

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS ESTRUTURAIS PARA MITIGAÇÃO DE INUNDAÇÕES NA BACIA DO CÓRREGO UBERABINHA, SÃO PAULO-SP

*Filipe Chaves Gonçalves¹; Pedro Luiz de Castro Algodoal²; Erika Naomi de Souza Tominaga³
& Antonia Ribeiro Guglielmi⁴*

Resumo: O córrego Uberabinha, localizado no distrito de Moema, na cidade de São Paulo, é recorrente em episódios de inundações severas, sobretudo nas imediações da Avenida Ibijaú com a Rua Gaivota. Este estudo teve como objetivo avaliar alternativas estruturais para mitigação de cheias na região, considerando as dificuldades de implantação de reservatórios previstos no planejamento original da bacia. A análise foi realizada por meio de modelagem hidrológica e hidráulica com o software PCSWMM, com base na calibração do evento de 08 de março de 2023 e em chuvas de projeto com Tr de até 25 anos. Foram simuladas três alternativas de intervenção, incluindo reservatórios de detenção subterrâneos e túneis-reservatório. Os resultados mostraram reduções significativas das áreas inundáveis, especialmente na Alternativa 2, que apresentou melhor desempenho hidráulico sem necessidade de desapropriações. Os custos e interferências urbanas foram considerados na escolha da solução mais adequada.

Palavras-Chave – Drenagem urbana; Controle de cheias; Simulação chuva-vazão.

Abstract: The Uberabinha Stream, located in the Moema district of São Paulo, Brazil, frequently experiences severe flooding, especially near Ibijaú Avenue and Gaivota Street. This study aimed to evaluate structural alternatives for flood mitigation in the area, given the challenges in implementing originally planned detention reservoirs. Hydrologic and hydraulic simulations were carried out using the PCSWMM software, based on the calibration of the March 8, 2023 flood event and design storms with return periods up to 25 years. Three intervention scenarios were simulated, including underground detention structures and tunnels. Results indicated significant reductions in flood-prone areas, particularly in Alternative 2, which showed the best hydraulic performance without requiring property expropriations. Costs and urban impacts were also analyzed to support decision-making.

Palavras-Chave – Urban Drainage; Flood control; Rainfall-runoff simulation.

INTRODUÇÃO

As inundações constituem um dos principais problemas enfrentados por grandes centros urbanos, em especial na cidade de São Paulo, onde a combinação entre crescimento desordenado, ocupação de fundos de vale e elevada taxa de impermeabilização do solo aumenta a recorrência e agrava a severidade desses eventos. A bacia do córrego Uberabinha, localizada no distrito de Moema, é um exemplo emblemático no Município de São Paulo. Com um sistema de drenagem integralmente subterrâneo e com capacidade insuficiente para chuvas intensas, a região apresenta inundações frequentes, particularmente nas imediações da Avenida Ibijaú com a Rua Gaivota, que causam

1) Universidade de São Paulo - USP – filipechavesg@usp.br

2) Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – palgadoal@fcth.br

3) Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – erika.tominaga@fcth.br

4) Secretaria de Infraestrutura Urbana e Obras da Cidade de São Paulo – aguglielmi@prefeitura.sp.gov.br

prejuízos materiais, comprometem a mobilidade urbana e colocam em risco a segurança da população. A partir do cruzamento entre as duas vias supracitadas, a galeria subterrânea está disposta entre prédios residenciais de alto padrão, sem espaço para a ampliação de sua capacidade.

No planejamento da drenagem urbana da cidade, a elaboração de Cadernos de Bacia Hidrográfica tem se mostrado uma importante ferramenta de apoio à tomada de decisão. No Caderno da bacia do córrego Uberaba (São Paulo, 2019), do qual o Uberabinha pertence, são encontradas uma série de medidas estruturais propostas, incluindo reservatórios de detenção de grande porte, galerias de reforço e intervenções localizadas com o objetivo de proteger a bacia para eventos com período de retorno de até 100 anos. Contudo, o avanço da ocupação urbana em áreas inicialmente previstas para essas intervenções, na época ainda não ocupadas, inviabilizou a implantação de importantes estruturas, como reservatórios de detenção de cheias convencionais, cujas áreas foram ocupadas por edifícios residenciais de alto padrão.

