



Propondo medidas compensatórias de drenagem como ferramenta de governança participativa: o caso da Bacia do Tiburtino, São Paulo/ SP¹

Luciano Abbamonte da Silva

Pós-doutorando, Universidade São Judas Tadeu – USJT, Brasil
lucianoalbamonte@gmail.com

Ana Paula Koury

Professora Doutora, Universidade São Judas Tadeu – USJT, Brasil
prof.anakoury@ulife.com.br

¹ Esta pesquisa foi realizada com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

RESUMO

Este artigo aborda o problema das inundações e alagamentos na bacia do Córrego Tiburtino, com foco para uma adaptação desejável em direção a uma resiliência urbana orientada para áreas ambientalmente frágeis da bacia. Parte-se da hipótese de que a construção de pequenos reservatórios paralelos localizados à montante dos pontos críticos das ocorrências de eventos mitigariam consideravelmente a sua gravidade e intensidade, indicando assim uma possibilidade factível de adaptação que deve ser levada em consideração pelas autoridades competentes quando do planejamento de futuras ações de drenagem urbana na região. O método utilizado foi o da convolução do Hidrograma Unitário SCS de montante à jusante da bacia, e como ponto de medição foi definido o Mercado da Lapa – um local crítico em termos de ocorrências – para uma verificação quantitativa do amortecimento da vazão de pico em dois cenários: um único reservatório, de maior proporção; reservatórios menores distribuídos. Os resultados validaram a hipótese inicial, demonstrando que reservatórios de pequeno porte localizados abaixo do sistema viário são tão ou mais eficientes do que um único reservatório de proporções mais robustas com alto potencial de impacto ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem. Resiliência. ODS 11.

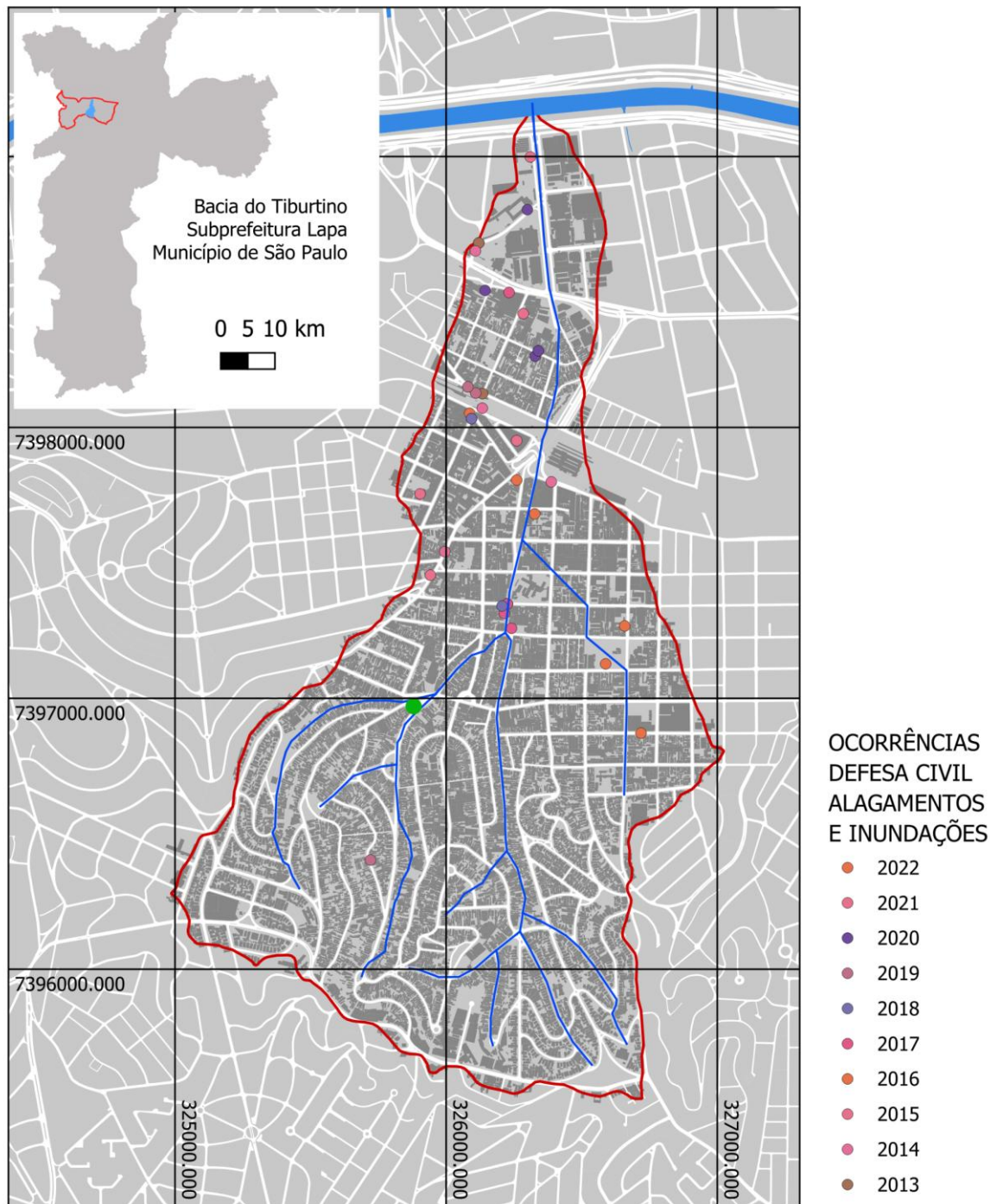
1. INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta um modelo hidrológico que foi desenvolvido como uma proposta alternativa de drenagem compensatória para mitigar as ocorrências de alagamentos e inundações na região da Lapa, município de São Paulo (Figura 1). Conforme mapeamento das ocorrências registradas de alagamentos, deslizamentos e inundações pela Defesa civil do Estado de São Paulo, entre 2013 e 2022, nota-se uma concentração maior no entorno do Mercado da Lapa (Figuras 2 e 3), podendo ser considerado um ponto crítico desta bacia.

