



## **Programa do Governo Holandês de Redução de Risco de Desastres e Suporte a Surto (DRRS)**



**Relatório Final - Porto Alegre, Brasil**

Agosto de 2024

# Índice

1.	Resumo das Ações Recomendadas	4
2.	Antecedentes e Propósito da Missão	7
3.	Breve Análise das Enchentes em Porto Alegre e no Rio Grande do Sul	8
4.	Cronograma para recuperação e reconstrução	18
5.	Resposta de emergência e recuperação de curto prazo	19
5.1.	Garantia de capacidade de bombeamento temporário	19
5.2.	Garantir a inspeção da proteção contra inundações antes e durante uma inundação	20
5.3.	Garantir a capacidade de diques temporários e infraestrutura de proteção	20
5.4.	Preparar um plano abrangente de resposta a inundações de várias agências	21
6.	Recuperação a Longo Prazo e Adaptação do Sistema	23
6.1.	Introdução	23
6.2.	Medidas Estruturais	23
6.2.1	Aumento dos Níveis da Infraestrutura de Proteção contra Inundações	23
6.2.2	Redução dos Níveis de Inundações ao Redor de Porto Alegre	24
6.2.3	Outras Medidas Estruturais de Proteção contra Inundações para Porto Alegre	29
6.3.	Medidas Não Estruturais	31
6.3.1	Levantamentos e Monitoramentos	31
6.3.2	Desenvolvimento de ferramentas de modelagem	33
6.3.3	Plano Diretor de Inundações e Drenagem para Porto Alegre	34
6.3.4	Sistema de Alerta Antecipado de Inundações	35
6.3.5	Arranjos Institucionais	36
7.	Alerta Antecipado de Inundações	38
7.1.	Conhecimento do Risco de Desastres	39
7.2.	Deteção, observação, monitoramento e previsão	40
7.3.	Disseminação de avisos e comunicação	41
7.4.	Preparação e resposta	42
8.	Ação de Acompanhamento DRRS: Conferência de Cocriação de Três Dias	43
	Anexo I: Requerimento oficial do DMAE para DRRS	i
	Anexo II: Cronograma da Missão	ii
	Anexo III: Considerações para as atividades de Recuperação Inicial (Fase I) em Porto Alegre	vi

### **Crédito da foto da primeira página**

*Foto de primeira página: Bombas flutuantes temporárias (azul à direita) substituem a estação de elevatória permanente que ficou submersa na inundação (  esquerda); foto por: DMAE*

### **Disclaimer**

Nenhum direito pode ser derivado deste relatório. Apesar do fato de que o relatório ter sido compilado com todo o cuidado, a RVO não assume qualquer responsabilidade por danos resultantes de quaisquer imprecisões e/ou implementa o ou uso com base no conteúdo do relatório.

### **Lista e abreviaturas (ordem alfabética)**

ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler
DLL	De Lage Landen Bank
DMAE	Departamento Municipal de água e Esgotos – Municipal Water and Sewage Department
DNOS	Departamento Nacional de Obras de Saneamento – National Department of Sanitation Works
DRRS	Dutch Risk Reduction and Surge Support Program
IADB	Inter American Development Bank
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Institute for Hydraulic Research
RS	Rio Grande do Sul
RVO	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland – Netherlands Enterprise Agency
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Federal University of Rio Grande do Sul State
WB	World Bank

## 1. Resumo das Ações Recomendadas

Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul, foi impactada pelas piores enchentes de que se tem registro em maio de 2024. A pedido do Município, uma equipe da DRRS visitou Porto Alegre de 5 a 11 de junho, com o escopo de analisar o evento das enchentes e suas consequências e fornecer recomendações concretas.

Este relatório é o resultado da missão DRRS de junho de 2024.

O **Capítulo 2** elabora os **Antecedentes e Objetivos da Missão DRRS**.

O **Capítulo 3** apresenta uma **Breve Análise das Enchentes em Porto Alegre e no Rio Grande do Sul**. As principais conclusões são que o sistema de proteção contra inundações falhou com base em um evento de inundação maior do que os dados de projeto, com várias falhas das estações elevatórias (20 das 23 estações falharam), comportas contra inundação (falhas ou ausentes) e transbordamento limitado dos diques e/ou rompimentos de diques em áreas específicas. Uma série de falhas claras de projeto foram encontrados.

O **capítulo 4** apresenta considerações sobre o **cronograma de ações**: urgentes (antes de setembro de 2024), de curto prazo (antes do final de 2025) e de médio a longo prazo.

O **Capítulo 5** concentra-se na **Resposta a Emergências e na Recuperação a Curto Prazo**. Recomenda garantir a disponibilidade e capacidade de bombeamento temporários para emergências. Recomenda-se o monitoramento de curto prazo em toda a extensão dos diques, possivelmente com o uso de drones, de preferência antes do início do próximo período de chuvas. Uma recomendação importante é providenciar estruturas emergenciais, temporárias e móveis que possam ser usadas em caso de ameaça de tombamento ou rompimento.

O Capítulo 6 apresenta as opções **de Recuperação a Longo Prazo e Adaptação do Sistema**. Explora soluções estruturais e não estruturais. Em particular, examina as opções (1) para aumentar os níveis de infraestruturas de proteção contra inundações; e (2) reduzir os níveis máximos de inundação no entorno de Porto Alegre. Em termos de medidas estruturais, as conclusões levarão a intervenções de infraestrutura muito diferentes. O capítulo analisa igualmente medidas não estruturais, em especial a eventual adaptação da Governança em seus vários níveis tratando-se da proteção contra inundações e de sistemas de alerta à população.

O **Capítulo 7** discute a concepção e implementação de um Sistema de **Alerta Antecipado de Inundações**. Os elementos do sistema são: Análise do risco de desastres; Detecção, observação, monitoramento e previsão; Divulgação e comunicação de alertas; e Preparação e resposta.

O **Capítulo 8** apresenta uma recomendação para acompanhamento das ações implementadas, contando com o envolvimento do DRRS.

Uma Conferência **de Cocriação de 3 dias** sugerida e hackathon focado no (1) esboço projetando o sistema de alerta antecipado de inundação aprimorado; (2) explorar opções de medidas estruturais para melhorar o sistema de proteção contra inundações; (3) uma mesa-redonda sobre a melhoria das disposições institucionais relativas ao sistema de alerta precoce de inundações.

O relatório detalha todas as observações, descobertas, conclusões e recomendações. As ações recomendadas deste relatório estão resumidas a seguir, com **detalhes que podem ser encontrados no texto do relatório principal**:

## Urgente – Antes de Setembro de 2024

### Recuperação de Curto Prazo

- Determinar o **perfil longitudinal das cristas dos diques** ao longo de sua extensão de 68 km, em como primeiro trabalho, extraindo-os do DTM de pesquisa LiDAR de 2021, complementado com pesquisas de solo, quando necessário.
- Preparar um mapa de risco de inundação de **maio de 2024** de Porto Alegre, com base no levantamento visual de marcas de inundação.
- Analisar **amostras de areia** de material depositado na margem do Rio Jacuí na Ilha da Pintada.
- Definir **um nível de crista de dique a ser adotado** para reabilitação/alteamento desses diques como medida temporária antes do início da estação chuvosa de setembro de 2024.
- Executar os **Reparos de diques** de acordo com necessidades urgentes no período de julho a agosto de 2024.
- Inspeccionar de **comportas** e reparações, substituição ou instalação de uma forma alternativa de proteção.
- Garantir a disponibilidade de **capacidade de bombeamento temporária**, incluindo aquisição de material.
- Garantir a capacidade de **elevação temporária de diques**, incluindo aquisições e especificação de necessidades logísticas e de mão de obra.
- Identificar **infraestruturas críticas** que exigirão proteção adicional por diques ou acessos garantido, como aeroporto, acesso a hospitais etc.
- Melhorar o atual sistema de **alerta antecipado de inundações**, para funcionar até que um sistema definitivo seja implementado.
- Comece com a preparação de um plano abrangente de resposta a **inundações de várias agências**
- Crie alguma forma realista de **conscientização sobre inundações** com o público, por exemplo, usando a mídia pública.
- Organizar uma Conferência de Cocriação de Três Dias **ou Hackathon** com o tema: "Repensando o Sistema de Gestão de Inundações da Região Metropolitana de Porto Alegre".

### Em preparação para recuperação de longo prazo, adaptação do sistema e alerta antecipado de inundações

- Realizar **análises de sensibilidade** de várias opções para reduzir gargalos de vazão ao longo do Delta do Rio Jacuí e lagoas com modelos existentes (UFRGS), na preparação de estudos detalhados para aumentar o transporte de água de inundação e diminuir os níveis de inundação como parte do Plano Diretor de Inundação e Drenagem.
- Comissionar a instalação de **sensores temporários de nível de água** (mergulhadores) em cerca de 10 locais ao longo do Delta do Rio Jacuí, Rio Guaíba e Lagoa dos Patos (a serem operados pelo menos durante as próximas estações chuvosas de 2024 e 2025).
- Medir as **vazões fluviais** na Ponta da Cadeia, pelo menos duas vezes, em condições de alta vazão durante a estação chuvosa de 2024.
- Iniciar a elaboração dos **Termos de Referência** para o Plano Diretor de Inundações e Drenagem de Porto Alegre, em coordenação e cooperação com o Estado do Rio Grande do Sul.
- Realizar uma **Mesa Redonda** com todos os níveis de governança para explorar o escopo da mudança do arranjo institucional para o novo sistema de proteção contra inundações.

## Antes do Final do Ano de 2025

### Recuperação de curto prazo

- Inspeção mais **detalhada** da qualidade dos diques.

- Definir um **nível de crista de dique** a ser adotado para reabilitação/alteamento desses diques como medida provisória até que as medidas de segurança recomendadas pelo Plano Diretor de Inundações e Drenagem de Porto Alegre tenham sido implementadas.
- Comissão de **medidas temporárias** de obras de reabilitação/adaptação de diques e comportas para colmatar o período até à entrada em vigor de medidas a médio e longo prazo, na sequência do Plano Diretor de Inundações e Drenagem.
- Continue com a criação de alguma forma realista de **conscientização sobre inundações** com o público.
- Finalizar a preparação de um plano abrangente de **resposta a inundações de várias agências**.

#### **Em preparação para recuperação de longo prazo, adaptação do sistema e alerta antecipado de inundações**

- Finalizar o Termo de Referência do **Plano Diretor de Inundações e Drenagem** de Porto Alegre e encomendar o estudo.
- Preparar os TdR para o estabelecimento do Sistema de **Alerta Precoce** e comissionar sua instalação, em coordenação e cooperação com o Estado do Rio Grande do Sul
- Continue medindo **os níveis e descargas** de água durante 2025.
- Preparar um **programa permanente de medição do nível e da descarga da água**, baseado em sensores de radar e telemetria, para apoiar o estudo do Plano Diretor de Inundações e Drenagem e o Sistema de Alerta Antecipado de Inundações.
- Encomendar um **levantamento batimétrico** do Delta do Rio Jacuí, Rio Guaíba e pelo menos a parte norte da Lagoa dos Patos
- Encomendar um levantamento de **tamanho / granulometria de partícula** de sedimento e profundidade de sedimento para a mesma área.
- Com base nos resultados do Diálogo da Mesa Redonda, **encomendar um estudo** sobre os arranjos institucionais atuais e **futuros desejados** para projetar, implementar e gerenciar sistemas e infraestrutura de proteção contra inundações, bem como sistemas de alerta precoce. A análise deve abranger e ser realizada em consulta e coordenação com todos os níveis de governança (municipal, estadual, federal).

#### **Período de 2026 a 2030**

- Concluir **os arranjos de financiamento para os investimentos** propostos no Plano Diretor de Inundações e Drenagem de Porto Alegre.
- Finalizar **arranjos institucionais** para implementar, operar e manter esses investimentos.
- Implementar as **medidas de redução de risco de inundação**, preconizadas no Plano Diretor de Inundações e Drenagem de Porto Alegre.
- Implementar o **Sistema de Alerta Antecipado de Inundações**.



## 2. Antecedentes e Propósito da Missão

Porto Alegre é a capital e maior cidade do estado do Rio Grande do Sul. A cidade tem uma longa extensão de frente ao Lago Guaíba. No lago, onde o rio Jacuí entra como um delta, existem diversas ilhas voltadas para a cidade formando um arquipélago com ilhas baixas parcialmente habitadas.

A parte norte da cidade também é uma área de várzeas fluviais e tem sido protegida por um sistema de diques desde a construção do sistema metropolitano de proteção contra enchentes de Porto Alegre no início da década de 1970. A área de polder é equipada com comportas e estações de elevatórias que drenam a área, e isso inclui a localização do aeroporto internacional de Porto Alegre, Salgado Filho.

A parte sul da cidade, ao longo do lago Guaíba, não possui sistema de proteção contra enchentes. A área é

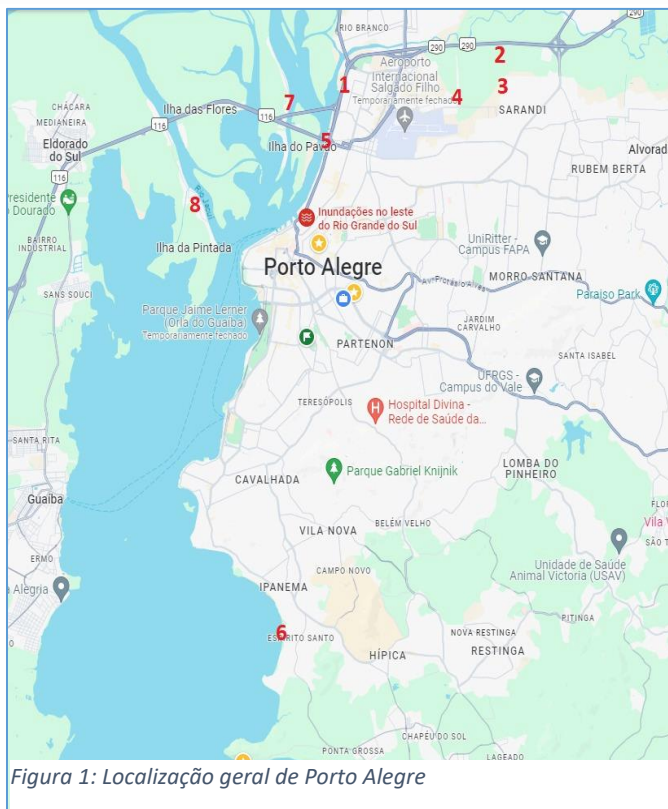


Figura 1: Localização geral de Porto Alegre

parcialmente plana ao longo da margem do lago e, embora não seja muito baixa, sofre com tempestades devido aos fortes ventos do sul em combinação com os altos níveis do lago.

O mapa da Fig. 1 mostra as áreas de polder 1 a 5 que foram inundadas nas enchentes de maio de 2024, as mais severas registradas no estado de RS e em Porto Alegre.

Na área 6, no sul da cidade, foi onde as inundações causadas pela tempestade destruíram muitas casas ao longo da margem do lago.

As áreas 7 e 8 estão nas ilhas, onde áreas residenciais de baixo e alto padrão foram completamente inundadas.

Em setembro de 2023, pela primeira vez desde então, partes da cidade foram afetadas pelo alto nível das águas. Foram

estabelecidos contatos entre o departamento municipal de água e esgoto DMAE, que opera o sistema de drenagem e proteção contra enchentes, e o Programa Holandês de Redução de Riscos, por meio do Escritório de Apoio Empresarial da Holanda (NBSO) em Porto Alegre.

Em maio de 2024, com a maior enchente registrada em todo o estado do RS, o sistema de proteção contra enchentes de Porto Alegre falhou, com a consequência de que as partes da cidade acima mencionadas foram inundadas. Só no município de Porto Alegre, cerca de 160 mil pessoas perderam suas casas e 40 mil prédios foram impactados.<sup>1</sup>

### Missão DRRS em Porto Alegre

Aproximadamente uma semana após as enchentes, na primeira quinzena de maio de 2024, o DMAE, departamento de água, saneamento e drenagem do município de Porto Alegre, entrou em contato com a equipe da DRRS e solicitou ajuda com o objetivo de avaliar as enchentes e apoiar o município a repensar o atual sistema de proteção contra enchentes e aconselhar sobre possíveis medidas futuras

<sup>1</sup> Avaliação do Município

para melhorar a proteção contra inundações da cidade (ver anexo I). Em resposta, o programa DRRS previa duas missões separadas a Porto Alegre: a primeira a curto prazo, realizada em junho, com o objetivo principal de apuração de fatos e recomendações de curto prazo, e uma segunda missão ainda a ser definida, com foco em medidas estruturais e não estruturais adicionais, para aumentar a proteção contra enchentes para o Município de Porto Alegre. A primeira missão foi realizada de 5 a 11 de junho de 2024. Este relatório apresenta os resultados dessa missão.

A equipe da missão consistiu em:

- **Ben Lamoree**, Líder de Equipe e Especialista em Desenvolvimento Institucional
- **Adri Verwey**, especialista em drenagem e gerenciamento de inundações
- **Peter Glerum**, especialista em emergência e recuperação precoce
- **Durval Bacellar**, especialista em gestão da água

A cônsul-geral de São Paulo para o Países Baixos, Wieneke Vullings, acompanhou a equipe da DRRS de 5 a 7 de junho.

Além dos contatos com o DMAE, o Prefeito Sebastião Melo e sua equipe, e instituições municipais, a equipe de missão se reuniu com o Governador Eduardo Leite e sua equipe, com a equipe do Ministério Federal no RS do Estado, com a Universidade Federal RS e outros. O programa desenvolvido pela Missão e as instituições visitadas podem ser encontrados no anexo II.