Diante desse cenário, tornou-se necessário reavaliar as estratégias de controle de cheias para a bacia do córrego Uberabinha, com foco em soluções técnica e economicamente viáveis, e com menor interferência urbana. Neste contexto, foi conduzido um estudo de verificação complementar com base em modelagem hidrológica e hidráulica no software PCSWMM, utilizando como referência o evento extremo ocorrido em 08 de março de 2023, que registrou precipitações de até 68 mm em 1 hora, equivalentes a uma chuva com período de retorno de 10 anos. Na ocasião deste evento houve o registro de um óbito no cruzamento da Avenida Ibiaú com a Rua Gaivota, cuja lâmina de inundação atingiu assustadores 1,90m em uma região nobre de São Paulo.

O modelo foi calibrado e verificado com base em dados meteorológicos fornecidos pelo Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo (SAISP), dados obtidos de inspeção de galerias realizadas pela Subprefeitura da Vila Mariana, e também, e levantamento das cotas atingidas pela lâmina de inundação por parte da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH), permitindo avaliar com maior precisão o comportamento hidrológico e hidráulico da bacia.

A partir disso, foram simuladas diferentes alternativas de intervenção, considerando a otimização de estruturas previamente previstas e a proposição de várias outras novas soluções, como túneis-reservatório, galerias-reservatório e galerias de reforço. As alternativas foram comparadas com base na sua eficácia hidráulica, área inundável remanescente, custo estimado de implantação, necessidade de desapropriações e interferências no sistema viário.

Este trabalho apresenta os principais resultados obtidos com a simulação das alternativas, destacando a viabilidade de diferentes cenários para a mitigação das inundações na bacia do córrego Uberabinha. A partir das análises realizadas, discute-se o potencial de implantação das soluções propostas, seus desafios e os critérios que devem orientar a escolha da alternativa mais adequada, considerando as especificidades físicas, urbanas e sociais da região.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área avaliada corresponde à bacia do córrego Uberabinha, que se encontra inteiramente tamponado em galerias, sendo um afluente do córrego Uberaba. A bacia do Uberaba, representada na **Figura 1**, é amplamente impermeabilizada com ocupação consolidada inclusive nos fundos de vale. A sub-bacia do córrego Uberabinha corresponde às áreas indicadas com o prefixo “UBR” de 14 até a 19 na **Figura 1**, e a sua representação é indicada na sequência, na **Figura 2** onde o mapa de diagnóstico de inundações é apresentado. As vias públicas localizadas a jusante da Av. Ibirapuera (Figura 2), como as ruas Gaivota, Tuim, Arapanés e adjacências, registram frequentes episódios de inundação e alagamento, com lâminas d’água superiores a 1,5 m em eventos intenso, cujos registros são amplamente conhecidos (Gabriel Santarelli, 2013).



Figura 1 – Mapa da bacia hidrográfica do córrego Uberaba (São Paulo, 2019)