O problema em questão foi abordado recentemente pela Secretaria de Infraestruturas e Obras da Prefeitura de São Paulo (SIURB) juntamente com a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH), com a proposta de construção de um reservatório de contenção de águas pluviais no local da Praça São Crispim (Figuras 4 e 5), no miolo da bacia hidrográfica do Córrego Tiburtino. Por tratar-se de uma área verde pública que fornece importantes serviços ecossistêmicos, como manutenção da biodiversidade e do conforto térmico, a proposta encontrou forte resistência da população local, o que culminou com a criação de um grupo de trabalho, locado no Conselho Regional de Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável e Cultura de Paz da Subprefeitura Lapa. Esse processo de formação de uma rede de governança comunitária foi descrito detalhadamente em uma etapa anterior dessa pesquisa (LIMA e SILVA, 2023).

Portanto, o modelo hidrológico que será aqui apresentado insere-se nesse contexto de governança participativa, demonstrando como uma apropriação do conhecimento técnico pode se tornar uma ferramenta política no processo decisório quando da construção de obras públicas.

Figura 1 – Ocorrências de alagamentos e inundações na bacia do Tiburtino



LEGENDA

- Praça São Crispim
- Hidrografia
- Bacia do Córrego Tiburtino
- Quadras
- Edificações



0 250 500 m



Escala: 1:1.000.000/ 1:20.000 (A4 retrato)

Sistema de coordenadas: SIRGAS 2000/ UTM 23 S

Fonte: GeoSampa. Produzido em setembro de 2023

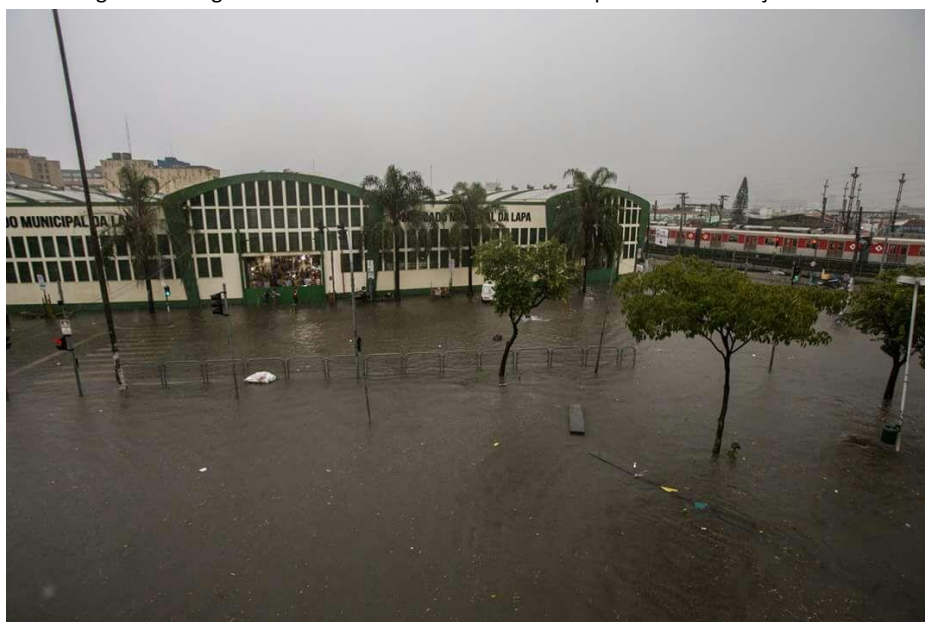
Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Figura 2 – Alagamento no entorno do Mercado da Lapa em 20 de outubro de 2016



Fonte: Jornal da Gente, foto de Gerson Azevedo.