Figura 2: Impacto da enchente em Porto Alegre

### 3. Breve Análise das Enchentes em Porto Alegre e no Rio Grande do Sul

O município de Porto Alegre está localizado à Leste do Estado do Rio Grande do Sul, na bacia hidrográfica do Guaíba. Se encontra nas margens do Delta do Jacuí e do Lago Guaíba, que consistem em um sistema hídrico complexo e único quanto à sua hidrodinâmica fluvial.



O Delta do Jacuí consiste em um arquipélago formado pela foz dos rios Jacuí, Caí, dos Sinos e Gravataí. Abrange um conjunto hidrográfico de dezesseis ilhas, canais, pântanos e charcos. O Delta desagua no Lago Guaíba no local nomeado como Ponta do Gasômetro.

O Lago Guaíba, após a foz do Delta do Jacuí, drena uma área de cerca de 84.760 km<sup>2</sup>, cerca de 30% da área do território do Estado do Rio Grande do Sul. O rio Jacuí é responsável pela maior parte das vazões (por cerca de 85%), seguido pelo rio dos Sinos, Caí e Gravataí, com 7,5, 5,2 e 2,7%, respectivamente.



Figura 3: Área de Drenagem do Lago Guaíba

A morfologia do Lago Guaíba é caracterizada por apresentar baixas profundidades e pontos de gargalo hidráulico. A profundidade média é de 2,0 m, com exceção do trecho de canal dragado para permitir a navegação, que possui cerca de 12 m de profundidade.

O Lago Guaíba desagua na Laguna dos Patos, que consiste em uma das maiores lagunas do mundo, possuindo superfície de cerca de 10.360 km<sup>2</sup>, profundidade média de 5 m, também sendo considerada uma lagoa rasa. A Lagoa está, por sua vez, conectada com o Oceano Atlântico através de um único canal localizado em sua extremidade sul, nomeado Barra de Rio Grande. Este canal possui 2 km de largura e aproximadamente 12m de profundidade.

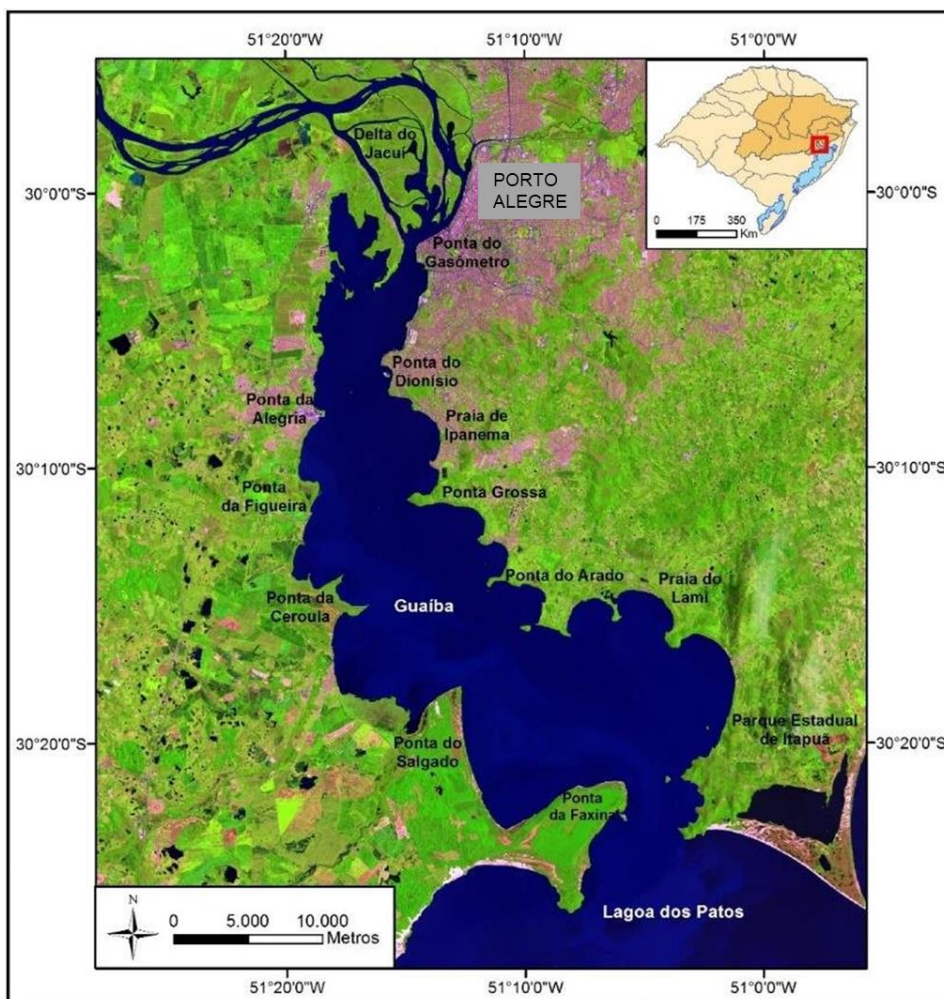


Figura 4: Sistema Hídrico do Lago Guaíba e entorno

O comportamento hidráulico deste sistema hídrico é influenciado principalmente pelas seguintes condições físicas:

- Vazões de contribuição no Delta do Jacuí;
- Diferença de níveis de água entre o Lago Guaíba e a Laguna dos Patos, e entre a Laguna dos Patos e Oceano Atlântico, que determinam a carga hidráulica e o sentido preponderante da vazão;
- Direção do vento e velocidade da corrente no Lago Guaíba e Laguna dos Patos;
- Condições de assoreamento nos lagos.

Essas condições determinam um contexto hidrodinâmico bastante sensível, difícil e complexo de prever. No entanto, as condições físicas da região do entorno de Porto Alegre, composta por vastas planícies, demonstram que a área é suscetível a possíveis inundações.

#### **O evento de inundação de maio de 2024**

Entre os dias 29 de abril e 6 de maio de 2024, o Estado do Rio Grande do Sul foi submetido a um evento climático resultante de uma combinação de fatores meteorológicos que se sobrepuseram de forma anômala e cujos efeitos resultaram em eventos pluviométricos sem precedentes no Estado, além de grandes inundações no Delta do Jacuí, Lago Guaíba e rios afluentes.

Resumidamente, o Estado do RS foi afetado por uma sobreposição de três fenômenos climáticos:

Resumidamente, o Estado foi acometido por uma sobreposição entre três fenômenos climáticos: geração de áreas de instabilidade em grande parte do Estado, chegada de uma massa de ar úmida proveniente da Amazônia, e uma frente fria proveniente do Atlântico. Estes eventos se chocaram na porção centro norte do Estado do RS e não conseguiram se dissipar para norte devido à presença e uma massa de ar quente e seca com alta pressão localizada no centro do país. Assim, todo o volume de água ficou concentrado e precipitou em um curto intervalo de tempo e em elevadas intensidades.



Figura 5: Evento climático conforme ocorreu

Aliado a isso, o período entre o final de abril e o início de maio de 2024 ainda sofreu a influência do fenômeno El Niño, responsável por aquecer as águas do Oceano Pacífico, contribuindo também para que áreas de instabilidade fiquem sobre o Estado. Algumas fontes indicam que as temperaturas acima da média no Oceano Atlântico, proveniente de mudanças climáticas) também podem ter contribuído para o aumento dos volumes evaporados no Oceano e precipitados sobre o Estado.

Como resultado, o Estado foi acometido por precipitações, conforme apresentadas a seguir.

Tabela 1 Precipitações verificadas entre final de abril e final maio de 2024

Município	Precipitação	Bacia Hidrográfica
Cruz Alta	447 mm	Cabeceira do rio Jacuí
Soledade	780 mm	Cabeceira do rio Jacuí
Santa Maria	782 mm	Bacia rio Jacuí
Tupanciretã	592 mm	Bacia rio Jacuí
Caxias do Sul	1023 mm	Bacia rio Taquari
Bento Gonçalves	961 mm	Bacia rio Taquari
Vacaria	558 mm	Cabeceira rio Caí
Rio Pardo	780 mm	Bacia rio Jacuí

<b>Município</b>	<b>Precipitação</b>		<b>Bacia Hidrográfica</b>
Grande Porto Alegre	<b>731</b>	<b>mm</b>	Entorno do Lago Guaíba
Fonte: MetSul			

A cidade de Porto Alegre consiste na única cidade com Sistema dedicado para controle e retenção de cheias, abrangendo Diques, Sistemas de Comportas e Sistemas de Bombeamento, conforme a seguir:

- Os Sistemas de Dique e Comportas abrangem um total de 68 km de diques de proteções e 14 Comportas com acionamento hidráulico, que consistem em estruturas de proteção que bloqueiam a passagem da água, visando evitar inundações. Na ocorrência de uma cheia, essas aberturas devem ser fechadas com antecedência. A proteção foi estabelecida para o nível das águas na cota de 6 metros, tomando como referência a cota máxima da enchente de 1941 acima no nível do Guaíba (1,75 m) e adotando uma margem de segurança de 1,25 m.
- O Sistema de bombeamento abrange um total de 23 Casas de Bombas, com total de 86 bombas (capacidade total de 170 m<sup>3</sup>/s), e que cumprem o papel de conexão do Sistema de Proteção com o Sistema de Drenagem Pluvial Urbana. Quando o Guaíba está em níveis mais elevados que o do sistema de drenagem pluvial, essas estruturas são acionadas para permitir que as águas pluviais das áreas mais baixas da cidade sejam escoadas.
- A partir de 2019, o sistema foi incorporado ao DMAE, quando foram realizados investimentos em modernização das casas de bomba e sistemas hidromecânicos.



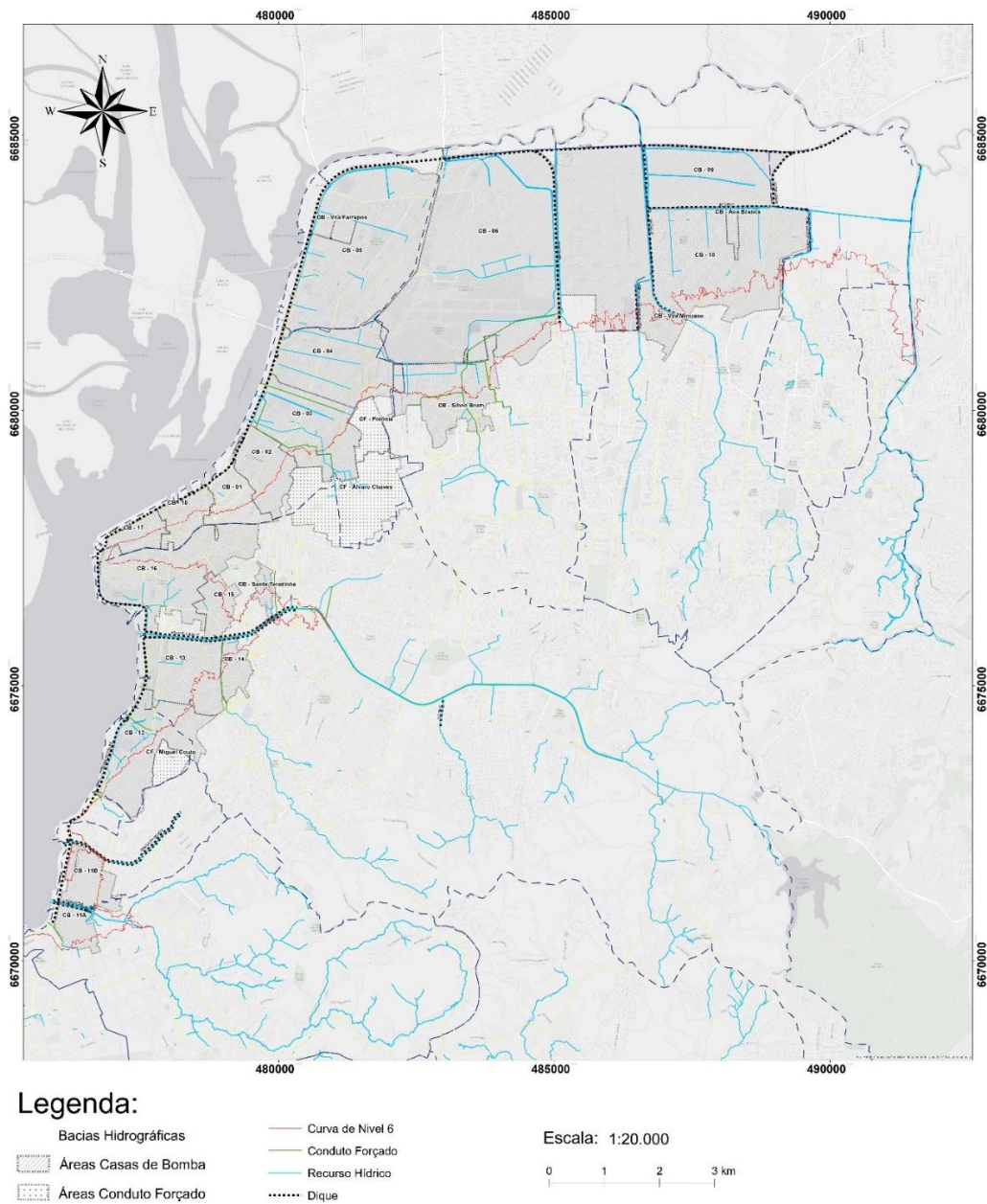


Figura 6: Sistema de contenção de enchentes em Porto Alegre

A seguir é apresentada a cronologia dos principais eventos de inundações ocorridos entre abril e maio de 2024.

25/04 – Primeiros informes da Defesa Civil do Rio Grande do Sul alertando que, nos dias seguintes, temporais trariam risco de alagamentos, ventos fortes e transbordamento de cursos d’água em parcela do Estado.

26/04 - Primeiras precipitações se iniciaram no oeste e sul do Estado.

27/04 – Ocorrência de vendavais, tornados e chuvas de granizo na região central do Estado. Alerta da Defesa Civil para possibilidades de inundações nas áreas de várzeas.

30/04 – Ocorrência de chuvas contínuas e princípio de inundações em grande parte de municípios do Estado. Data de início da cheia no Lago Guaíba.



01/05 – Início inundações no rio Taquari. Estado decreta Estado de Calamidade Pública.

02/05 - Nova frente fria se aproxima do Estado. Processo de colapso da barragem da Usina Hidrelétrica 14 de julho.

03/05 – Início das inundações em Porto Alegre (cota acima da elevação 3,6 m) Ocorrência de alagamentos e parada operacional forçada em parte das Casas de Bombas do Sistema de proteção contra inundações em Porto Alegre.

04/05 – Quase a totalidade das casas de bombas de drenagem pluvial na cidade foram desligadas preventivamente, para que as águas não invadissem seus motores. Cota do nível d'água atinge a marca de El. 5,0 m

05/05 – 374 municípios afetados no Estado. Em Porto Alegre, nível d'água atinge seu ápice, na elevação 5,35 m, o que deixou diversos bairros da cidade inundados.

08/05 – 500 mil pessoas sem água 425 municípios afetados

Na Fig. 7 a seguir é ilustrado o nível d'água no Lago Guaíba no período dos eventos e a Fig. 8 apresenta as manchas de inundação verificadas. Nota-se a rápida elevação do nível d'água entre os dias 02 e 05 e maio. Em contraste, o tempo necessário para a depleção do Lago a níveis pré inundações foi de cerca de 1 mês.

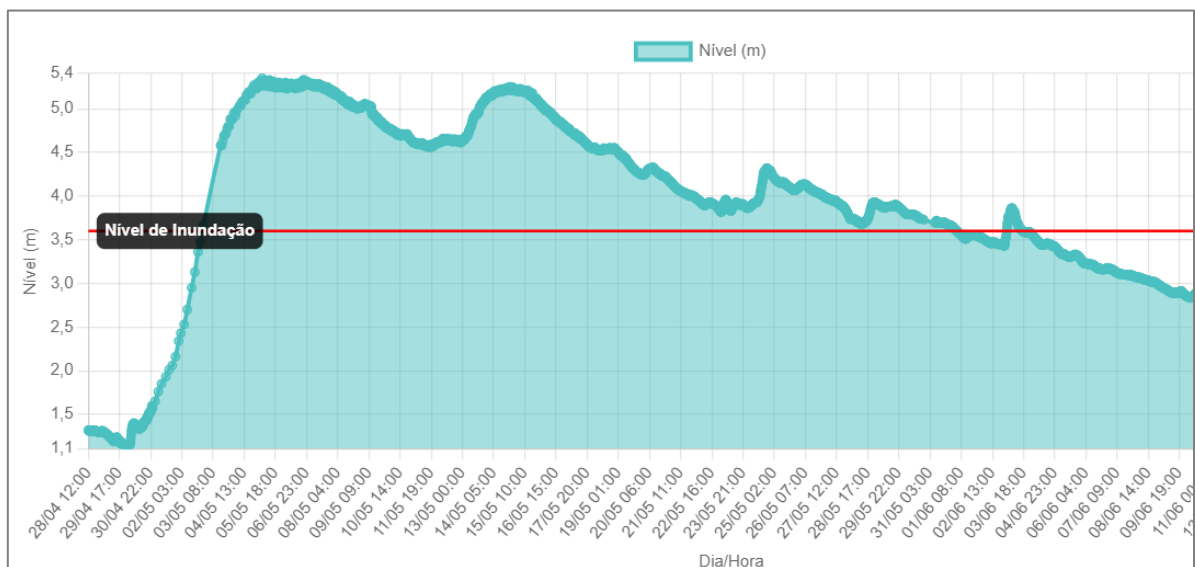


Figura 7: Níveis d'água no Lago Guaíba (próximo ao Porto Mauá)



Figura 8: Mancha de inundações nos rios Jacuí, Delta do Jacuí

### Breve diagnóstico do evento de inundação

Os fatores mais relevantes identificados que contribuiram para o aumento dos efeitos das enchentes no Rio Grande do Sul estão listados a seguir, com destaque para o contexto de Porto Alegre:

#### Fatores climáticos e físicos:

- Combinação de condições meteorológicas que se sobrepuseram de maneira anômala para gerar um evento de chuva com magnitude sem registros anteriores no Estado do Rio Grande do Sul. As precipitações ocorreram dentro de um curto intervalo de tempo gerando picos de vazões e níveis d'água muito superiores às médias históricas;
- Estima-se que os eventos estejam associados à um Período de Recorrência superiores a 100 anos;
- Presença de ventos de sudoeste, no sentido contrário ao escoamento, tanto no Lago Guaíba quanto na Laguna dos Patos, durante e após a ocorrência das chuvas intensas.
- Este fenômeno reduz a capacidade de esgotamento destes corpos hídricos, represa / remansa seus volumes acumulados e mantém os níveis d'água elevados.
- Efeitos de maré alta e remanso dos Lagos, reduzindo ainda mais a capacidade de escoamento dos escoamentos fluviais;

- Existência de Pontos de estrangulamento hidráulico no fluxo hídrico até o Oceano, com destaque para: i) foz do Delta do Guaíba no Lago Guaíba (área da Ponta do Gasômetro, na altura da Região Metropolitana de Porto Alegre), ii) pontos intermediários do Lago Guaíba (devido às baixas profundidades); e, iii) no seu encontro do Lago Guaíba com a Laguna dos Patos;
- Devido à ocorrência de eventos de inundações em 2023, existe a possibilidade de que o nível de assoreamento de alguns trechos de corpos hídricos seja representativo, impactando no comprometimento parcial da capacidade hidráulica deles.