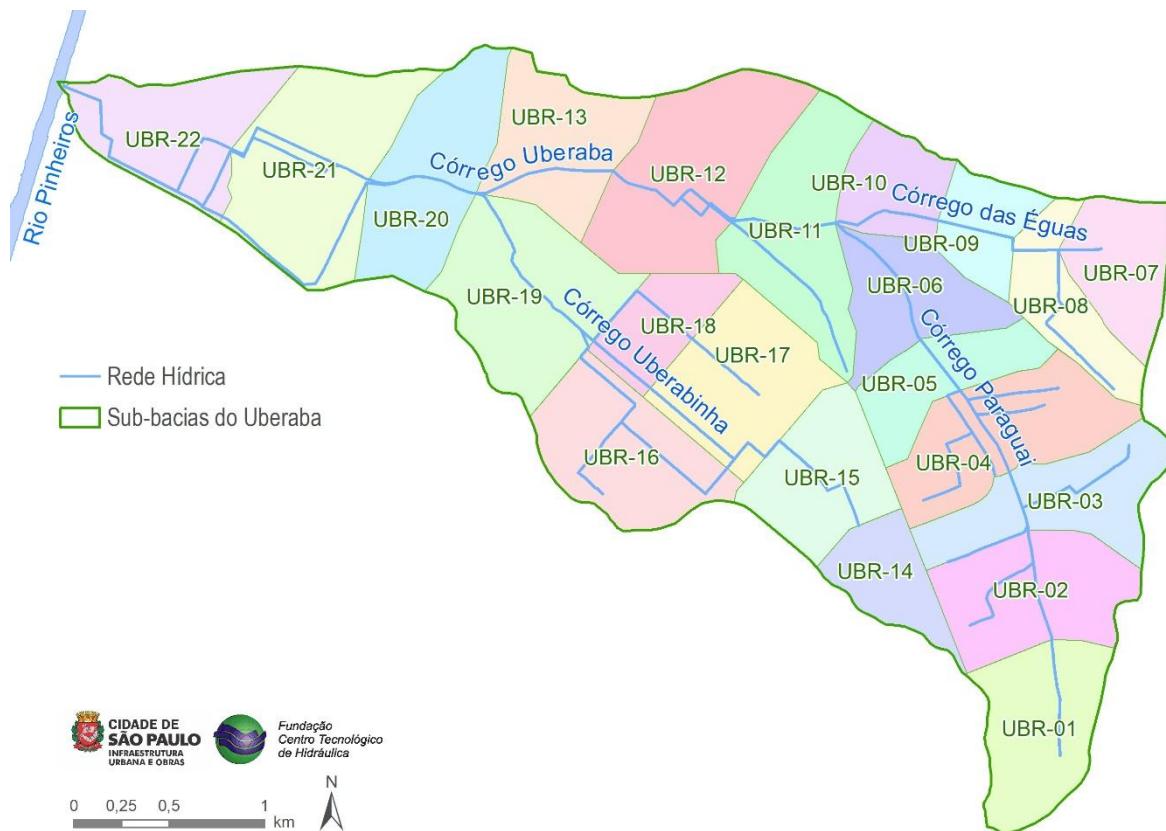
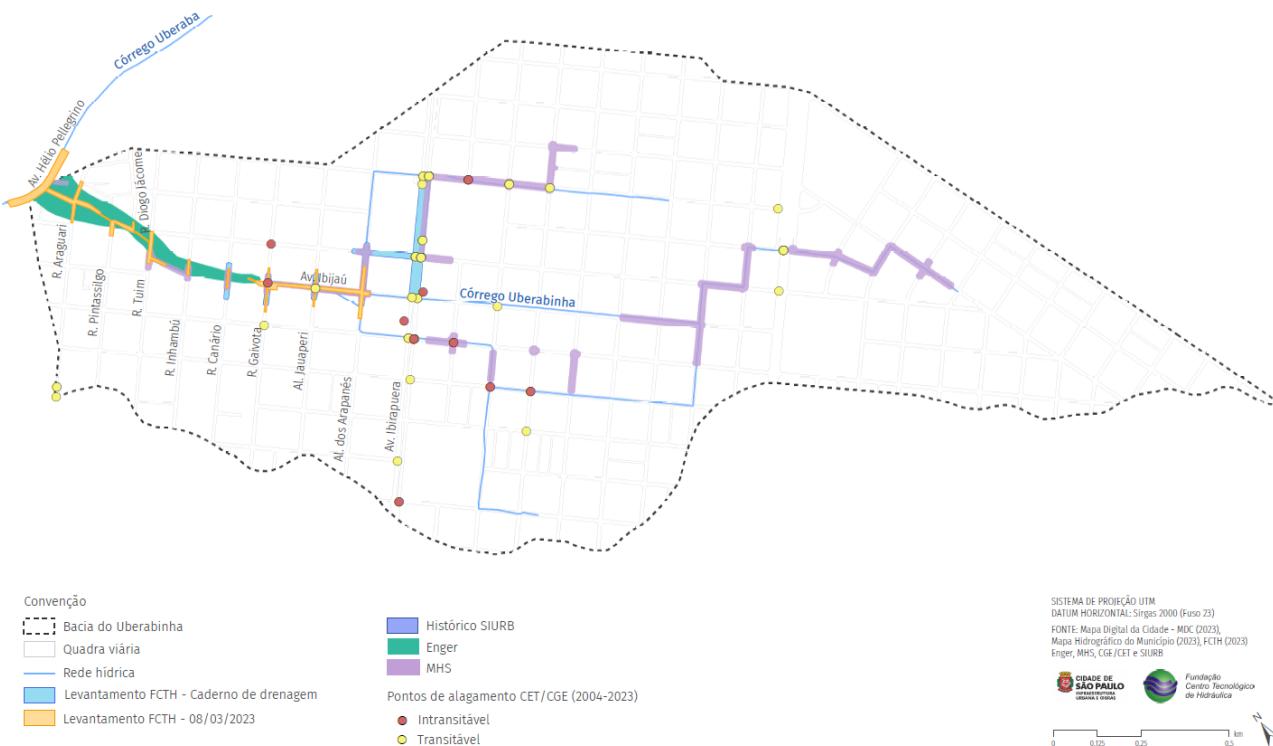


Figura 2 – Diagnóstico de inundações na sub-bacia do córrego Uberabinha



A simulação chuva-vazão foi realizada por meio do software PCSWMM, sendo que a calibração do modelo foi baseada no evento intenso de 08 de março de 2023, quando foram registrados acumulados de precipitação superiores a 60 mm em 1 hora, com máximos locais de 68,2 mm na sub-bacia UBR-18. Foram inseridos dados de topografia, rede de drenagem existente, áreas de contribuição por sub-bacia e parâmetros de escoamento superficial, entre outros dados.

