Gilbert F. **Human adjustment to floods**. 1945.