Assim, a sobre elevação acima do esperado do Delta do Jacuí e Lago Guaíba se deveu principalmente pelo volume pluvial significativamente superior às condições normais, associado às limitações tanto naturais quanto excepcionais de escoamento do Lago Guaíba para a Laguna dos Patos.

#### **Sistemas de monitoramento e previsão de inundações:**

- Rede de coleta de dados hidrológicos comprometida ou inoperante durante o evento hidrológico;
- Modelos matemáticos de previsão de cheias não tiveram alimentação de dados eficiente durante o evento;
- Sistema de alerta à população pouco eficiente quanto ao dimensionamento dos eventos;
- Os alertas realizados no início dos eventos foram subestimados pelos órgãos estaduais e municipais.
- Falta de previsões eficiente de cheias e alerta precoce da população nos demais municípios além de Porto Alegre.

O Estado dispõe de equipes especializadas técnicas responsáveis pela modelagem e previsões de inundações dos principais cursos d'água (principalmente a UFRGS – IPH), contudo, verifica-se relativa carência de dados de monitoramento em muitas áreas / cursos d'água do Estado.

#### **Sistemas de proteção e contenção contra cheias em Porto Alegre:**

- Sistemas de bombeamento foi dimensionado com base em dados históricos antigos, e com defasagem técnica quanto ao seu dimensionamento;
- Os Níveis de chuvas resultaram acima dos parâmetros de projeto datados da década de 1960;
- Muitas Comportas não operaram com eficiência, apresentando inúmeros vazamentos ou pequenos rompimentos. Algumas comportas de emergência empenaram devido às altas energias do escoamento. Assim, de ordem geral, não foram capazes de estancar os volumes provenientes do Guaíba;
- Foram excedidos os níveis d'água operacionais das bombas, incluindo seus controles elétricos e de automação. Devido a isso, a alimentação elétrica foi obrigatoriamente desligada para evitar riscos de curto-circuito;
- Falta de Alternativas de Energia emergencial para suprir os equipamentos de bombeamento (Ex: geradores);



- Aparente Falta de manutenção dos equipamentos;
- Retorno do escoamento nas bombas devido à falta de válvulas de retenção;
- Verificado Diques rebaixados em alguns locais, além da presença de assentamentos informais em determinados trechos deles;
- Nem todas as áreas possuem diques de proteção, em Particular em áreas com assentamentos informais
- Galgamento de alguns diques de proteção;
- O Sistema de Diques e Comportas está sob operação do DMAE desde 2019, e não possui ainda um sistema robustos de ação frente a emergências.

O Sistema de Diques e Comportas está em operação pelo DMAE desde 2019, mas como o recente desastre mostrou, sem um sistema robusto de ação diante das próximas emergências. Apesar disso, a reação de emergência pós-desastre do DMAE tem sido muito eficaz.

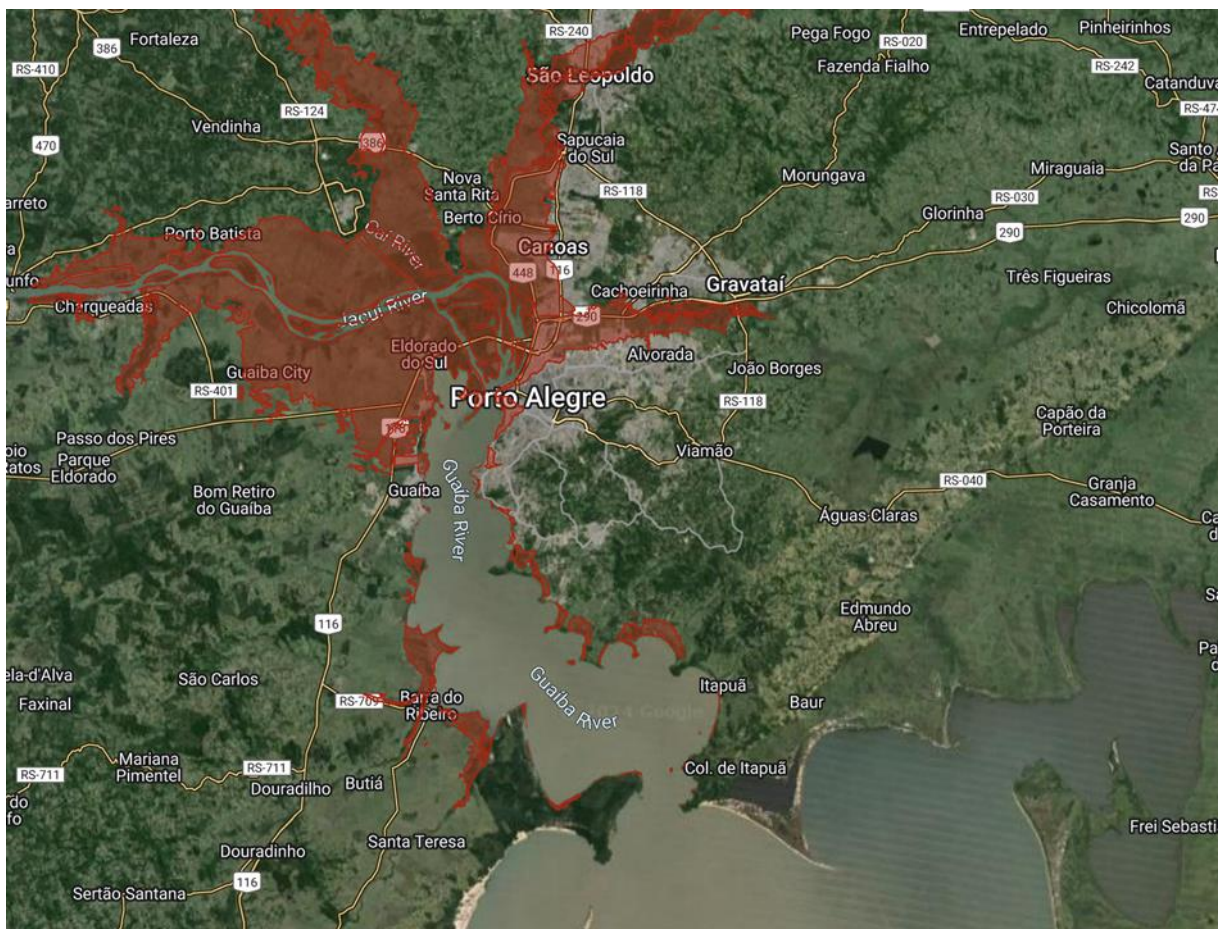


Figura 9: Áreas inundadas na Região Metropolitana no dia 6 de maio de 2024 (pico da enchente)

#### 4. Cronograma para recuperação e reconstrução

Neste capítulo, é apresentada uma linha do tempo geral e provisória (Fig. 10) para a melhoria do sistema de gestão de inundações em Porto Alegre (e no Estado do Rio Grande do Sul).

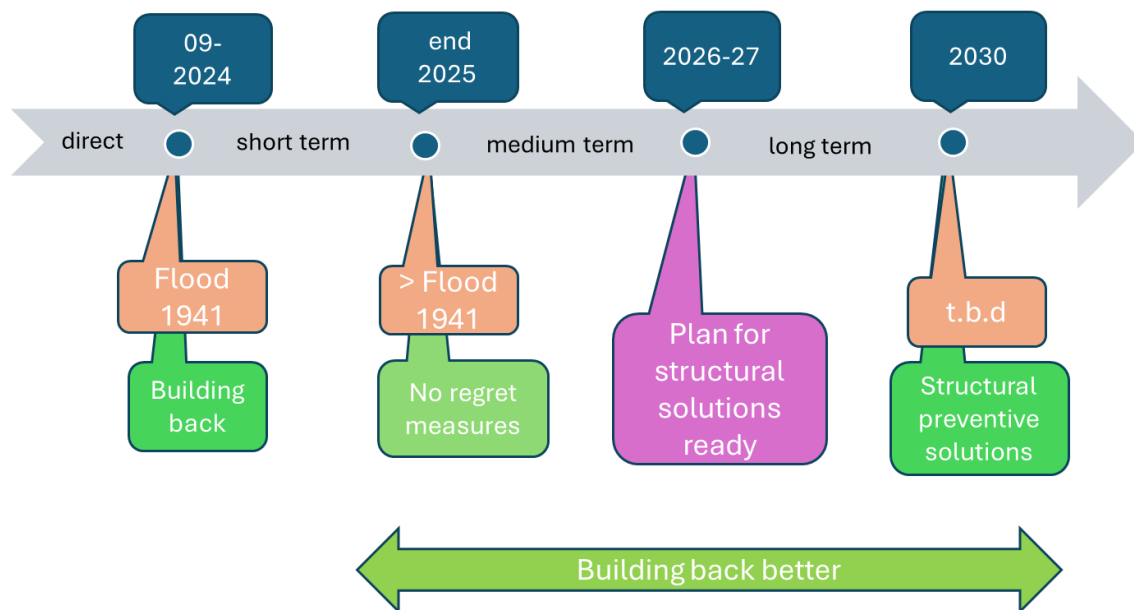


Figura 10: Linha do tempo provisória de melhorias

Uma melhoria estrutural do sistema de gestão de inundações em Porto Alegre não é possível em um curto espaço de tempo. Requer estudo e análise minuciosos do sistema.

Com base em experiências internacionais, o estudo, desenvolvimento e tomada de decisão para um plano diretor para melhoria estrutural da gestão de inundações levará pelo menos 2 anos.

Se o orçamento for disponibilizado a tempo e se as licenças de construção e os processos de aquisição funcionarem sem problemas, a implementação das medidas poderá ser alcançada dentro de quatro anos após a aprovação do plano.

Entretanto, é necessário tomar medidas temporárias para a reabilitação do sistema de proteção contra inundações existente e preparar para as futuras inundações. Em setembro começa o período chuvoso, que é historicamente o período com altos níveis de água (por exemplo, inundações no outono de 2023). Isso implica que, antes de setembro de 2024, o sistema deve ser reabilitado o máximo possível por meio da reconstrução combinada com medidas de emergência.

A reabilitação completa levará mais tempo, mas ainda deve ser alcançada antes do final do próximo ano, que é definido como de curto prazo. Nesta fase, pode-se começar um processo de construção resiliente e de longa duração.



## 5. Resposta de emergência e recuperação de curto prazo

Antes da missão, a equipe do DRRS já apresentou uma lista de recomendações/pontos de atenção para a fase de resposta a emergências/recuperação precoce.

Recomendações gerais baseadas em experiências internacionais que abrangem os temas:

Saúde Pública, Remoção de Detritos/Sedimentos, Gestão de Resíduos, Restauração de Infraestruturas, Avaliação de Danos, Apoio Financeiro e Preparação para a próxima inundação.

Esta lista de recomendações consta do anexo 3 do relatório.

Nesta Seção são dadas recomendações para o curto prazo, limitadas à preparação para uma nova inundação. O curto prazo é visto aqui como o período até o final de 2025, com foco no período até setembro deste ano. Não se espera que, antes da estação chuvosa que começa em setembro, o sistema de proteção contra inundações volte ao nível do projeto com base nas inundações de 1941. Isso apesar dos tremendos esforços do DMAE, de seus empreiteiros e de outros departamentos municipais.

É necessária uma priorização do planejamento das atividades de reabilitação para otimizar o nível de proteção antes da próxima estação chuvosa. Avaliamos que a restauração do nível de projeto com base na inundação de 1941 é alcançável na área do polder, mas somente se complementada por outras medidas de reabilitação e preparação para emergências (com soluções temporárias, como sacos de areia e equipamentos de bombeamento de emergência).

É importante comunicar à população e às empresas o nível de proteção que podem esperar. A preparação para emergências é necessária como parte das medidas de curto prazo, mas também a longo prazo, pois nenhum sistema de proteção contra inundações garantirá total segurança em todas as circunstâncias. A preparação para emergências deve estar sempre em consonância com o nível de proteção contra inundações efetivamente disponível.

### **Ações recomendadas para resposta a emergências e recuperação de curto prazo**

Como parte da preparação para emergências, as seguintes recomendações são formuladas e detalhadas abaixo nos parágrafos:

#### **Pelo DMAE**

- Garantir a capacidade de bombeamento temporária
- Garantir a capacidade de monitoramento dos diques
- Garantir capacidade para elevação de diques temporários

#### **Pelo município de Porto Alegre**

- Preparar um plano abrangente de resposta a inundações de várias Entidades

#### **Para o município de Porto Alegre, juntamente com o estado do RS**

- Estabelecer um sistema de alerta precoce

### 5.1. Garantia de capacidade de bombeamento temporário

Conseguir uma reabilitação completa de todas as estações de elevatórias antes da estação chuvosa é uma missão difícil de atingir. Para complementar a capacidade disponível, é necessário que haja capacidade adicional para isso, bem como capacidade adicional para problemas de mau funcionamento de estações de elevatórias durante uma nova inundação. Esta capacidade tem de ser

parcialmente responsabilidade do próprio do DMAE e pode estar parcialmente disponível através de contratos com terceiros de disponibilidade imediata. Propõe-se que o DMAE tenha capacidade permanente para remontar e colocar em operação duas estações de bombeamento.

O equipamento de bombeamento temporário deve incluir os procedimentos, mão de obra e equipamentos para colocá-los e operá-los durante uma emergência, bem como a capacidade de armazená-los. De preferência, os locais possíveis para posicioná-los durante um evento de inundação devem ser pré-identificados e avaliados. O uso da capacidade nesses locais deve ser treinado para perfeito funcionamento durante uma emergência.

## **5.2. Garantir a inspeção da proteção contra inundações antes e durante uma inundação**

As rupturas dos diques ocorreram devido ao galgamento e ao enfraquecimento dos diques (por exemplo, causados por construções irregulares ao longo dos diques). Isso pode ser evitado por inspeção periódica dos diques, seguida de trabalhos de reparo. É aconselhável ter uma inspeção visual regular (anual) de toda a infraestrutura de proteção contra inundações, bem como para infraestruturas específicas (como comportas) uma inspeção mais completa por especialistas a cada 3-5 anos.

Um regime eficiente de inspeção aumentará a chance de que a infraestrutura de proteção contra inundações esteja à altura da força do projeto. No entanto, ainda é possível falhar durante uma inundação (por exemplo, devido ao enfraquecimento ocorrido após a inspeção ou fraquezas não visíveis durante uma inspeção).

Para superar este eventual problema da inspeção preventiva, durante um evento de inundação é necessário acompanhamento especializado e treinado. Isso requer especialistas treinados que inspecionem visualmente a infraestrutura de proteção contra inundações durante o evento de inundação. Isso requer treinamento com antecedência de um grupo de pessoas e organização das inspeções<sup>2</sup>. Para inspeção, é necessária uma boa análise de risco do sistema de proteção contra inundações para pré-identificar pontos fracos.

O suporte para a inspeção da infraestrutura de proteção contra inundações é o uso de drones com tecnologia infravermelha<sup>3</sup>. Os drones são hoje uma solução barata para uma inspeção aérea da infraestrutura de proteção contra inundações, especialmente quando a câmera é georreferenciada (dando a capacidade de fazer upload de imagens em um sistema GIS) e se a tecnologia infravermelha for adicionada. A tecnologia infravermelha pode identificar pontos fracos em diques com base em pequenas diferenças de temperatura. Isso pode ser uma indicação de saturação de água de uma parte do dique. A inspeção com drones será preciso menos mão de obra enquanto informações extras são fornecidas. Para usar drones de forma eficaz, as pessoas precisam ser treinadas minuciosamente para operá-los e interpretar as imagens.

## **5.3. Garantir a capacidade de diques temporários e infraestrutura de proteção**

O reforço dos diques existentes provavelmente não será possível antes da próxima estação chuvosa, enquanto uma próxima inundação extrema pode vir a ocorrer, o que pode ultrapassar os diques com

---

<sup>2</sup> Na Holanda, problemas com afogamento pode mobilizar voluntários durante uma ameaça de inundação. Estes foram treinados e cada um inspecionará uma seção de um dique e relatará regularmente seu estado aos especialistas do comitê de águas

<sup>3</sup> A tecnologia infravermelha detecta diferenças de calor, o que geralmente é uma indicação de níveis mais altos de água em um dique, que implica que ocorreu um enfraquecimento

seu projeto baseado na inundação de 1941. Isso implica que, para obter proteção adequada contra inundações, recomenda-se a capacidade de construção de diques temporários.