A precipitação média acumulada na sub-bacia do Uberabinha foi de 63 mm, o que corresponde a um evento de Tr 10 anos para chuvas com essa duração em São Paulo. A precipitação acumulada em cada sub-bacia é indicada na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Acumulados de precipitação nas sub-bacias do córrego Uberabinha

Sub-bacia	UBR-14	UBR-15	UBR-16	UBR-17	UBR-18	UBR-19	Média aritmética
Precipitação acumulada (mm)	54,9	60,7	62,4	67,1	68,2	65,1	63,0

Além das chuvas, foram utilizadas cotas de inundação medidas em campo por levantamento topográfico de pontos críticos da bacia. Esses dados levantados foram comparados com os níveis simulados pelo modelo no evento de 08/03/2023, permitindo um melhor ajuste parâmetros calibrados. Os dados dessa comparação são indicados na **Tabela 2**.

Tabela 2 – Comparação entre cotas medidas e simuladas nos principais pontos de inundação

Vias sobre o córrego Uberabinha (de montante para jusante)	Cota de inundação (m) – <i>Evento de 08/03/2023</i>		
	Topografia [1]	Calculada [2]	Δ [2-1]
Alameda dos Arapanés	0,50	0,48	-0,02
Alameda Jauaperi	1,20	0,78	-0,42
Rua Gaivota	1,92	1,66	-0,26
Rua Canário	0,30	0,31	+0,01
Rua Inhambu	0,60	0,30	-0,30
Rua Tuim	1,00	0,82	-0,18
Rua Diogo Jácome	1,15	1,02	-0,13
Rua Pintassilgo	0,40	0,88	+0,48
Rua Araguari	0,40	0,56	+0,16
Avenida Hélio Pellegrino	0,80	0,60	-0,20

Já para os cenários simulados foram utilizadas chuvas de projeto com duração de 2 horas de duração, o que é compatível com o tempo de concentração da bacia e, também, é compatível com a duração utilizada no Caderno de Bacia Hidrográfica do córrego Uberaba (São Paulo, 2019). Os totais de precipitação foram obtidos da equação IDF para diferentes Tr, conforme indicado na **Tabela 3**.

Tabela 3 – Precipitação acumulada para chuvas de projeto de 2h

Período de retorno	Tr 2	Tr 5	Tr 10	Tr 25	Tr 100
Altura de chuva	48,4	66,0	77,5	92,2	113,9

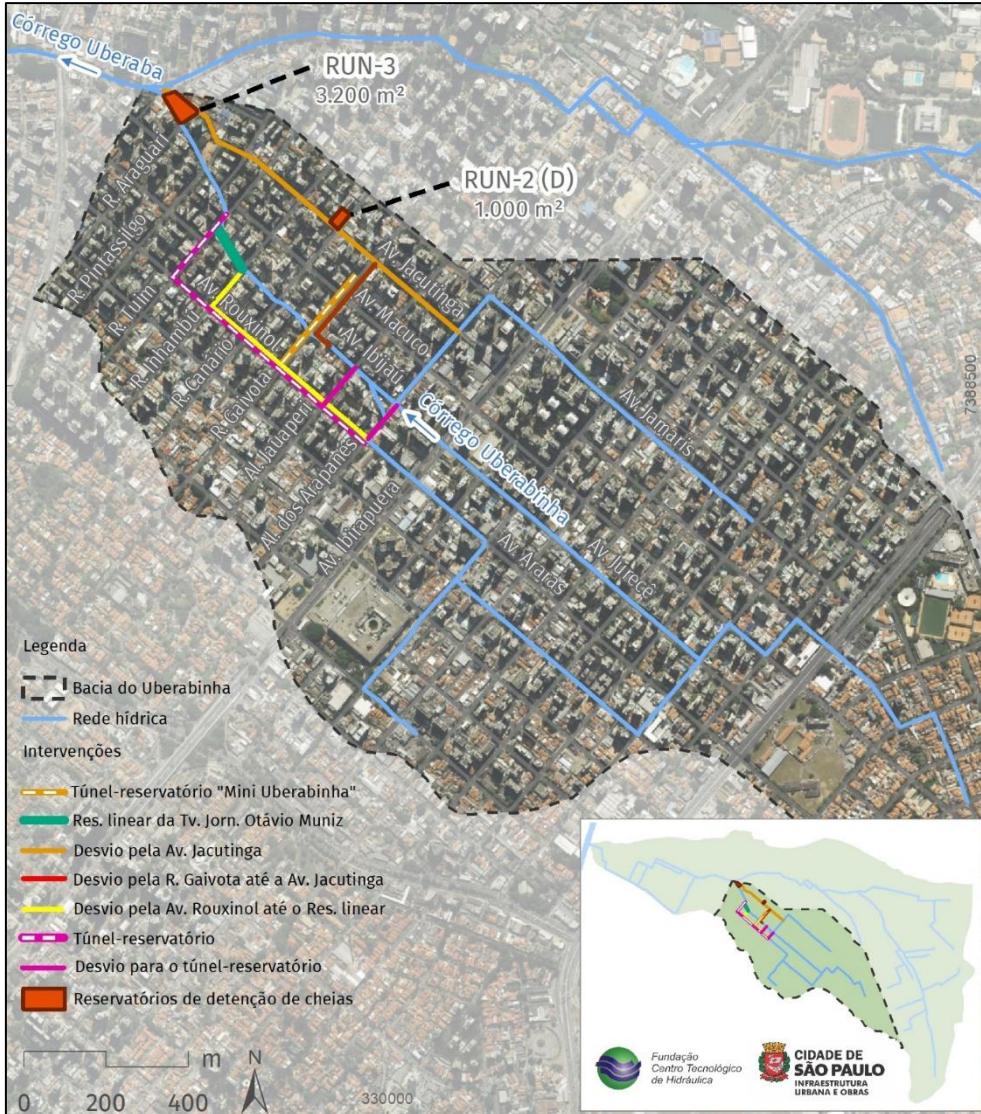
Em função da gravidade das inundações que acometem a região e das dificuldades associadas a implantação de medidas estruturais para mitigações essas inundações é que foram avaliadas um grande conjunto de alternativas para a mitigação das inundações.

23 a 28 de novembro de 2025 - Vitória - ES

Pela número de medidas avaliadas elas foram agrupadas em duas figuras. Na **Figura 3** são apresentados os túneis-reservatório, reservatório linear, desvios de galerias, além de reservatórios de detenção convencionais.

Uma vez que os reservatórios convencionais, nessa região, demandam altos custos de desapropriação de terrenos particulares (ex.: R\$ 53,4 milhões no caso do reservatório RUN-3), os túneis-reservatório, apesar de serem uma solução mais cara, não têm o custo de desapropriação.

Figura 3 – Medidas estruturais avaliadas (1/2)



Por sua vez, na **Figura 4**, são apresentadas as galerias-reservatório, dotadas internamente de orifícios e estruturas de vertimento para o abatimento *in line* do pico de cheia.

Em que pese as galerias-reservatórios não demandarem custos de desapropriação, que são elevados nos casos dos reservatórios convencionais e, em especial, nessa região de estudo, essa solução está associada a um alto grau de interrupção no sistema viário e demandariam, também, adaptações no sistema de microdrenagem a fim de evitar a entrada de resíduos na infraestrutura de macrodrenagem, o que poderia obstruir os orifícios de fundo e prejudicar o funcionamento previsto.

Figura 4 – Medidas estruturais avaliadas (2/2)