A solução mais comum para diques temporários é o uso de sacos de areia. Os sacos de areia são uma solução barata e flexível. Sacos de areia regulares são a escolha mais flexível, no entanto, eles precisam de uma grande força de trabalho para construir um reforço temporário e não são práticos para distâncias maiores. Ainda assim, recomenda-se que sejam disponibilizados previamente, incluindo o planejamento da mão-de-obra necessária para pequenas reparações/reforços.

Sacos grandes (cheios de areia) superam as desvantagens de sacos de areia menores em grande parte. No entanto, eles precisam de equipamentos pesados (que podem não ser utilizáveis em todos os lugares durante uma inundação). Recomenda-se disponibilizar um estoque de big bags. O tamanho do estoque deve ser baseado em uma análise de possíveis aplicações durante uma inundação e a capacidade disponível (pessoal e equipamento) para colocá-las.

Além de sacos de areia e big bags, existem no mercado diferentes sistemas portáteis de proteção contra inundações, a maioria deles fazendo uso de água (vários deles são canos/sacos/caixas, que se enchem com a água da enchente quando ela sobe, enquanto outros precisam ser pré-preenchidos). Eles são gerenciáveis com menos pessoas e menos equipamentos pesados do que sacos de areia e big bags. No entanto, eles geralmente têm requisitos no terreno para colocá-los (a maioria precisa ser plano e sólido) e precisa de treinamento específico para usá-los. Eles são mais caros para comprar e alguns deles precisam ser fabricados para um comprimento específico de dique. Os sacos cheios de água apresentam risco de cisalhamento, uma vez que os níveis de água atingem aproximadamente metade de sua altura. No entanto, em circunstâncias específicas, eles podem ser uma solução melhor em um ambiente construído com baixas profundidades de inundação, que podem ser estimadas com bastante antecedência.

Além do reforço dos diques existentes, soluções temporárias também podem ser aplicadas em situações específicas, como:

- A frente portuária onde uma solução aceitável não é alcançável a custos razoáveis ou por outros motivos

Ao longo da costa sul do lago da cidade, onde não há diques e onde se vê a frequência e o impacto limitados das inundações, investir em uma solução permanente não é rentável.

#### **5.4. Preparar um plano abrangente de resposta a inundações de várias agências**

A enchente de maio deste ano demonstrou que em Porto Alegre muitas organizações estão envolvidas na resposta às inundações. A resposta à inundação foi baseada em planos gerais e acordos de cooperação, não em um plano baseado em cenários para gerenciamento de inundações em condições de emergência.

A resposta às inundações funcionou muito bem em maio na fase de resposta imediata, mas funcionou apenas de forma muito limitada na fase de ação inicial (período entre o alerta e a chegada do alto nível da água).

Através de um plano detalhado e específico, especialmente na fase de ação inicial, o impacto (danos e sofrimento humano) de uma inundação podem ser reduzidos drasticamente. Um bom alerta precoce (ver Capítulo 7) é a base para tal plano. Recomenda-se que o município de Porto Alegre prepare em breve um plano de resposta a inundações multi agências.

Este plano deve:

- Incluir previsão de inundações e alerta antecipado de inundações:
  - Como comunicar o alerta precoce ao público

- Que medidas precoces podem ser tomadas com base no alerta precoce
  - Como o aviso será comunicado ao público, em quais níveis e por quem.
- 
- Desenvolver em conjunto com todas as agências envolvidas (para garantir que o plano seja validado e reconhecido com por ela desenvolvido em todas as agências e com base em suas possibilidades e limitações)
  - Basear-se no sistema de proteção contra inundações existente
  - Plano Específico para as diferentes partes da cidade.

É necessária uma avaliação regular dos planos de resposta às inundações. Além disso, é recomendável criar alguma forma de conscientização sobre inundações com o público.

Por exemplo, devem ser realizados treinamentos para testar e avaliar o plano e podem ser usados para a atualização regular do plano

A atualização regular é necessária devido a:

- Resultados das avaliações de treinamento
- Desenvolvimento do sistema de proteção contra inundações
- Maior desenvolvimento urbano na cidade
- Impactos das mudanças climáticas
- Mudanças nas agências governamentais
- Mudanças nos arranjos institucionais (por exemplo, mandatos).

## **6. Recuperação a Longo Prazo e Adaptação do Sistema**

### **6.1. Introdução**

As inundações ocorridas entre abril e maio de 2024 em Porto Alegre e as avaliações e prospecções iniciais sobre suas causas e impactos (Capítulo 3) demonstram a necessidade de investimentos significativos na redução dos riscos de inundação para patamares aceitáveis. As abordagens mais assertivas costumam distinguir as medidas necessárias nos seguintes grupos:

1. Medidas estruturais, atreladas à projetos da infraestrutura de proteção contra inundações; e
2. Medidas não estruturais, associadas ao desenvolvimento de conhecimento, planejamento e articulações organizacionais e institucionais.

As discussões anteriores a respeito das causas e impactos das inundações relata deficiências em ambos os aspectos, evidenciando amplo espaço para melhorias e intervenções. Ressalta-se novamente que as medidas a serem discutidas no presente documento se concentram ao Município de Porto Alegre, uma vez que esse foi o objetivo da presente missão. Eventuais medidas que possam resultar em impactos positivos ou negativos nos municípios vizinhos à Porto Alegre serão mencionadas ao longo do relatório.

### **6.2. Medidas Estruturais**

Foi observado que durante os eventos emergenciais em questão que as cotas de inundações ultrapassaram em vários pontos as cotas de infraestruturas de proteção, tal como o caso dos diques municipais. Ainda é cedo para concluir se as vazões e cotas de dimensionamento de projeto das infraestruturas de proteção contra inundações tenham sido subdimensionadas nas configurações atualmente existentes, tal como os diques. De qualquer forma, para uma proteção mais assertiva contra inundações, existem duas abordagens para fornecer mais segurança contra inundações para um evento semelhante ao que ocorreu em maio de 2024:

1. Aumentar as cotas / elevações das infraestruturas de proteção contra inundações; ou
2. Adotar medidas para reduzir as cotas / elevações máximas de inundação ao redor de Porto Alegre.

A definição das soluções mais efetivas ainda é incerta e deve ser mais bem avaliado. Recomenda-se que a avaliação faça parte de um Estudo / Plano Diretor de Inundações e Drenagem para Porto Alegre, conforme detalhado neste Capítulo 6.

#### **6.2.1 Aumento dos Níveis da Infraestrutura de Proteção contra Inundações**

A missão ainda não é conclusiva sobre a relação custo-benefício em elevar os níveis de proteção contra inundações de diques e demais infraestruturas associadas para um nível mais elevado do que os 6 m +Ref, conforme adotado no projeto do sistema atual, com base em um nível registrado em 1941 de 4,75 m +Ref + uma margem de segurança de 1,25 m.

Recomenda-se que esta análise complemente os Estudos de Macrodrenagem Plano Diretor de Inundações para Porto Alegre. Além da questão dos níveis das cristas dos diques, este estudo também deverá investigar o nível requerido para outros componentes das infraestruturas associadas, tais como níveis de segurança para instalações das estações de bombeamento, níveis de diques secundários como aqueles que protegem passagens sob outras estradas e ferrovias, proteção de aeroportos, acesso garantido a hospitais etc.

Com relação à reabilitação e projeto da futura infraestrutura de proteção contra inundações, são referenciadas as seguintes ações e recomendadas:



## **Ações Recomendadas em relação ao Aumento do Nível da Infraestrutura de Proteção contra Inundações**

### **Curto Prazo**

- Determinar o perfil longitudinal das cristas dos diques em toda a sua extensão de 68 km, inicialmente extraído dos levantamentos LiDAR de 2021 DTM, complementadas com pesquisas em terra, quando necessário;
- Definir um nível de crista de dique a ser adotado para a reabilitação/aumento desses diques como medida temporária antes do início da temporada chuvosa de setembro de 2024;
- Inspeccionar a qualidade dos diques;
- Reabilitar os diques de acordo com as necessidades urgentes no período de julho a agosto de 2024;
- Preparar medidas temporárias complementares de reabilitação/adaptação de diques para cobrir o período até que medidas de médio e longo prazo estejam em vigor. Estabelecer um nível de crista de dique que sirva a este período de transição, não necessariamente no nível de projeto de 1941 ou superior;
- Identificar infraestruturas críticas que exigirão proteção adicional por meio de diques, ou que necessitarão de garantia de acessos, como o aeroporto, hospitais, etc.;
- Preparar e contratar o Estudo de Inundações e Macro drenagem (Plano Diretor) para Porto Alegre.

### **6.2.2 Redução dos Níveis de Inundações ao Redor de Porto Alegre**

A missão é mais otimista em relação ao custo-benefício das intervenções com possibilidades de reduzir os níveis de inundação ao redor de Porto Alegre para um evento semelhante ao de maio de 2024. Um pilar dessa abordagem consiste no conceito de "Espaço para o Rio", que pode levar a níveis d'água inferiores aos ocorridos durante a inundação de maio de 2024, para as mesmas condições de chuva e vento. Deve-se enfatizar que tais intervenções são tecnicamente complexas e exigirão estudos e aprofundamentos detalhados, devendo ser em parte tarefa / escopo proposto Estudo de Inundações e Macrodrenagem para Porto Alegre, e em parte iniciados como estudos contratados antecipadamente a curto prazo.

A justificativa para tais intervenções se baseia na seguinte observação. Fazendo referência à Figura 9 e à publicação associada (Silveira et al., 2024), os escoamentos das bacias dos rios Jacuí, Caí, Sinos e Gravataí enfrentam três gargalos em seu percurso desde a montante (Delta do Jacuí próximo à Porto Alegre) até a saída da Laguna dos Patos até o oceano:

1. Ponta da Cadeia, localizada próxima à antiga Usina do Gasômetro, onde o rio tem uma largura de aproximadamente 1000 m a uma profundidade média de 2 a 3 metros, sendo localmente mais profundo no canal de navegação dragado que apresenta uma profundidade da ordem de 6 metros. No entanto, esse gargalo também inclui o Delta do Jacuí a montante, com um comprimento de aproximadamente 11 km (Figura 11);
2. Ponta de Itapuã, aproximadamente 40 km ao sul ao longo do Rio Guaíba, onde sua largura se reduz para aproximadamente 3,7 km, no seu desemboque na Lagoa dos Patos;
3. Barra de Rio Grande, que apresenta uma severa constrição na saída das Lagoas dos Patos para o Oceano Atlântico.



Figura 11: Delta do Rio Jacuí no lado noroeste de Porto Alegre

Durante as inundações, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS) mediu vazões em Ponta da Cadeia de cerca de  $40.000 \text{ m}^3/\text{s}$  próximo ao pico de cheia, usando o método ADCP.

A Figura 12 ilustra os níveis d'água ao longo de Porto Alegre em 6 de maio de 2024, enquanto os níveis de inundação já estão diminuindo. Observa-se que a partir do ponto D (Ponta da Cadeia), os níveis de água aumentam linearmente a montante em uma distância de 6 km ao redor de Niterói e provavelmente além. Isso indica claramente que, além da Ponta da Cadeia, o rio Jacuí em sua ramificação a montante também representa um gargalo no sistema de escoamento. Isso é confirmado pela Figura 8, fornecendo a visão de que a largura integrada do rio Jacuí em sua ramificação na área do delta do rio é da mesma ordem que a do gargalo da Ponta da Cadeia. O comprimento do delta ao longo de seu ramo oeste mais curto do rio Jacuí é de 11 km.

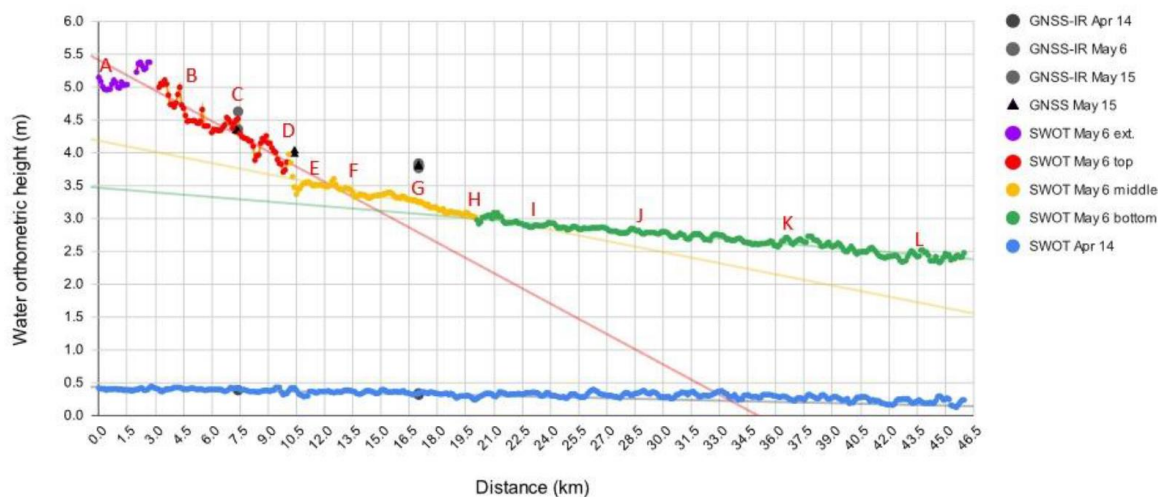


Figura 12: Níveis de inundação no entorno de Porto Alegre em 6 de maio de 2024, desde Niterói até o Rio Guaíba (cortesia da UFRGS)

### Aumento da capacidade de escoamento do fluxo no Delta do Rio Jacuí

A UFRGS recomendou o alargamento dos leitos dos rios nos pontos de restrição mencionadas para aumentar a capacidade fluvial de vazões e reduzir a magnitude do remanso a montante da Ponta da Cadeia. Uma alternativa de aumento da seção hidráulica consiste em aprofundá-lo. Em princípio, esta opção fornece uma solução mais atraente, uma vez que cada metro cúbico de sedimento dragado do leito é pelo menos duas vezes mais eficaz do que a mesma quantidade escavada das margens do rio. Além disso, a dragagem do leito do rio pode ter impactos sociais e ambientais negativos menores."

"A pedido da equipe da missão, o Prof. Rafael Manica da UFRGS fez uma simulação em modelagem 2D demonstrando o impacto da dragagem de uma camada de 2 m na restrição da Ponta da Cadeia. Isso representa uma quantidade de extração de sedimentos da ordem de 10 milhões de m<sup>3</sup>. Embora seja cedo demais para apresentar neste relatório, os primeiros resultados são encorajadores, indicando ser viável reduzir os níveis de inundação em Porto Alegre em cerca de 0,5 m. Tal intervenção poderia ter evitado a maioria das inundações no município de Porto Alegre durante a calamidade de maio de 2024. A análise de sensibilidade também mostrou que uma redução adicional poderia ser alcançada dragando o leito do rio em **Ponta de Itapuã**. A UFRGS está avançando com este estudo e tem a intenção de publicar em breve."

Essas observações levam à conclusão de que vale a pena avançar na exploração desta opção. No entanto, deve-se atentar para uma série de possíveis fatores complicadores, tais como:

- Possibilidade de **presença de formações rochosas** ao longo dos leitos dos rios. Essa presença é mais provável nos locais de Ponta da Cadeia e Ponta de Itapuã. Durante a missão, a questão sobre a natureza dessas restrições não pôde ser respondida e deverá ser melhor investigada. Especialmente a formação do Delta do Rio Jacuí indica a presença de rochas na Ponta da Cadeia.
- A **necessidade excessiva de dragagem**. O comportamento morfológico geral do Delta do Rio Jacuí é muito complexo e sua perturbação pode ter consequências inesperadas. O aprofundamento do leito do rio pode criar uma armadilha de sedimentos. Uma intervenção dessa natureza só é aconselhada se houver a expectativa de que a futura dragagem de manutenção permaneça em condições técnico – econômico aceitáveis. Além da criação dessa armadilha de sedimentos, o fluxo contínuo de sedimentos ao longo do Rio Guaíba pode não ser garantido. Um sinal promissor consiste no fato de que durante a recente enchente, grandes quantidades de areia grossa foram depositadas ao longo das margens do Rio Jacuí na Ilha da Pintada (Fig. 13). É muito provável que as velocidades extremamente altas do fluxo suspenderam as cargas usuais do leito do rio, em



qualquer caso, haverá necessidade de um estudo morfológico aprofundado desta área com contribuições de um especialista líder mundial. É altamente recomendável analisar uma amostra da areia depositada para fornecer uma visão geral da distribuição de tamanhos e granulometria como entrada para análises de especialistas.

- **Impactos negativos** para os assentamentos ao longo do Rio Guaíba. Durante a enchente de maio de 2024, várias comunidades ao longo do Rio Guaíba foram inundadas, e aumentar a capacidade de escoamento ao longo do Delta do Rio Jacuí pode majorar essa situação. Esse impacto terá que ser investigado e muito provavelmente isso exigiria algumas intervenções mais a jusante também. No entanto, espera-se que as intervenções para aumentar a capacidade de descarga do Delta do Rio Jacuí tenham impactos negativos menores aos níveis de enchente ao longo do Rio Guaíba. Ele se aplica às margens da Lagoa dos Patos;
- Os custos de dragagem podem ser reduzidos se parte do material dragado puder ser utilizado para a indústria da construção (ver também Fig. 13), seja como areia para construção ou como material para aterros. É recomendado investigar tais opções em breve.



Figura 13: A enchente depositou carga de leito (areia) ao longo das margens do Rio Jacuí na Ilha da Pintada, maio de 2024.

### **Aumentar a capacidade de escoamento de fluxo na Barra do Rio Grande**

O recente evento de inundação demonstrou que a Lagoa dos Patos atua como uma bacia de retenção para a volumes de inundação liberadas pelo Delta do Jacuí. A saída para o oceano na Barra de Rio Grande, por sua vez, possui capacidade limitada de liberação de vazões. Mesmo em junho, a Lagoa dos Patos não retornou ao seu nível de água de equilíbrio (dinâmico). Essa diminuição lenta no nível da água da Lagoa dos Patos também afeta os níveis de água em Porto Alegre. Com uma capacidade de fluxo aumentada na Barra de Rio Grande, os níveis de água em Porto Alegre teriam diminuído muito mais rapidamente.

No entanto, isso não garante que os níveis máximos de inundação em Porto Alegre teriam sido mais baixos também. Uma compreensão mais aprofundada terá que ser desenvolvida por meio de simulações de modelos hidrológicos/hidrodinâmicos para todo o sistema rio/lagoa, desde o Delta do Rio Jacuí até o Oceano Atlântico. Essas simulações também devem incluir a influência do vento na Lagoa dos Patos, já que isso causou diferenças significativas nos níveis de água, desempenhando um papel negativo na inundação de maio de 2024 em Porto Alegre.

No que diz respeito à restrição na **Barra de Rio Grande**, várias propostas foram discutidas no passado para aumentar sua capacidade de transmissão ou criar um atalho para o oceano. Para este estudo, as alterações no ambiente marinho, bem como as complicações para a morfologia costeira, exigirão a

contribuição de expertise de alto nível, apoiada por uma ferramenta de modelagem que integre hidrodinâmica, intrusão de sal e morfologia.

### ***Redução dos níveis máximos de inundação em Porto Alegre por meio de intervenções nas bacias dos rios a montante.***

Os níveis de inundação ao redor de Porto Alegre também poderiam ser reduzidos diminuindo o pico de escoamento das 4 bacias dos rios a montante. Opções terão que ser exploradas como parte do Estudo de Inundações e Macrodrenagem (Plano Diretor) para Porto Alegre. As opções a serem consideradas são:

- Criar mais armazenamento mediante a construção de reservatórios ou aprimorar a infiltração da água da chuva;
- Reduzir a velocidade do escoamento plantando vegetação obstrutiva nos campos (agrícolas).

No entanto, não se espera que, dada a profundidade da chuva de 500 a 1000 mm nas bacias durante o evento de maio de 2024, tais medidas terão impactos positivos significativos. Isso também foi confirmado por vários especialistas encontrados durante a missão.

As investigações necessárias para o estudo das opções de intervenção mencionadas acima levam a uma série de ações recomendadas, conforme segue:

#### ***Ações Recomendadas para Investigar Opções de Redução dos Níveis de Inundação***

##### **Curto Prazo**

- **Analisar amostras de areia** retiradas dos depósitos ao longo da margem do Rio Jacuí na Ilha da Pintada. Uma distribuição de tamanhos / granulometria dessa areia fornecerá informações altamente valiosas sobre os processos morfológicos que ocorreram no delta do Rio Jacuí durante a inundação de maio de 2024;
- Realizar **levantamentos batimétricos** do delta do Rio Jacuí, do Rio Guaíba e pelo menos da parte norte da Lagoa dos Patos. O resultado servirá como insumo necessário para o desenvolvimento e calibração de um modelo hidrodinâmico/morfológico integrado desse sistema;
- Realizar **levantamentos da granulometria** dos sedimentos e profundidade deles na mesma área, para servir como base para modelagem morfológica desse sistema e fornecer informações para possíveis operações de dragagem;
- Desenvolver um **estudo sobre as formações geológicas** e a presença de sedimentos e rochas em locais críticos ao longo do delta do Rio Jacuí, do Rio Guaíba e pelo menos nas partes norte e na saída para o oceano da Lagoa dos Patos. Os objetivos deste estudo consistem em: (1) entender como o delta foi formado e como continuará a se desenvolver no futuro; (2) fornecer informações básicas sobre camadas de sedimentos e sua composição para informar possíveis cenários de operações de dragagem; e (3) fornece a base para entender os processos morfológicos no delta e como estes se desenvolveriam mais adiante no caso de implementação de opções de "espaço para o rio". O levantamento de sedimentos que fará parte deste estudo fornecerá informações sobre a profundidade da camada de sedimento acima das rochas e tamanhos de grãos ao longo do perfil vertical;
- Pelo menos para a próxima estação chuvosa, recomenda-se **instalar sensores temporários de nível d'água** em ao menos 10 locais ao longo do Delta do Rio Jacuí, do Rio Guaíba e Lagoa dos Patos. Podendo ser instalados no mais tardar em agosto de 2024, esses sensores fornecerão dados importantes para a calibração do modelo hidrodinâmico, que será um instrumento indispensável para o Estudo de Inundações e Macrodrenagem para Porto Alegre. Além disso, os resultados



orientarão a instalação de uma rede permanente de monitoramento de níveis d'água nessa mesma área, para fornecer fluxos contínuos de dados e para o sistema de previsão de inundações discutido no Capítulo 7. A rede temporária não exigirá telemetria e, portanto, será um investimento relativamente de baixo custo.

### 6.2.3 Outras Medidas Estruturais de Proteção contra Inundações para Porto Alegre

#### Estações de Bombeamento

Adicionalmente às ações de curto prazo nas estações de bombeamento descritas no Capítulo 5, destaca-se a necessidade de uma investigação minuciosa das necessidades de bombeamento para cada polder / dique individual em Porto Alegre. Essa análise deve ser baseada na gestão contínua e diária de Recursos Hídricos, com foco em inundações pluviais, excluindo cenários de transbordamento de diques. Recomenda-se incluir essa atividade no Estudo de Inundação e Macrodrenagem para Porto Alegre.

As necessidades de dimensionamento de capacidade de bombeamento deverão ser baseadas em frequências de inundações aceitáveis para cada categoria de infraestrutura, tais como: casas, prédios comerciais, estradas, infraestrutura crítica etc. Dadas as condições climáticas de Porto Alegre, é inevitável que algum nível de inundação tenha que ser aceita nesses polders. As intensidades de chuva podem simplesmente ser muito altas para capacidades de bombas economicamente viáveis instaladas. Os limites estabelecidos serão baseados em alturas máximas de inundação, muito provavelmente para estradas, e duração máxima de inundação. Em muitos países, é prática impor que os níveis do terreno para a construção de edifícios sejam elevados a um certo nível acima da estrada de acesso existente. Seria melhor usar como referência os níveis das estradas planejadas com base no mapeamento de riscos de inundação.

A concepção de novas bombas nos polders terá que ser avaliada quanto à sua capacidade de continuar funcionando no caso de transbordamento do sistema de defesa contra inundações circundante.

#### Comportas de inundação ou diques de proteção como alternativa

O sistema de defesa contra inundações de Porto Alegre abrange um conjunto de comportas com a finalidade de fechar durante emergências de inundação. Os casos mais críticos consistem nos cruzamentos entre vias rodoviárias ou ferroviárias, sendo que estas comportas e sistemas viários atuam como um dique. Durante a inundação de maio de 2024, uma quantidade dessas comportas cedeu e colapsou devido às altas pressões da água. Logo, seu projeto pode ser considerado inadequado.

Um exemplo visitado durante a missão foi a Ponte da Porto Alegre, onde uma estrada de acesso cruza por baixo da Rodovia 290. A substituição dessas comportas a curto prazo foi discutida no Capítulo 5. No entanto, em vez de substituí-las, uma alternativa poderia consistir na criação de uma passagem elevada ou, de forma mais inteligente, construir em um dos lados um segmento de dique em forma de anel ao redor da passagem por baixo. Esse dique em forma de anel parcial deverá ter o mesmo nível que o próprio dique de proteção. No local visitado, essa solução parece viável, pois aparentemente há espaço suficiente para esse projeto. Essa solução seria muito mais confiável e reduziria a necessidade de manutenções.

Em outros casos, essas comportas não cederam, mas causaram preocupação devido à vazamentos. Esta foi a situação visitada ao longo da Av. Portuária, que dá acesso aos galpões de armazenamento. Os vazamentos foram reduzidos através da colocação de sacos de areia, no entanto, deveria ser considerada a instalação de vedações de borracha nessas comportas voltadas para a face do rio.

Também é recomendado verificar todas as comportas existentes quanto à sua resistência estrutural, já que estas não foram testadas aos níveis máximos de enchentes.

Além das verificações a serem realizadas a curto prazo (Capítulo 5), deverá abranger o Escopo do Plano Diretor de Inundação e Macrodrenagem para Porto Alegre uma investigação mais extensa da funcionalidade e confiabilidade das comportas de inundação.

### Infraestruturas críticas

A infraestrutura crítica de Porto Alegre também se mostrou vulnerável. Um exemplo marcante consistiu no Aeroporto Internacional Salgado Filho, com quase todas as suas principais estruturas completamente inundadas, incluindo pelo menos 80% da pista de pouso. Foi relatado durante a missão que parcela do Aeroporto poderia permanecer fora de operação durante parte de 2024. Ressalta-se assim a significativa perda econômica, uma vez que o número de voos chegando diariamente foi reduzido de cerca de 100 para menos de 10, sendo desviados, por sua vez, para o aeroporto militar de Canoas.

Além disso, muitas estradas permaneceram bloqueadas de semanas a cerca de um mês. O Capítulo 5 aponta a necessidade de garantir o acesso a locais que requerem proteção temporária contra enchentes, especialmente para pessoas em situação de urgência / emergência em locais ameaçados.

A infraestrutura crítica exigirá atenção especial no estudo recomendado do Plano Diretor de Inundações e Macrodrenagem para Porto Alegre.

### Medidas temporárias

Uma solução interessante de combinação de uma medida fixa e temporária de proteção contra inundações é a seguinte:

O município tem a intenção de **transformar os armazéns** ao longo da Av. Portuária em uma área de entretenimento e atração turística, semelhante a transformações bem-sucedidas em Lisboa, Buenos Aires, Antwerp etc. Um complicador em elaborar planos definitivos sempre foi o muro de 3 metros de altura que protege o centro histórico das inundações do Rio Jacuí. Implantar um muro semelhante no lado externo aos armazéns, com face para o rio, não é uma opção, uma vez que comprometeria a atração cênica com o rio. A enchente de maio de 2024 colocará tais planos ainda mais em espera.

No entanto, há uma possível solução. Esta área poderia muito bem ser protegida com uma combinação de um **dique fixo com uma altura da ordem de 1 metro e uma proteção temporária adicional** com sacos grandes preenchidos com areia, elevando o nível para até 3 metros, conforme a necessidade surgir. Recomendado contratar consultorias em urbanismo para elaborar um plano contemplando um dique fluvial com aproximadamente 1 metro de altura, baixo o suficiente para manter a conexão visual entre os restaurantes e os terraços dos bares com o rio. A altura de transbordamento desta estrutura fixa pode ser determinada como parte do Plano Diretor de Inundações e macrodrenagem da cidade, derivando as frequências esperadas aos níveis de enchente no cais em relação às medidas adotadas de redução do risco de inundação. Espera-se que os sacos de areia precisem ser mobilizados apenas uma vez a cada 10 a 50 anos.

Provendo ao topo deste muro uma largura de 2,5 metros, há espaço para uma fileira dupla de sacos grandes preenchidos com areia, empilhados com até 2 metros. Considerando o cais com um comprimento de 1,5 km e suportado por um sistema de alerta de inundações, este conceito forneceria uma proteção contra inundações gerenciável para esta área.

As investigações necessárias para o estudo das alternativas de intervenção mencionadas acima levam as seguintes recomendações de ações, conforme a seguir:

## **Ações Recomendadas a respeito de demais Medidas Estruturais de Proteção contra Inundações**

### **Curto Prazo**

- Investigar a necessidade de capacidade instalada de bombas nos polders / diques como parte do estudo do Plano Diretor de Inundação e macrodrenagem
- Investigar todas as comportas de inundação em Porto Alegre e analisar alternativas / opções para substituí-las por diques parciais, reforçar as comportas existentes, substituí-las completamente ou adotar outras medidas necessárias
- Listar todas as infraestruturas críticas e verificar sua proteção contra inundações, acessibilidade etc.

### **6.3. Medidas Não Estruturais**

As medidas não estruturais no gerenciamento de inundações fornecem uma maneira custo-eficaz e necessária para complementar as medidas estruturais. É de conhecimento que existe um limite para investir em estruturas hidráulicas para reduzir os riscos de inundação, como diques, barreiras etc. Para medidas estruturais, a maioria dos países adota um nível de proteção contra eventos de 1 em 100 anos (Período de Retorno de 100 anos) para inundações induzidas por rios e 1 em 200 anos (Período de Retorno de 200 anos) para inundações costeiras. Para inundações pluviais, a frequência aceita é maior, dependendo da natureza dos terrenos e da maneira como a água de inundação pode se espalhar. Para inundações de ruas, muitas vezes é aplicada uma frequência de 1 em 2 anos ou um pouco menor.

Ainda não está suficientemente claro qual frequência (ou Período de Retono) se aplica ao evento de inundação de maio de 2024, embora sua frequência provavelmente seja inferior a 1 em 100 anos (Período de Retorno de 100 anos). Por esse motivo, algum nível de inundação em Porto Alegre poderia ser aceitável / esperada, embora não na magnitude ocorrida. No caso as inundações ocorrem nos polders, embora também no presente caso as inundações tenham sido muito piores do que o esperado com base apenas no manejo de inundação pluvial para áreas de polder. A transposição e rompimento de diques / polder contribuíram significativamente para os danos que ocorreram. Como resultado, as bombas falharam ou foram desconectadas da rede, conforme discutido na Seção 4.2.3. O projeto de mecanismos de proteção contra inundações para esses polders requer um estudo dedicado, a ser realizado como parte do Estudo / Plano Diretor de Inundações e Macrodrenagem de Porto Alegre, conforme discutido na Seção 4.3.2.

#### **6.3.1 Levantamentos e Monitoramentos**

Há uma necessidade urgente de realizar **levantamentos batimétricos** do Delta do Rio Jacuí, Rio Guaíba, Lagoa dos Patos, incluindo a Barra de Rio Grande. Estes levantamentos servirão como base para:

1. Desenvolvimento de modelos hidrodinâmicos e morfológicos para as áreas de Estudo;
2. Possibilitar a avaliação das quantidades de sedimentos a serem dragados.

Recomenda-se a realização destes levantamentos o mais breve possível, até anterior à elaboração do Estudo / Plano Diretor de Inundações e Drenagem para Porto Alegre tenha sido contratados. Os dados coletados também podem fornecer insights úteis para a formulação dos Termos de Referência para o Estudo de Plano Diretor.

O trabalho de levantamento também é necessário para verificar as dimensões atuais dos **sistemas de diques existentes** e suas características específicas, como comportas. O levantamento também deve

abordar verificações sobre a qualidade / integridade dos diques. Parte deste levantamento consiste em um trabalho de curto prazo para as seções danificadas ou claramente frágeis (Capítulo 5). Outras partes dos diques podem ser levantadas como parte do Estudo de Plano Diretor.

Destaca-se adicionalmente a necessidade urgente de dados de monitoramento para o desenvolvimento de modelos hidrológicos, hidrodinâmicos, ambientais e morfológicos. O status dos instrumentos de monitoramento instalados não é totalmente conhecido. O status atualmente conhecido é o seguinte:

1. Os **dados de precipitação** são monitorados pelo CEMADEN, que instalou cerca de 20 estações pluviométricas automáticas nas bacias dos rios Jacuí, Caí, Sinos e Gravataí. Elas têm fornecido informações satisfatórias durante a enchente de 2024;
2. A ANA, a nível federal, é responsável por monitorar os **níveis de água** ao longo dos principais rios do Brasil. Foi relatado que várias estações originalmente instaladas nas bacias dos rios Jacuí, Caí, Sinos e Gravataí já não estavam em operação. Algumas outras estações falharam devido aos níveis inesperados de enchente, danificando as instalações de monitoramento. Felizmente, em Ponta da Cadeia e em dois locais próximos, o monitoramento permaneceu ativo, enquanto Porto Alegre possui uma estação de maré do lado do oceano para fornecer dados sobre marés e possíveis tempestades. Os fatores burocráticos para a instalação de estações de nível de água adicionais pode ser um fator complicador. Para atividades de monitoramento, tal questão deve ser mais bem avaliada;
3. Não existe procedimento **de medição sistemática de vazão** dos rios. Felizmente, durante a enchente, a UFRGS realizou 6 medições de vazão com ADCP nos dias 5, 6, 15, 22, 31 de maio e 6 de junho, respectivamente. Isso forneceu informações muito valiosas para estudos de acompanhamento / monitoramento. Em relação às curvas de calibração, Ponta da Cadeia não é um bom local para estabelecer tal curva, devido aos efeitos de contracorrente da Lagoa dos Patos. Assim, deverão ser atribuídas curvas de calibração ou terão que ser estabelecidas mais a montante, ao longo dos rios Jacuí, Caí, Sinos e Gravataí;
4. Se fosse viável aumentar a capacidade de descarga em Barra de Rio Grande como uma opção para reduzir os níveis de enchente em Porto Alegre, os impactos potenciais teriam que ser estudados mais detalhadamente com modelos de qualidade da água, para os quais os **valores de salinidade** monitorados serão essenciais para a calibração do modelo;
5. Também há a necessidade de **dados de sedimentos** nos cursos d'água, em particular no Delta do Rio Jacuí, a fim de desenvolver o modelo morfológico. Os dados terão que ser coletados considerando as propriedades dos sedimentos, assim como sobre os transportes de carga suspensa e de leito.