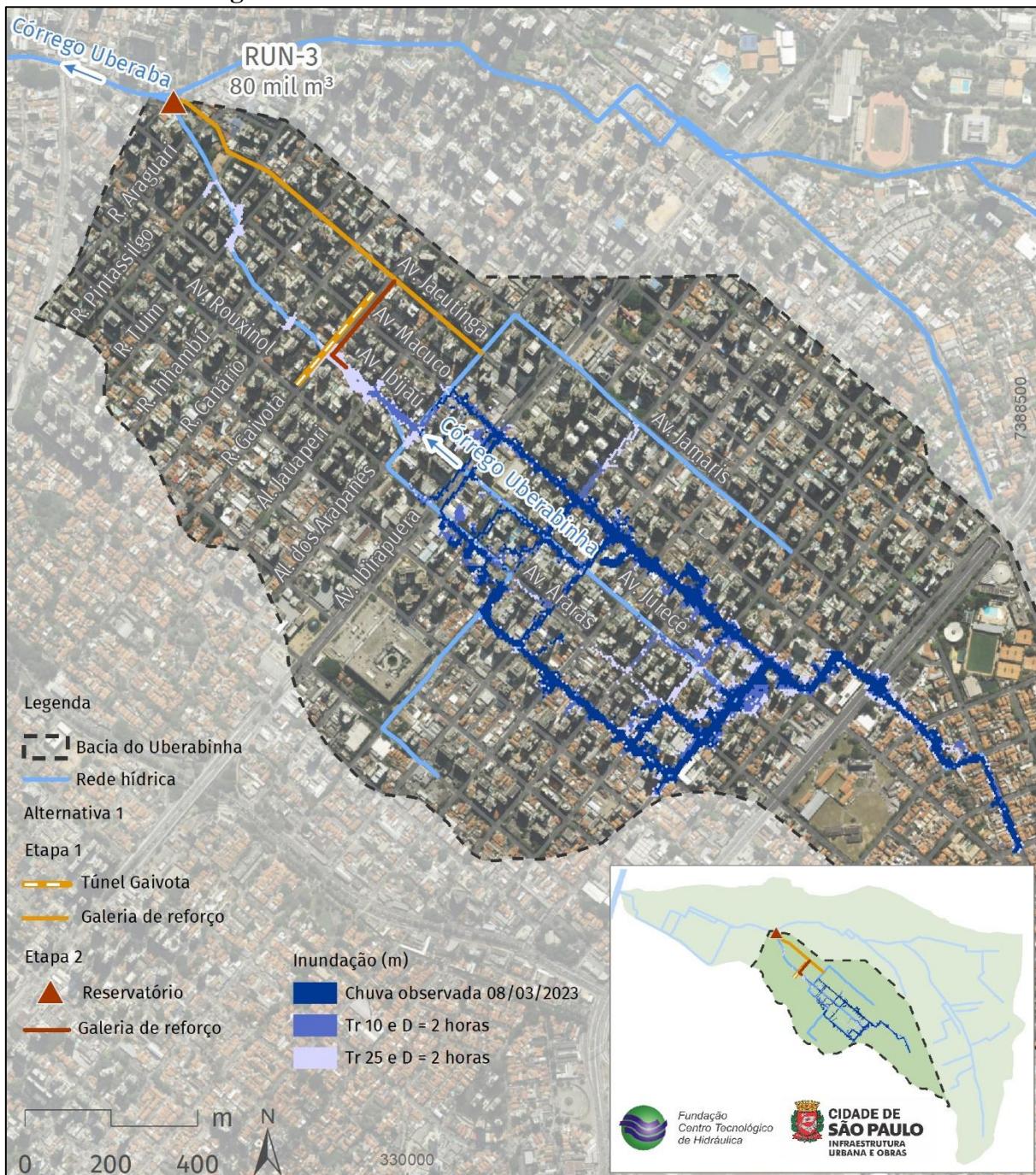
Com base nas medidas individuais apresentadas nas **Figuras 3 e 4**, foram propostas o agrupamento de três alternativas denominadas:

- **Alternativa 1:** conjunto de galerias de reforço com o reservatório de detenção “RUN-3” (**Figura 5**), totalizando um custo total de implantação estimado de R\$ 280,4 milhões (incluindo a desapropriação);
- **Alternativa 2:** túnel-reservatório com capacidade para 54.400 m³ (**Figura 6**), com casa de bombas e sem necessidade de desapropriação, com custo estimado total de R\$ 306,6 milhões;
- **Alternativa 3:** galerias-reservatório ao longo das avenidas Jandira, Iraí, Jurupis (**Figura 7**), entre outras, com elevado impacto urbano, com custo estimado total de R\$ 309,7 milhões.

RESULTADOS

Cada alternativa foi simulada para o evento observado de 08 de março de 2023 (aproximadamente Tr 10 e 1h de duração), além das chuvas de projeto Tr 10 e 25 anos, com 2h de duração.