Recentemente, a UFRGS propôs a instalação de estações de monitoramento de nível de água ao longo da Lagoa dos Patos e do Rio Guaíba. Durante a missão, foi observado que os locais selecionados precisariam de alguma complementação (Fig. 14). O detalhamento adicional das necessidades de dados e como estes serão levantados e monitorados poderia fazer parte da próxima missão DRRS, planejada provisoriamente para agosto de 2024.

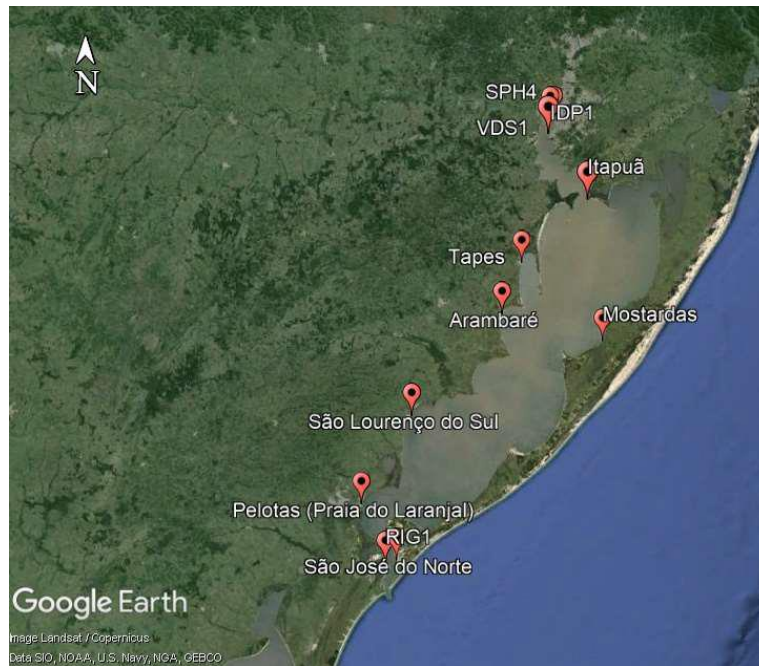


Figura 14: Estações de monitoramento de nível d'água propostas a serem instaladas pela UFRGS ao longo das margens da lagoa.

### 6.3.2 Desenvolvimento de ferramentas de modelagem

Vários estudos e serviços descritos neste relatório exigirão o desenvolvimento (adicional) de **ferramentas de modelagem de simulação**, descrevendo processos hidrológicos, hidrodinâmicos, ambientais e morfológicos, tanto para a área completa quanto para partes dela, desde extremidades a montante das bacias fluviais até o Oceano Atlântico. Essas ferramentas possuem os seguintes componentes:

- a) **Modelo hidrológico** para as bacias dos rios Jacuí, Caí, Sinos, Gravataí, e para as bacias ao redor do rio Guaíba e da Lagoa dos Patos. Atualmente, para as bacias dos rios a montante da Ponta da Cadeia, a UFRGS - IPH possui um modelo hidrológico distribuído baseado nos conceitos do MGB-IPH (Modelo de Grandes Bacias - IPH). A enchente de maio de 2024 mostrou que a calibração desse modelo precisa de aprimoramentos, inicialmente com base nas vazões medidas durante este evento de enchentes. Adicionalmente, com base em dados a serem coletados através do esquema proposto de monitoramento do nível d'água e vazões. Também é recomendado o desenvolvimento de pelo menos outros dois modelos hidrológicos para comparação. Dado o fato de que, em comparação com os modelos hidrodinâmicos, os modelos hidrológicos carecem de precisão na descrição de detalhes dos processos físicos, tais conceitos adicionais permitem a média dos resultados do modelo. Dentro da cadeia de modelos a ser usada para Porto Alegre, o modelo hidrológico é simplesmente o elo mais fraco (menos preciso) da cadeia.
- b) **Modelo hidrodinâmico de avaliação rápida** descrevendo o fluxo no rio Guaíba e na Lagoa dos Patos. Este pode ser um modelo 2D com uma grade mais grosseira, onde a maioria das células tem uma área da ordem de 100 km<sup>2</sup>. Este modelo de avaliação rápida deve ser usado no sistema de previsão de enchentes e em estudos nos quais muitas análises de sensibilidade devem ser feitas, exigindo um tempo de resposta muito rápido para uma rápida compreensão do comportamento do sistema. Também poderia ser um modelo de rede 1D, onde uma atenção especial terá que ser dada à correta esquematização dos efeitos do vento.
- c) **Modelo hidrodinâmico detalhado** com uma grade muito menor em 2D, que será usado para projetos detalhados, incluindo cenários de vento;



- d) **Modelo hidrodinâmico 2D/3D**, de qualidade da água (incluindo intrusão salina), ecológico e morfológico. Para esta última aplicação, a modelagem do Delta do Rio Jacuí será um desafio, exigindo uma ferramenta amplamente testada. O modelo de qualidade da água e ecológico seria necessário caso se constate que a opção de aumentar a capacidade de descarga para o Oceano Atlântico seja viável. O modelo morfológico será necessário para a área descrevendo pelo menos o Delta do Rio Jacuí, Rio Guaíba e a parte sul da Lagoa dos Patos

Uma ferramenta adequada para b), c) e d) seria o software **Delft-3D**, um sistema de modelagem gratuito e de código aberto desenvolvido pela Deltares, nos Países Baixos, que possibilitaria tais desenvolvimentos. O sistema foi ou está sendo utilizado em 164 países, com uma comunidade de usuários de 35.000 pessoas (incluindo estudantes), sendo o Brasil a quarta maior comunidade.

### 6.3.3 Plano Diretor de Inundações e Drenagem para Porto Alegre

As inundações de Porto Alegre demonstraram que o planejamento de investimentos em segurança contra inundações tem recebido atenção insuficiente há anos. A cidade contou com projetos feitos aproximadamente 50 anos atrás e não desenvolveu planos de atualização para esses projetos em uma frequência predeterminada. Apesar das extensas mudanças na área urbana e dos primeiros sinais estatísticos de que o clima está mudando, também não houve inspeções periódicas para verificar se o sistema de defesa contra inundações ainda atendia aos critérios aplicados originalmente.

O estado da arte nos dias de hoje é que as cidades solicitem estudos do Plano Diretor de Drenagem e os atualizem a cada 10 a 15 anos. Recomenda-se que Porto Alegre solicite imediatamente um estudo do Plano Diretor de Inundações e Drenagem assim que os dados da pesquisa e monitoramento estiverem disponíveis, conforme descrito na Seção 4.3.1.

É recomendado que o Termo de Referência a serem desenvolvidos para este estudo contenham pelo menos os seguintes componentes:

1. **Desenvolvimento do entendimento** do funcionamento hidrológico/hidrodinâmico do sistema fluvial e da lagoa, incluindo também as partes interessadas e seus mandatos relacionados às inundações.
2. **Inventário de dados** e levantamento adicional de dados, monitoramento e coleta, incluindo verificação de consistência de dados e arquivamento;
3. Seleção do(s) **sistema(s) de modelagem mais adequado(s)** e (posterior) desenvolvimento de modelos de simulação numérica;
4. Determinação de um **padrão de proteção contra riscos de inundações** social e economicamente justificado para Porto Alegre, diferenciado para os vários bairros e infraestruturas (críticas);
5. Produção de **mapas de risco de inundação** para Porto Alegre;
6. Atenção especial às **infraestruturas críticas**;
7. Elaborar um **esquema de investimento priorizado para redução do risco de inundações**, a curto, médio e longo prazo, com base em uma visão desenvolvida e aceita sobre as necessidades e prioridades futuras, levando em conta os desenvolvimentos urbanos esperados e cenários de mudanças climáticas;
8. Definição de **medidas não estruturais** adicionais a serem implementadas, incluindo um sistema de alerta precoce e investigação de operações de prontidão;
9. Desenvolvimento de um **esquema de manutenção e inspeção**, incluindo uma avaliação de necessidades de material;
10. Maneiras de criar **consciência pública** sobre os riscos de inundações, incluindo um foco em administrações municipais;
11. Recomendações sobre **adaptações nas disposições institucionais atuais**;
12. Um esquema de **oficinas de consulta de partes interessadas**.

Muito do que está especificado também se aplica a um Estudo de Plano Diretor de Inundações e Drenagem para as bacias dos rios Jacuí, Caí, Sinos e Gravataí, ou até mesmo parcialmente para o estado do Rio Grande do Sul como um todo. Este primeiro estudo do Plano Diretor também é uma prioridade para o governador do Rio Grande do Sul. No entanto, Porto Alegre tem suas próprias responsabilidades em relação às medidas de redução de riscos de inundação. Deve-se encontrar uma maneira adequada de garantir que haja uma cooperação frutífera em ambos os Planos Diretores.

#### 6.3.4 Sistema de Alerta Antecipado de Inundações

A **Previsão de Inundações e o Alerta Antecipado** são considerados componentes essenciais das medidas não estruturais de redução de riscos de inundação para Porto Alegre. Isso se aplica tanto aos níveis máximos de diques a serem construídos em Porto Alegre, quanto ao gerenciamento de inundações nas ilhas do Delta do Rio Jacuí e outras áreas desprotegidas.

Durante a missão, a **área do delta com suas ilhas** (arquipélago) foi visitada. Apesar de ser uma área designada como reserva natural, cerca de 80 mil pessoas vivem lá, principalmente em assentamentos ilegais. As pessoas relataram que a inundação foi uma completa surpresa. Elas estão acostumadas a ter água de inundação em suas casas todos os anos e se adaptaram a viver com as inundações. No entanto, a magnitude da inundação de maio de 2024 foi além de qualquer experiência e casas e bens foram abandonados em pânico. Nenhum aviso foi dado, alguns dos habitantes nos disseram que se tivessem tido algum aviso prévio, suas perdas teriam sido significativamente menores.

Este caso por si só já demonstra a **necessidade de se ter um bom sistema de alerta de inundações em vigor**. Também para o DMAE, a súbita e excepcional subida das águas de inundação foi uma surpresa. Essa informação tardia levou a uma maior dificuldade no manejo da inundação do que se tivesse sido prevista com antecedência de alguns dias. Tecnicamente, isso teria sido possível, já que a UFRGS - IPH relatou que, enquanto as inundações já estavam ocorrendo, eles desenvolveram um modelo de previsão hidrológica/hidrodinâmica 1D ao estender seu modelo hidrológico para as bacias dos rios Jacuí, Caí, Sinos e Gravataí para a Lagoa dos Patos. Isso forneceu algumas ideias, embora um bom sistema de previsão de inundações exigirá uma abordagem mais detalhada.

Recomenda-se desenvolver um sistema robusto de previsão de inundações para Porto Alegre, ou para todo o sistema de bacias dos rios Jacuí, Caí, Sinos, Gravataí e a lagoa. Isso requer cooperação com o estado do Rio Grande do Sul, que possui a mesma necessidade desse sistema. Além disso, organizações federais como a ANA (Agência Nacional de Águas) e o CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais) desempenham também um papel importante. Antes de definir o Termo de Referência para esse desenvolvimento, é necessário investigar quais autoridades têm mandatos para previsão de inundações nos níveis federal, estadual e municipal. Recomenda-se incluir essa questão na pauta da Conferência planejada para Porto Alegre (ver Capítulo 8). Detalhes sobre como o sistema de previsão de inundações pode ser configurado são fornecidos no Capítulo 7. Recomenda-se desenvolver um sistema conjunto e integrado para o município e o estado.

Com a implementação de um bom sistema de previsão de inundações, o acompanhamento deve ser organizado por meio do estabelecimento de um Centro de Emergência de Inundações, de onde os Alertas Precoces para a população serão coordenados e disseminados. O gerenciamento deste Centro também pode ser combinado com outras emergências que devam ser tratadas no nível municipal (e possivelmente estadual). O Centro de Emergência de Inundações deve ser alocado em um espaço que permita a exibição de todas as informações relevantes, podendo ser qualquer espaço de escritório municipal que será utilizado sempre que for necessário. Também aqui, a questão do gerenciamento de alertas precoces deve ser investigada e apoiada por acordos legais. Detalhes sobre os acordos para o estabelecimento do Centro de Emergência de Inundações são fornecidos no Capítulo 7.

### 6.3.5 Arranjos Institucionais

O sistema de proteção contra inundações de Porto Alegre foi projetado e implementado no final da década de 1960 e início da década de 1970 pelo 'Departamento Nacional de Obras de Saneamento' (DNOS). Como parte das reformas do governo federal, o DNOS foi extinto no início da década de 1990, e a responsabilidade pela operação e manutenção dos sistemas existentes de proteção contra inundações foi transferida para os municípios onde estavam localizados. Assim, o município de Porto Alegre tornou-se a entidade institucional legal para gerir o sistema de proteção contra inundações dentro de sua jurisdição. Após a adjudicação da responsabilidade para o município, o 'Departamento de Esgotamento Pluvial' era a entidade responsável. Esse papel institucional passou para o departamento de água e saneamento, DMAE, em 2019.

O atual quadro institucional e jurídico nos níveis municipal, estadual e federal é complexo e sua descrição completa está além do escopo desta missão de Redução de Riscos de Desastres (DRRS). Recomenda-se atenção especial a uma revisão do quadro institucional para sistemas de proteção contra inundações, pelos motivos descritos a seguir:

- i. Devido à mudança climática, o país será impactado no futuro por eventos de chuvas mais intensas e aumento do nível do mar;
- ii. Sistemas eficazes de proteção contra inundações quase sempre terão natureza que ultrapassa os limites municipais;
- iii. No caso do sistema de proteção contra inundações de Porto Alegre, os investimentos necessários em medidas estruturais e não estruturais (por exemplo, monitoramento) podem ultrapassar a capacidade financeira do município, justificando assim o envolvimento de outras entidades no quadro de governança.

Em particular, a fase de projeto de um novo sistema de proteção contra inundações, assim como a operação (e manutenção) de sistemas de alerta precoce de inundação, exigirão uma estreita cooperação com instituições do governo estadual.

O sistema atual de proteção contra inundações em Porto Alegre depende de um sistema de diques, estações de bombeamento e comportas que protegem as partes do norte da cidade. Agora que o sistema falhou, uma reação natural seria reconstruí-lo com diques mais altos, estações de bombeamento melhores e comportas mais fortes. No entanto, uma alternativa pode ser encontrada em adotar medidas no Delta do Jacuí para reduzir os níveis de água durante inundações, criando mais espaço para o rio, por exemplo, dragando os leitos do rio ou criando um canal para altas descargas de água.

Tais soluções alternativas exigirão uma cooperação estreita com instituições que têm responsabilidade sobre o sistema fluvial mais amplo. Essa cooperação também é essencial para a realização dos programas de monitoramento e levantamento que servem de insumos para o estudo do Plano Diretor de Inundações e Drenagem de Porto Alegre e o sistema conjunto de Alerta Antecipado de Inundações a ser desenvolvido.

Recomenda-se analisar as implicações institucionais do rearranjo do sistema de proteção contra inundações, em termos de gerenciamento e de fluxos financeiros para os investimentos necessários. O mesmo pode ser recomendado para o sistema aprimorado de alerta antecipada que seria parte integrante do sistema de proteção contra inundações.

Para investigar o alcance das providências institucionais necessárias, um diálogo de Mesa Redonda com todas as instituições envolvidas seria um primeiro passo valioso.

Em nível de medidas não estruturais, uma série de recomendações-chave podem ser fornecidas:

## ***Ações recomendadas referentes a Medidas Não Estruturais***

### **Curto Prazo (2024 – 2025)**

- Realizar um Diálogo de Mesa Redonda com todos os níveis de governança para explorar o escopo da mudança no arranjo institucional para o novo sistema de proteção contra inundações;
- Solicitar um estudo sobre os arranjos institucionais atuais e desejados para o projeto, implementação e gestão de sistemas e infraestruturas de proteção contra inundações, bem como sistemas de alerta antecipado. A análise deve abranger e ser realizada em consulta e coordenação com todos os níveis de governança (municipal, estadual, federal).

## 7. Alerta Antecipado de Inundações

Sistemas operacionais de alerta antecipado de inundações são uma solução de custo eficiente e confiável para proteger vidas e meios de subsistência de desastres naturais, como inundações e outros eventos climáticos adversos. O aviso antecipado não evitará as inundações, mas se as pessoas, empresas e o governo forem informados a tempo sobre possíveis inundações, eles poderão se preparar, reduzindo o impacto, diminuindo o sofrimento humano e os custos das inundações.

Conforme definido em 1 de dezembro de 2016 pela resolução 69/284, na Assembleia Geral das Nações Unidas, um sistema de alerta antecipado é considerado como: um sistema integrado de modelagem e monitoramento de riscos, previsão e predição, avaliação de riscos de desastres, comunicação e atividades de preparação e processos que permitem a indivíduos, comunidades, governos, empresas e outros interessados a tomar ações oportunas para reduzir os riscos de desastres antes de eventos perigosos.

Esta descrição é composta por quatro elementos (Fig. 15):

- **Conhecimento do risco de desastres**  
Conhecimento sobre inundações: quais níveis de água podem ser alcançados na área-alvo e qual é o impacto de um determinado nível de água: o que será inundado em que nível.
- **Detecção, observação, monitoramento e previsão**  
Definir que detecção é necessária e como configurar um sistema de previsão de inundações para garantir a capacidade de prever um possível nível de água/inundação.
- **Disseminação e comunicação de alertas**  
Garantir que a previsão/alerta seja comunicada tanto às autoridades relevantes quanto aos cidadãos e empresas. Para que todas as pessoas possivelmente afetadas sejam informadas a tempo.
- **Preparação e resposta**  
Organizar para que o governo, as pessoas e as empresas estejam preparadas para agir, com base no aviso recebido.