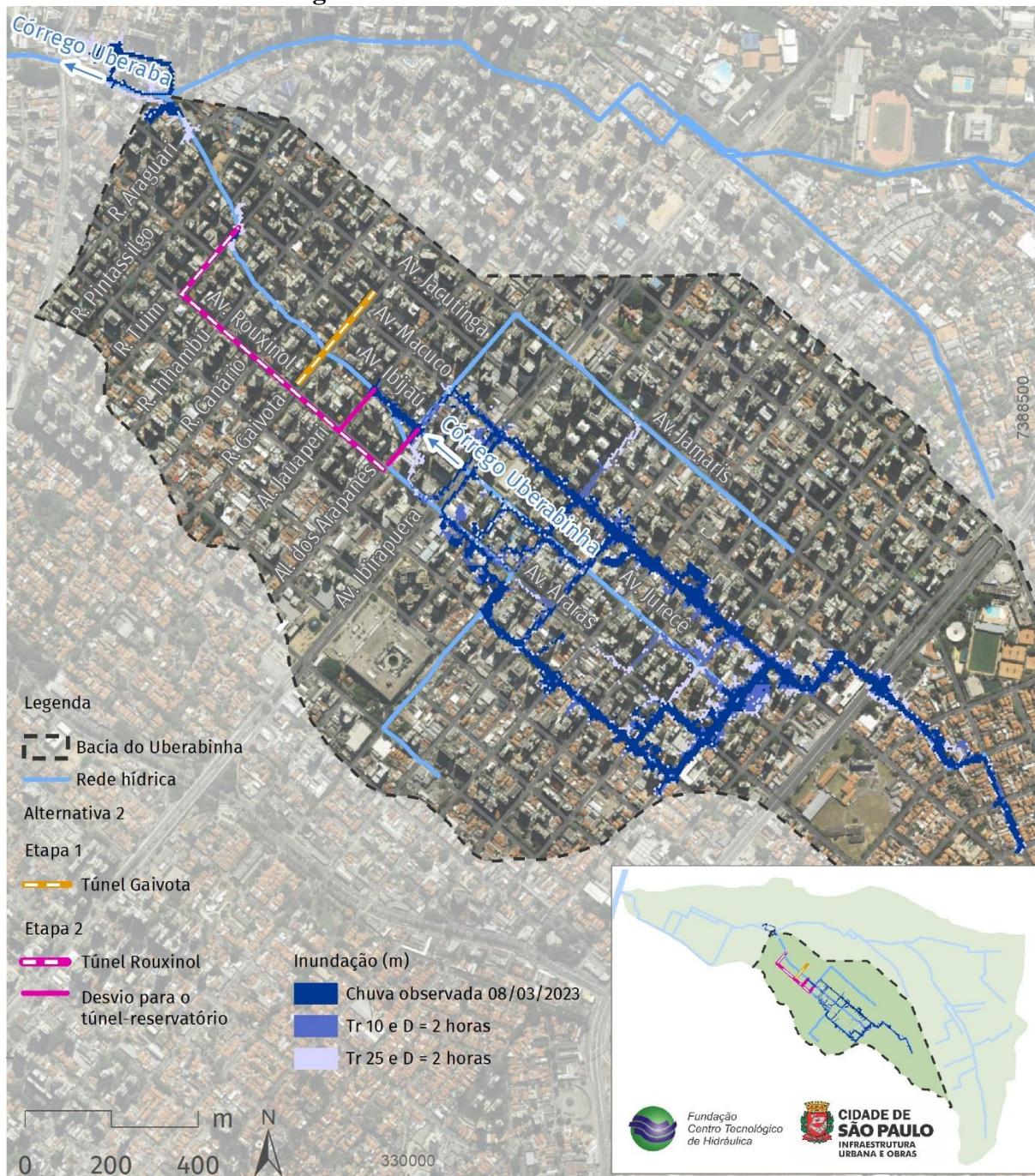
Figura 5 – Medidas estruturais avaliadas na Alternativa 1



A **Alternativa 1** ofereceria proteção para todas as vias localizadas na bacia do córrego Uberabinha a jusante da Al. Jauaperi para eventos de magnitude como a do 08/03/2023, e também para Tr 10 de 2h. Contudo, em eventos de Tr 25 anos e 2 h de precipitação, a bacia do Uberabinha ainda não estaria totalmente protegida, apresentando inundações no cruzamento da R. Gaivota x Av. Ibiajá da ordem de 1,30 m para Tr 25 anos, e portanto, severas. Em contrapartida, a região do exutório do Uberabinha, na Av. Hélio Pellegrino, ficaria protegida mesmo para chuvas de Tr 25 anos e 2h.

- Pontos positivos:** solução convencional, com controle centralizado das cheias;
- Pontos negativos:** elevado custo de desapropriação (superior a R\$ 50 milhões).

Figura 6 – Medidas estruturais avaliadas na Alternativa 2



A **Alternativa 2** foi a única a oferecer a proteção para as vias localizadas na região da Av. Ibiapuera para eventos de Tr 25 anos e 2 h de precipitação. Contudo, nesta alternativa, ainda ocorreriam inundações na R. Tuim, e no exutório da bacia, no desemboque do Uberabinha para o córrego Uberaba, mesmo para chuvas de Tr 10 anos, em extensão maior do que a verificada na Alternativa 1.

- Pontos positivos:** baixíssima interferência no sistema viário e sem desapropriações;
- Pontos negativos:** elevado custo de implantação dos túneis.

Figura 6 – Medidas estruturais avaliadas na Alternativa 3



A **Alternativa 3** oferece proteção para as vias localizadas a jusante da Al. dos Arapanés para eventos de magnitude como a do 08/03/2023, e também para Tr 10 com 2h. Contudo, as vias localizadas no cruzamento da R. Gaivota x Av. Ibiajá não seriam protegidas para Tr 25 anos, apresentando também a ocorrência de inundações severas para Tr 10 na região da Av. Hélio Pellegrino (sobre o Uberaba). A Alternativa 3 foi a que apresentou a pior relação custo-benefício.

- **Pontos positivos:** sem desapropriações;
- **Pontos negativos:** custo de implantação elevado, interferência muito significativa com interrupções no trânsito; solução não convencional de difícil manutenção; expertise necessária.

CONCLUSÕES

Este estudo retrata o desafio de se mitigar uma área inundável em um grande centro urbano após a ocupação das várzeas.

O trabalho apresentou a avaliação de três alternativas estruturais para a mitigação das inundações recorrentes na sub-bacia do córrego Uberabinha, na cidade de São Paulo, por meio de simulações hidrológicas e hidráulicas no software PCSWMM. As análises foram baseadas na calibração do modelo com o evento de 08 de março de 2023 e em chuvas de projeto com períodos de retorno de 10 e 25 anos.

Entre as alternativas 1 e 2, foi constatado que a Alternativa 1 protegeria melhor a região do exutório da bacia do que a região da R. Gaivota x Av. Ibijaú ao se considerar os eventos de maior período de retorno (Tr 25 anos). Por outro lado, a Alternativa 2 protegeria melhor a região da R. Gaivota x Av. Ibijaú do que a região do exutório.

Ao serem considerados os custos estimados preliminarmente para as alternativas 1 e 2, se constata que ambas seriam eficazes para as chuvas frequentes, de baixo período de retorno, com menor custo na Alternativa 1. Porém, ao serem considerados os desafios de serem implantados piscinões na região em questão, a Alternativa 2 poderia ser implantada caso se deseje menores interferências com o sistema viário, dispensando inclusive a necessidade de desapropriações.

Comparativamente, a Alternativa 3 foi a que apresentou menor redução da mancha de inundaçāo com o maior custo, sendo, portanto, descartada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Prefeitura do Município de São Paulo, em especial à Secretaria de Infraestrutura Urbana e Obras (SIURB), pelo apoio institucional e fornecimento de dados técnicos, e também à Subprefeitura da Vila Mariana pela inspeção de galerias. Agradecem também à equipe técnica da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH) pelo suporte na modelagem hidrológica e hidráulica e na elaboração dos estudos complementares ao Caderno de Bacia Hidrográfica.

REFERÊNCIAS

São Paulo (cidade). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; fundamentos**. São Paulo: SMDU, 2012. 220p. il. v.2. ISBN 978-85-66381-02-3. ISBN 978-85-66381-00-9 (Coleção). 1. Drenagem 2. Água pluvial I.

Sistema de Alerta a Inundações de SP. (2023). <https://www.saisp.br/estaticos/sitenovo/home.html>. Acessado no dia 16/06/2023.

Mapa Digital da Cidade de São Paulo - MDC. (2025).

https://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx. Acessado no dia 16/06/2023.

São Paulo (Cidade). **Caderno de bacia hidrográfica: bacia do córrego Uberaba**. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – São Paulo: FCTH/SIURB, 2019. 238 p. ISBN 978-85-93064-16-6.

Gabriel Santarelli. **Alagamento Ibijaú! A pior de todos os tempos.08/03/2013.** São Paulo: YouTube, 2013. 1 vídeo (5 min). Publicado em: 11 de março de 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=LndRhKRBUak&t=1s>. Acesso em: 21 jun. 2025.