Pillar 1 lead by UNDRR

Pillar 2 lead by WMO



Pillar 4 lead by IFRC

Pillar 3 lead by ITU

Figura 15: Os quatro elementos do Alerta Antecipado, conforme apresentados na iniciativa "Alertas Antecipados para Todos" do Secretário-Geral das Nações Unidas.



Mesmo em uma situação de proteção ideal, um sistema de alerta antecipado é essencial, pois cada sistema de proteção é projetado com base em um certo período de retorno do nível de água, embora níveis de água mais altos ainda possam ocorrer, mesmo que com baixa probabilidade.

Conforme apresentado no Capítulo 3, durante a enchente de maio de 2024, um nível básico de previsão de inundações estava em vigor. Alertas meteorológicos foram emitidos, enquanto o instituto meteorológico também alertou para um grave risco de enchente. Os avisos não eram específicos e não orientavam as pessoas sobre como agir. Ao conversarmos com as pessoas afetadas nas ilhas, elas não receberam avisos, enquanto outras pessoas, como por exemplo as pessoas ao longo das margens do rio Guaíba, não tinham ciência do risco de inundação, pois não receberam um aviso.

Para um bom sistema de alerta antecipado, todos os quatro elementos, conforme apresentados na Figura 11, precisam estar em vigor. Na situação atual, Porto Alegre recebe informações gerais de alerta precoce sobre os níveis de água, mas não com base em um sistema bem projetado e operacional de previsão de inundações. Também não há um protocolo de ações de mitigação com base nos alertas.

É necessário melhorar em Porto Alegre cada um dos quatro componentes do alerta antecipado. Os dois primeiros passos (conhecimento do risco de desastres e monitoramento e previsão) devem se concentrar principalmente na melhoria da precisão dos níveis de água previstos e no tempo de alerta disponível, enquanto o terceiro e quarto passo devem se concentrar na melhoria da mitigação dos impactos de um evento de enchente.

Nos parágrafos seguintes, cada um dos quatro elementos será mais detalhado e recomendações de melhoria serão formuladas.

### **7.1. Conhecimento do Risco de Desastres**

O conhecimento do risco de desastres é um componente essencial de um sistema de previsão de enchentes e alerta antecipado, pois isso fornecerá uma visão adicional do que pode acontecer em caso de uma nova calamidade. Os seguintes componentes são importantes para o desenvolvimento de um sistema de alerta antecipado:

1. Entendimento das causas e impactos de enchentes anteriores. As recentes enchentes de 2024 demonstraram que tal conhecimento estava além das experiências anteriores e a extensão das falhas não foi prevista. Para o futuro, o evento de maio de 2024 gerou novas perspectivas, as quais terão que ser consolidadas. É recomendado registrar essa experiência o máximo possível, como por exemplo, criando mapas de enchentes observadas com base em marcas de enchentes, enquanto estas ainda estão visíveis.
2. O conhecimento do risco de desastres será ainda mais desenvolvido por meio do Plano Diretor de Inundações e Drenagem, que gerará melhor entendimento por meio do desenvolvimento de modelos de simulação numérica e produção de mapas de risco e perigo de enchentes. Parte dos produtos gerados serão catalogados para informar as autoridades sobre potenciais riscos de enchentes sob combinações de uma variedade de fatores desencadeantes, como possíveis distribuições de chuva e condições de vento.
3. Conhecimento sobre as infraestruturas e comunidades vulneráveis, para transformar as previsões de enchentes em alertas antecipados para as partes interessadas. Estabelecer um sistema de alerta antecipado de sucesso também exige conhecimento sobre os arranjos institucionais e jurisdições.

## 7.2. Detecção, observação, monitoramento e previsão

É recomendado instalar em Porto Alegre um sistema de previsão de enchentes, com base nos seguintes componentes (melhorados ou complementados):

1. Um sistema de monitoramento on-line para coleta de informações sobre chuvas, níveis dos rios e lagoas, níveis de água fornecidos pelo medidor de maré das margens de Porto Alegre, bem como níveis de maré previstos;
2. Um modelo hidrológico/hidrodinâmico que descreve fluxos e níveis de água nas bacias dos rios Jacuí, Caí, Sinos e Gravataí, Rio Guaíba e na Lagoa dos Patos;
3. Todas as outras fontes de dados que possam contribuir para aumentar a confiabilidade e o tempo de previsão, como dados de modelos numéricos de tempo e imagens de radar e satélite;
4. Uma plataforma para processamento de todas as fontes de informação, a fim de fornecer uma previsão dos níveis de água em Porto Alegre com o maior tempo de antecedência possível.

Embora estejam sujeitas a avaliação, espera-se que as estações de **chuva** do CEMADEN forneçam informações suficientes sobre os dados de chuva registrados. Os dados devem ser transmitidos com uma frequência de pelo menos 15 minutos. Porto Alegre receberá um novo radar meteorológico, que fornecerá informações adicionais sobre a distribuição espacial da chuva.

A rede de **estações de monitoramento de nível de água** provavelmente precisará de atualização, já que várias estações instaladas pela ANA foram danificadas ou já não estavam mais em operação (status a ser verificado). Além disso, a UFRGS propôs a instalação de uma rede de medidores de nível de água ao longo das margens do Rio Guaíba e da Lagoa dos Patos. Sua instalação é altamente recomendada, embora, para que sejam mais eficazes, seja necessária uma revisão de quantidade e localizações, levando em consideração o registro dos impactos do vento e as perdas de carga em restrições de fluxo. Além disso, a área do Delta do Rio Jacuí precisará receber mais atenção.

As recomendações para o (posterior) desenvolvimento de **modelos hidrológicos e hidrodinâmicos** foram especificadas detalhadamente na Seção 4.3.2. Enfatiza-se novamente que é importante que o modelo hidrológico/hidrodinâmico implementado como parte do sistema de previsão de enchentes forneça resultados em no máximo 15 minutos. Isso requer uma esquematização baseada em uma grade 1D ou, para as lagoas, uma grade 2D mais ampla. Caso seja utilizada uma grade 1D, uma esquematização especial será necessária para capturar os impactos do vento de forma fisicamente correta.

A **plataforma de previsão de enchentes** requer opções para conectar todas as possíveis fontes de informações meteorológicas, como estações terrestres, radares meteorológicos, modelos numéricos de previsão do tempo e imagens de satélite, bem como saídas de todos os modelos aceitos que fornecem informações sobre níveis de água e fluxos. Além disso, a plataforma deve acionar a ativação de simulações de modelos. É recomendado utilizar uma plataforma amplamente aceita para garantir a robustez do sistema e minimizar a necessidade de manutenção.

Uma boa escolha seria o **sistema Delft-FEWS**, que possui uma grande comunidade de usuários, incluindo usuários do Brasil. O próprio software é de código aberto e gratuito (<https://www.deltares.nl/en/software-and-data/products/delft-fews-platform>). O Delft-FEWS também pode ser instalado para uma ampla gama de outras aplicações, incluindo a previsão de intrusão salina em lagoas.

### 7.3. Disseminação de avisos e comunicação

Os avisos devem ser emitidos com base na previsão do atingimento dos níveis de alerta previamente acordados. É crucial que os avisos cheguem ao grupo alvo em tempo hábil. Os avisos devem sempre conter uma perspectiva de ação muito clara, ou seja, indicando como as pessoas devem agir ao receber o aviso.

Os avisos devem ser específicos para as diferentes áreas em Porto Alegre, visto que o risco varia entre a costa sul do lago, a área do porto, os polders do norte e as ilhas no Arquipélago. Os avisos devem ser direcionados a grupos específicos, os quais provavelmente necessitarão de diferentes canais de comunicação e informações de alerta distintas. As informações para cada grupo precisam ser baseadas nos planos de resposta preparados (verificar preparação e resposta).

Quatro grupos específicos são identificados:

- Os departamentos dentro do município de Porto Alegre, assim como outras agências governamentais envolvidas na gestão da resposta a inundações.
- Os administradores das infraestruturas críticas de Porto Alegre. Além do DMAE para o abastecimento de água, a concessionária de energia elétrica, a empresa de telecomunicações, a autoridade rodoviária, a autoridade portuária e a autoridade aeroportuária precisam receber avisos específicos para lhes dar a capacidade de tomar as medidas necessárias para garantir, tanto quanto possível, a continuidade dos serviços e/ou se preparar para medidas de emergência específicas;
- Os cidadãos de Porto Alegre;
- A comunidade empresarial de Porto Alegre.

A comunicação precisa utilizar os canais apropriados para alcançar os grupos-alvo. Para informar o município e a infraestrutura crítica, podem ser utilizados e-mails, SMS e mensagens de aplicativos. Considerando a criticidade destas informações, é importante que sejam feitas verificações pelo emissor do aviso quanto ao recebimento do aviso pelos grupos-alvo.

As comunicações para as empresas e cidadãos podem ser fornecidas por meio de alertas por SMS e transmissões de notícias. No entanto, isso pode ter limitações, por exemplo, se as pessoas precisarem se registrar para os alertas por SMS e se escutam ou não as transmissões de notícias. Para áreas de alto risco, como por exemplo o arquipélago, uma opção poderia ser disseminar as mensagens diretamente no nível do bairro por meio de funcionários do governo ou por meio de megafones, utilizando carros de polícia, por exemplo.

Nas ações de acompanhamento do aviso, as informações devem estar disponíveis nos sites oficiais e nas redes sociais, sendo acessíveis em telefones celulares. Para informações específicas, especialmente no caso de telefones celulares não estarem disponíveis, panfletos poderiam ser disponibilizados.

O Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres - CENAD tem um sistema de transmissão por célula em desenvolvimento. Este é um sistema que envia uma mensagem para todos os telefones celulares localizados em uma área específica. Este sistema é muito promissor para alertar empresas e cidadãos, no entanto ainda não está disponível. Este sistema poderia substituir os alertas por SMS.

As escolhas feitas para os canais de alerta aos cidadãos e empresas precisam ser comunicadas antecipadamente aos grupos-alvo. Essas informações precisam ser repetidas regularmente, pelo menos uma vez ao ano, para garantir que os cidadãos permaneçam conscientes. A atenção precisa ser dada à formulação das mensagens. Um aviso deve sempre ser passível de ação.

#### 7.4. Preparação e resposta

Ao receber um aviso antecipado, isso implica que as pessoas e organizações alertadas podem de fato antecipar a possibilidade de inundação e agir. Isso deve ser uma antecipação coordenada do governo, cidadãos e empresas e deve ser pré-planejada em um plano de resposta a inundações

Com base nos cenários de risco, um plano de resposta a inundações deve ser elaborado. Este deve conter as tarefas e responsabilidades de cada uma das parcelas envolvidas, incluindo os cidadãos, antes, durante e depois de uma inundação. Este plano precisa ser baseado na situação atual e atualizado após cada mudança nos cenários e de nível de prevenção, bem como no caso de mudanças dentro da organização das pessoas chave envolvidas. É recomendável uma atualização anual.

A preparação implica que as empresas e cidadãos estejam cientes do que podem esperar do governo, por exemplo: se uma possível evacuação faz parte do plano, o que as pessoas podem levar consigo? e do que precisam fazer por si mesmos para estar preparados. Essa conscientização precisa ser comunicada regularmente e deve ser integrada nas mensagens de alerta.

A preparação do governo e das infraestruturas críticas também implica na avaliação da disponibilidade de meios (Centro de Emergência para Inundações (temporário), pessoal, equipamentos e financiamento), especialmente para executar as tarefas dentro do tempo disponível entre o alerta e a possível ocorrência da inundação.

#### *Ações Recomendadas Sobre Alerta Antecipado de Inundações*

##### **Curto Prazo (2024 – 2025)**

- Decidir sobre o arranjo institucional, incluindo financiamento, alojamento e organização de pessoal do Sistema de Alerta Antecipado de Inundações. O sistema deve ser especificamente desenvolvido para Porto Alegre ou ser um sistema integrado com as necessidades para o estado do Rio Grande do Sul.
- Definir os elos e arranjos conjuntos necessários com o estudo do Plano Diretor de Inundações e Drenagem para Porto Alegre.
- Desenvolver o Termo de Referência para solicitar o estudo, especificando todos os componentes do Sistema de Alerta Antecipado de Inundações

## 8. Ação de Acompanhamento DRRS: Conferência de Cocriação de Três Dias

# Tema: Repensando o Sistema de Gestão de Inundações da Região Metropolitana de Porto Alegre

## *Nota Conceitual DRRS*

### **Background**

Em maio de 2024, o Estado do Rio Grande do Sul sofreu sua pior enchente da história. A Região Metropolitana de Porto Alegre foi gravemente afetada em termos de sofrimento humano, perda de meios de subsistência e danos econômicos. Até o momento, os esforços de recuperação estão em andamento e continuarão por um tempo considerável. Além disso, a reflexão sobre as causas da enchente e as intervenções potenciais para evitar enchentes futuras começaram com os governos municipais, estaduais e federais analisando seu papel na melhoria da prevenção de enchentes e mitigação de impactos.

A equipe do DRRS, financiada pelo Governo da Holanda, trabalhou em Porto Alegre de 5 a 11 de junho para avaliar as inundações, analisar a falha do sistema de proteção contra inundações na cidade e apresentar algumas maneiras de avançar, a curto, médio e longo prazo. Os contatos da equipe com as partes interessadas criaram uma imagem clara da necessidade de melhorar o monitoramento, o alerta precoce, a preparação e as intervenções de prevenção de inundações. Com a falha do sistema de proteção contra inundações existente, tornou-se necessário repensar a abordagem em relação às inundações. Diante de vários gargalos na passagem do fluxo de inundação para o oceano, recomenda-se explorar o potencial de aplicar o conceito de "Room for the River", como parte de um estudo do Plano Diretor de Inundações e Drenagem para Porto Alegre.

### **Objetivos e produtos**

Para reunir todos os níveis de governança e partes interessadas para repensar o sistema de gestão de inundações, espera-se que uma troca de conhecimento entre especialistas brasileiros e holandeses possa fornecer um resultado prático e intermediário. Uma conferência de dois dias focada na cocriação de elementos-chave específicos de planos diretores integrados - ainda a serem desenvolvidos - é um bom formato para alcançar esse objetivo.

O **objetivo da conferência** seria reunir partes interessadas do Brasil (instituto UFRGS-IPH e Instituto de Geociências) e da Holanda (Deltares, TU Delft, IHE Delft), com os órgãos de governança do setor de água nos níveis estadual (RS), municipal (Porto Alegre, Canoas etc.) e federal (ANA etc.), para discutir a proteção contra inundações futuras da região metropolitana, com limites a serem definidos.

O **principal produto da conferência** seria desenvolver uma visão específica para o futuro sistema de gestão de inundações da região metropolitana. Os tópicos específicos, desenvolvidos em workshops ou hackathons separados, incluiriam:

- i. *o sistema de monitoramento e modelagem, o sistema de alerta precoce;*
- ii. *o nível de proteção futuro, opções estruturais e não estruturais de gestão de inundações;*
- iii. *estrutura institucional e financiamento.*

O documento relatando a visão discutida, que seria o principal produto entregue pela conferência, pode ser utilizado como ponto de partida para o plano diretor e o desenvolvimento de projetos nos vários níveis de governança.



## Organização

Holanda: DRRS como organizador em nome da Holanda como anfitrião, com apoio ativo e envolvimento do NBSO PA e do consulado em SP e da embaixada em Brasília.

Brasil: UFRGS como coorganizador, com o apoio e envolvimento do estado do Rio Grande do Sul, agências federais e DMAE.

A participação do BID, Banco Mundial e outros parceiros financeiros na conferência seria grande valia, em um formato a ser discutido.

A principal perspectiva da conferência é a troca de conhecimento e tornar isso prático para repensar e reconstruir o sistema de gestão de inundações da região metropolitana.

## Programas e Participações

Esboço do programa (componentes a serem detalhados posteriormente)

Antes da Conferência: reuniões de preparação com participantes-chave

Dia 1 Manhã	Dia 1 Tarde	Dia 2 Manhã	Dia 2 Tarde	Dia 3 Manhã	Dia 3 Tarde	Dia 3 Noite
Palestras de abertura e palestras principais. *	Visitas de campo às áreas afetadas na Região Metropolitana	Hackathon sobre Monitoramento de Inundações, Modelagem e Alerta Antecipado				Sessão de Encerramento com Resultados e Relatório da Conferência.
				Hackathon sobre Níveis de Proteção e Opções Estruturais/Não Estruturais de Gestão de Inundações		
		Diálogo de Mesa Redonda sobre Finanças e Estrutura Institucional para a Ação.				

\*Abertura com Embaixador da Holanda, Governador do RS, Prefeito de Porto Alegre +Municípios, Representantes do Governo Federal; Palestras principais, incluindo descobertas do IADB.

Após a conferência, um grupo de trabalho compilará os resultados em um relatório final.

Participantes (lista a ser completada):

- Especialistas do setor de águas holandês, embaixada.
- Instituto IPH UFRGS IPH, Instituto de Geociências, outras universidades.
- Representantes federais da ANA, Ministro Paulo Pimenta (apoio temporário federal)
- Equipe técnica do estado do Rio Grande do Sul.
- Equipes técnicas de Porto Alegre e de outros municípios.
- IADB, Banco Mundial, KfW, CAF, Invest International (Holanda), FMO, outras instituições financeiras.

## Planejamento

Data Proposta: agosto de 2024

Local: Centro de Conferência da UFRGS, ou local alternativo a ser decidido.

## Anexo I: Requerimento oficial do DMAE para DRRS

**From:** Mauricio Loss <mauricio.loss@dmae.prefpoa.com.br>

**Sent:** woensdag 15 mei 2024 19:53

**To:** Ben Lamoree <info@lamoreeconsult.com>; Lucila Almeida <lucila.almeida@nbso-brazil.com.br>; Caspar van Rijnbach <caspar.vanrijnbach@nbso-brazil.com.br>

**Subject:** Pedido de apoio

Ao Dutch Reduction Risk (DRR)

O evento climático que atingiu o Estado do Rio Grande do Sul nos últimos dias gerou a maior catástrofe natural da história do sul do Brasil, e a cidade de Porto Alegre encontra-se em estado de calamidade pública.

Conforme amplamente noticiado pelos diversos veículos de comunicação, o Município de Porto Alegre foi atingido por grandes volumes de água que causaram enorme elevação no nível do Lago Rio Guaíba, que alcançou a marca 2,35cm acima da sua quota de inundação que é de 3,00m, totalizando a marca histórica de 5,35cm no dia 05 de maio. Tal fato gerou inundações em inúmeros bairros da cidade, tendo em vista que o sistema de proteção contra cheias não se mostrou eficiente em sua plenitude para resguardar a cidade.

Lamentavelmente, esse episódio afetou de forma drástica comunidades inteiras que são residentes em áreas de risco e em vulnerabilidade social, a exemplo dos moradores das ilhas que compõe o arquipélago da cidade e os bairros localizados na região do 4º Distrito do Município, com muitas famílias desabrigadas perdendo suas residências e todos os seus pertences.

O Município, em conjunto de esforços com órgãos públicos, iniciativa privada, e voluntários, está disponibilizando todo o seu aparato para minimizar os efeitos do desastre, bem como para promover assistência e socorro das pessoas. Contudo, considerando que as consequências deste desastre resultaram danos materiais e prejuízos econômicos e sociais que precisam ser evitados que se repitam no futuro, solicitamos a visita da equipe da DRR em Porto Alegre para que juntos possamos buscar novas soluções, sugestões, propostas, visando o aperfeiçoamento e melhorias do sistema de proteção contra cheias e do sistema de drenagem de águas pluviais do Município.

Certo de vossa colaboração.



**Maurício Loss**

Diretor-Geral

(51) 3289.9201

Dmae - Departamento Municipal de Água e Esgotos  
Prefeitura Municipal de Porto Alegre

## Anexo II: Cronograma da Missão

Date and time	Activity	Remarks
<b>WEDNESDAY 5 June</b>		
Early afternoon	Arrival in Porto Alegre of the DRRS team and Consul General Mrs. Wieneke Vullings	
16.00	<p>Meeting with Prefeitura and DMAE to discuss program and scope of visit</p> <p><u>Address:</u> Gabinete DG – Rua 24 de Outubro, 200 – Moinhos de Vento</p>	<p>Participants:</p> <p>DMAE (Municipal Department of Water and Sewage)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maurício Loss (Director of DMAE)</li> <li>• Darcy Nunes (Deputy director of DMAE)</li> <li>• Marco Faccin (Engineer at DMAE)</li> <li>• Marcus Caberlon (Technical Consultant Engineer)</li> </ul> <p>• Sebastião Melo (Mayor of Porto Alegre)</p> <p>• Cláudia Silber (Director of International Relations)</p> <p>SMAMUS (Municipal Secretariat for the Environment, Urban Planning and Sustainability of Porto Alegre)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Germano Bremm (Municipal Secretary of the Environment, Urbanism and Sustainability)</li> <li>• Patrícia Tschopke (Architect)</li> <li>• Rovana Bertolini</li> <li>• Vaneska Paiva</li> </ul> <p>SMPAE (Municipal Secretariat for Planning and Strategic Affairs)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Márcia Rodrigues</li> </ul> <p>UFRGS (Federal University of Rio Grande do Sul)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Professor Carlos Bulhões (Dean)</li> </ul>
17.00	Technical briefing at DMAE, maps, data availability, failure sequence, current challenges	DMAE team, DRRS team
<b>THURSDAY 6 June</b>		
08.30 – 09.50h DMAE 10.00h – 11.30h field	Continue technical briefing at DMAE; short field visit to critical points	DMAE team, DRRS team
14.00 – 15.45	Meeting State Government	Participants:

	<p><u>Address:</u> Centro Administrativo de Contingência – Av. Joaquim Porto Vilanova, 201 – Jardim Carvalho</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eduardo Leite (Governor of Rio Grande do Sul)</li> <li>• Marjorie Kauffmann (SEMA - Environment and Infrastructure State Secretary)</li> <li>• Marcelo Camardelli (SEMA - Deputy Environment and Infrastructure State Secretary)</li> <li>• Artur Lemos (Civil House State Secretary)</li> <li>• Gustavo Paim (Civil House Deputy State Secretary)</li> <li>• Juvir Costella (Transport and Logistic State Secretary)</li> <li>• Pedro Capeluppi (Extraordinary Secretariat to Support the Reconstruction of Rio Grande do Sul State Secretary)</li> </ul>
18.00	<p>Meeting Federal Government</p> <p><u>Address:</u> Banco do Brasil - Rua Honório Silveira Dias, 1830 – Higienópolis</p>	<p>Participants:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ronaldo Zulke (Director of Economic Articulation of the Extraordinary Secretariat to Support the Reconstruction of Rio Grande do Sul)</li> <li>• Marcelo Baumbach (diplomat responsible for the Ministry of Foreign Affairs Office in RS)</li> <li>• João Ferrer (Head of Staff)</li> </ul>
<b>FRIDAY 7 June</b>		
08:00 – 10:45	<p>Meetings with IPH, Prof. Tucci</p> <p><u>Address:</u> Gabinete DG – Rua 24 de Outubro, 200 – Moinhos de Vento</p>	<p>Participants:</p> <p>DMAE</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maurício Loss (Director of DMAE)</li> <li>• Darcy Nunes (Deputy director of DMAE)</li> <li>• Marco Faccin (Engineer at DMAE)</li> <li>• Marcus Caberlon (Technical Consultant Engineer)</li> <li>• Airana R Canto</li> <li>• Felipe Malacarne</li> <li>• Bruno Schneider</li> <li>• Caetano Fraga</li> </ul> <p>• Cláudia Silber (Director of International Relations)</p> <p>SMAMUS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiago Salomoni</li> <li>• Alexandre dal Pizzol</li> </ul>

		<p>IPH</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Joel Goldenfum (Director of IPH)</li> <li>• Carlos Tucci (Emeritus professor UFRGS) and Rhama Consulting)</li> <li>• Ricardo Locatelli (Consultant)</li> </ul>
11:30 – 14:00	<p>Meeting Port Authorities Port of Porto Alegre and UFRGS</p> <p><u>Address:</u> Av. Bento Gonçalves, 9500 – Agronomia</p>	<p>Participants:</p> <p>UFRGS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dra. Tathiana Silva (Deputy director of the UFRGS Geosciences Institute)</li> </ul> <p><i>*other participants below</i></p> <p>Portos RS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Henrique Ilha (Environment Director at Portos RS, also ICmBio career server, linked to IBAMA)</li> </ul>
15.00	<p>Dean office UFRGS</p> <p><u>Address:</u> Av. Paulo Gama, 110 – Farroupilha</p>	<p>Participants:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dr. Carlos Bulhões (Dean)</li> </ul>
17.00	<p>Meeting with Alvarez e Marsal</p> <p><u>Address:</u> Av. Carlos Gomes, 2120 - Auxiliadora</p> <p>Germano Bremm (5551 99361 3939)</p>	<p>Participants:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Germano Bremm (Secretary of the Environment, Urban Planning and Sustainability of Porto Alegre)</li> <li>• Juan Ladeira (Director Alvarez e Marsal)</li> <li>• Adriano Moura (Alvarez e Marsal)</li> </ul>
18.00	<p>Meeting with Municipal Secretary of Finance Mr. Schirmer and his team</p>	<p>Review and discussion about existing projects, including international financing</p>
<b>SATURDAY 8 June</b>		
	<p>Further field visits POA</p>	<p>Organized by DMAE. Freeway - EBAP 5; Sarandi - EBAP 10; Dique - Vila Dique / Portão 14; Lunch; Guarujá - Zona Sul; Ilhas Marinheiros e Pintada</p>
<b>SUNDAY 9 June</b>		
	<p>Team discussions and reporting</p>	<p>At the hotel</p>
<b>MONDAY 10 June</b>		
09.00	<p>Meeting to discuss outline recommendation with DMAE</p> <p><u>Address:</u> Gabinete DG – Rua 24 de Outubro, 200 – Moinhos de Vento</p>	<p>Participants:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maurício Loss (Director)</li> <li>• Darcy Nunes (Deputy Director)</li> <li>• Marco Faccin (Director of development at the Municipal Department of Water and Sewage)</li> <li>• Lisiane Menezes Pacheco (Drainage Works Inspector)</li> <li>• Cláudia Silber (Director of International Relations)</li> </ul>
11.00	<p>Meeting IADB/WB (online)</p>	<p>Participants:</p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gines Suarez Vazquez</li> <li>• Maria Alejandra Escovar Bernal</li> </ul>
14.00 – 15.30	<p>Meeting State Secretary of Environment and Infrastructure</p> <p><u>Address:</u> Rua Dr. Salvador França, 1427 – Jardim Botânico</p>	<p>Participants:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Marjorie Kauffmann (SEMA -State Secretary of Environment and Infrastructure)</li> <li>• Marcelo Camardelli (SEMA - Deputy State Secretary of of Environment and Infrastructure)</li> <li>• Gabriel Fajardo (Extraordinary Secretariat to Support the Reconstruction of Rio Grande do Sul Deputy State Secretary)</li> <li>• Daniela de Lara (Coordinator of the Climate Advisory Department of the State Secretariat for the Environment and Infrastructure at SEMA)</li> <li>• Carlos Silveira (Department of Water Resources and Sanitation Management - geologist)</li> <li>• Diego Carrillo (Head of Meteorology, Climate Change and Critical Events Division)</li> <li>• Adriano Schneider (Communication advisor and translator)</li> </ul>
16.00	<p>Wrap up with DMAE &amp; final meeting with Mayor</p>	<p>Participants:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maurício Loss (Director)</li> <li>• Darcy Nunes (Deputy Director)</li> <li>• Marco Faccin (Director of development at the Municipal Department of Water and Sewage)</li> <li>• Cláudia Silber (Director of International Relations)</li> </ul> <p>→ Consul to join online</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sebastiao Melo (Mayor)</li> </ul>
18.30	<p>Meeting at Manhattan hotel</p>	<p>Participants:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingrid de Kroes (Dutch Honorary Consul of Rio Grande do Sul)</li> <li>• Mike Janse (Group COO and Member of the Executive Board DLL)</li> <li>• José Campos (CEO LATAM DLL)</li> </ul>
<b>TUESDAY 11 June</b>		
Morning	<p>Departure of the DRRS team</p>	



## Anexo III: Considerações para as atividades de Recuperação Inicial (Fase I) em Porto Alegre

### Programa Holandês de Redução de Riscos de Desastres e Apoio Emergencial (DRRS)

21 de maio de 2024

Na fase de recuperação inicial, o foco será restabelecer uma sociedade funcional. Isso implica em os cidadãos conseguirem retomar suas vidas normais e as empresas a voltar a funcionar novamente.

Para que isso seja possível, é necessária a limpeza da área, das residências e das empresas, assim como a restauração de serviços e infraestrutura. Na fase de recuperação inicial, as melhorias ainda serão limitadas e o foco está em restabelecer a situação como era antes da enchente. Contudo, em situações em que são necessários investimentos maiores para a restauração, uma avaliação da relação custo-benefício de reconstruir de forma aprimorada precisa ser considerada.

Além disso, é necessário garantir que a área esteja preparada para uma possível próxima enchente.

**Em especial para a preparo de uma possível próxima enchente, é aconselhada uma abordagem "de toda a sociedade":** Medidas estruturais para prevenir inundações não estarão em vigor no caso de uma próxima ameaça de enchente, já que tais medidas estruturais levarão pelo menos 5-10 anos para serem implementadas. **Isso implica que os cidadãos e as empresas precisam ser informados de que devem se preparar para uma próxima enchente por conta própria. Ao lhes dar essa responsabilidade, muitas vezes é possível reduzir ou mitigar o impacto de uma próxima enchente por meio de medidas tomadas em suas próprias instalações.**

Durante a fase de recuperação inicial<sup>4</sup>, os pontos de atenção são:

- Saúde Pública
  - Água potável Segura:
    - A infraestrutura de fornecimento de água em uma área alagada geralmente fica danificada e precisa ser restaurada;
    - É esperada a contaminação da infraestrutura de fornecimento de água existente;
      - Os cidadãos precisam ser informados sobre isso e receber instruções, como por exemplo para qual finalidade a água pode ser usada, conselhos de tratamento (por exemplo: fervura);
      - Os testes de qualidade da água potável precisam ser realizados, tanto nas fontes quanto nos sistemas de distribuição de água potável;
    - Água engarrafada, água fervida e instalações móveis de tratamento de água precisam ser fornecidas enquanto o fornecimento regular de água potável não tiver sido restabelecido.
  - Doenças transmitidas por vetores:
    - Todo acúmulo de água parada pode se tornar um criadouro para mosquitos que podem espalhar doenças;
    - Limpar adequadamente e remover todos os acúmulos de água parada é importante;
    - Deve-se organizar o monitoramento do desenvolvimento dos mosquitos;
    - Considerar a pulverização de áreas com inseticida para prevenir o desenvolvimento de mosquitos.

---

<sup>4</sup> Aqui definido como começando quando a água começa a recuar e as áreas ficam secas até o período em que todo o trabalho de emergência tenha terminado.

- Fornecer informações à população sobre a remoção de poças de água parada e sobre a proteção contra picadas de mosquitos;
  - Contaminação e doenças
    - É importante realizar a limpeza da área, já que os sistemas de esgoto serão danificados, onde fezes e outros materiais contagiosos serão espalhados pela área;
    - Protocolos rígidos de higiene precisam ser estabelecidos para as pessoas envolvidas no trabalho de limpeza;
    - O monitoramento da saúde para doenças infecciosas precisa ser realizado;
- Remoção de detritos e lama/sedimento
  - Após a água recuar, detritos e lama/sedimentos estarão presentes na área:
    - A remoção é necessária;
    - Os detritos e lama/sedimentos precisam ser avaliados:
      - para verificar se a contaminação/poluição está presente na área;
      - para áreas agrícolas, avaliar o impacto da lama na utilização da terra;
- Gerenciamento de resíduos
  - Nas áreas alagadas, os equipamentos domésticos e comerciais que estiveram sob água na maioria dos casos não são recuperáveis, o que levará a uma grande quantidade de resíduos:
    - É necessário o gerenciamento dos resíduos: como coletá-los e onde descartá-los;
    - Cidadãos e empresas precisam ser informados sobre como o gerenciamento de resíduos será organizado.
- Restauração da Infraestrutura

A restauração rápida da infraestrutura essencial é um requisito para devolver a sociedade ao funcionamento "normal". A prioridade são as áreas com alta concentração de pessoas.

- As estradas precisam ser limpas e restauradas:
    - se investimentos significativos são necessários para uma situação específica, então a avaliação deve ser feita para determinar se reconstruir a situação existente é sensato (a reconstrução de uma forma melhorada precisa ser considerada);
  - Água potável (ver saúde pública);
  - Eletricidade:
    - antes de reconectar os locais à rede elétrica, uma verificação de segurança das instalações deve ocorrer para evitar situações perigosas;
  - Aeroporto:
    - após a reabertura, a preparação para uma próxima inundação e a tomada de medidas para minimizar o impacto de uma inundação serão essenciais.
- Avaliação de danos
  - Deve ser organizado o mais rápido possível. Como a avaliação de danos é a base para a compensação financeira de cidadãos e empresas, além de ser a base para o apoio financeiro federal ou internacional:
    - Utilizar uma abordagem padronizada;
    - Garantir o máximo possível de documentação das situações em nível de objeto.
- Suporte Financeiro
  - As pessoas afetadas frequentemente ficam sem renda, enquanto a compensação por danos, através do governo ou seguro, está sendo organizada:
    - É necessário implementar um suporte financeiro temporário tanto para cidadãos quanto para empresas;

- Atenção específica é necessária para os agricultores que frequentemente perdem uma safra, o que implica que eles podem precisar de suporte pelo menos até a próxima estação de crescimento.
- Preparando-se para a próxima enchente:
  - Todas as defesas contra inundações e outras infraestruturas relevantes, como estações de bombeamento, precisam ser inspecionadas, revisadas e restauradas;
    - Na medida do possível, as lições dos mecanismos de falha precisam ser levadas em consideração;
  - Quando investimentos significativos são necessários, reconstruir de forma aprimorada deve ser considerado;
  - Cidadãos e empresas precisam estar preparados para a próxima inundação:
    - Eles já passaram por inundações e podem tomar medidas para diminuir o impacto delas;
  - O alerta precoce deve ser avaliado e, se necessário, melhorado:
    - Foco em alertas com informações de impacto e perspectiva de ação para as populações;
  - Os planos de emergência precisam ser avaliados e aprimorados:
    - Como informar cidadãos e empresas para se prepararem no caso de uma ameaça iminente de inundação;
    - Garantir a disponibilidade de equipamentos de emergência (bombas, proteção contra inundações etc.) para garantir medidas diretas no caso de uma ameaça iminente de inundação;
    - Comunicar-se com cidadãos e empresas sobre qual será o foco do governo e que tipo de medidas eles precisam tomar por conta própria.