Figura 3 – Alagamento no entorno do Mercado da Lapa em 20 de março de 2018



Fonte: Play FM, foto de Vinicius.

Figura 4 – Vista aérea da Praça São Crispim, 2023



Fonte: Google Earth.

Figura 5 – Vista da Praça São Crispim



Fonte: extraído de Lima e Silva, 2023.

2. OBJETIVOS

De maneira abrangente, o objetivo principal desta pesquisa é subsidiar a população civil de conhecimento técnico sobre hidrologia e drenagem urbana, a fim de que possam participar do planejamento de intervenções, por parte do poder público, na região em que habitam. De modo mais pormenorizado, a pesquisa tem três objetivos específicos:

- 1) Verificar o desempenho do reservatório proposto por FCTH e SIURB;
- 2) Propor a implantação de reservatórios menores, em outros pontos da bacia;
- 3) Verificar o desempenho dos reservatórios menores, e comparar os dois cenários.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Na ótica dos estudos urbanos, as bacias hidrográficas constituem um tema complexo e multifacetado, em função da multiplicidade de escalas em que podem ser observadas no território (AMÉRICO-PINHEIRO e BENINI, 2019). Basicamente, a bacia hidrográfica constitui um limite natural do relevo em relação ao ciclo hidrológico, delimitando a área efetiva de escoamento superficial das águas perenes – nascentes, córregos e rios – e transitórias – águas pluviais. Daí a sua importância estratégica, pois é desse condicionamento e delimitação que vai se organizar todo o gerenciamento dos recursos hídricos. Além disso, há também um processo multidimensional no qual, aos limites naturais das bacias, sobrepõem-se outros, de ordem político-administrativa, mas também físico-ambiental, com destaque para as implicações da mudança climática, conforme exposto pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima – IPCC.

Nesse contexto, devemos considerar o rápido processo de urbanização de São Paulo, o qual implicou em altas taxas de impermeabilização das bacias hidrográficas, ocasionando um aumento da quantidade e velocidade de escoamento superficial (CANHOLI, 2005; TUCCI, 2006), intensificando assim os eventos extremos, mais especificamente as enchentes e inundações que atingem, de maneira indiscriminada, diversas regiões da Macrometrópole Paulista (CANIL et al., 2020). Em decorrência desse quadro, medidas compensatórias de drenagem se fazem necessárias, havendo já uma gama de referências e boas práticas (MOTA, 2013).

Entende-se, assim, que as decisões técnicas que determinam a forma e a qualidade das infraestruturas urbanas, no caso os sistemas de drenagem – e, mais ainda, sua insuficiência – conforme observadas na atualidade, são resultado de um arranjo político já tradicionalmente pré-estabelecido entre esses diferentes atores. Assim, para que ocorra uma transformação no modo como se dá esse provimento de infraestruturas – partindo do pressuposto de que não sejam suficientemente adequadas – é necessário que ocorra também uma ou mais modificações, ainda que sutis, na estrutura que constitui esse arranjo (SILVA, KOURY, 2023a).

Também é necessário avançar na compreensão do papel efetivo dos atores locais para a manutenção ou transformação desse cenário (LIMA, SILVA, 2023). Desse modo, a pesquisa busca fornecer novos instrumentais de resiliência urbana (MERROW; NEWELL; STULTS, 2016), estando em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas, em especial no que diz respeito à gestão sustentável da água e do saneamento, da busca por um habitat seguro, resiliente e sustentável, e em prol de uma tomada de ação consistente frente à mudança climática.

Para o cálculo hidrológico, foi escolhido o método Hidrograma Unitário do SCS – Soil Conservation Service (PINTO et al, 1976), com tempo de concentração calculado pela fórmula da onda cinemática (Figura 6), onde N corresponde ao Coeficiente de Rugosidade de Manning (utilizado 0,015), L ao comprimento do talvegue, I à intensidade da precipitação (mm/h) e S à declividade (m/km). Essa equação conceitual foi escolhida em detrimento de outras, empíricas, em função de se tratar de uma bacia urbanizada sem dados de medição relevantes para pontos intermediários. A metodologia que será apresentada a seguir é uma adaptação que já demonstrou validade em estudo anterior (SILVA, KOURY, 2023b, 2023c).

Figura 6 – Fórmula empírica do Tempo de Concentração pela Onda Cinemática

t_c = 55 . ((n^0.6 . L^0.6) / (I^0.4 . S^0.3))

Fonte: Universidade de São Paulo, 2023.

4. METODOLOGIA

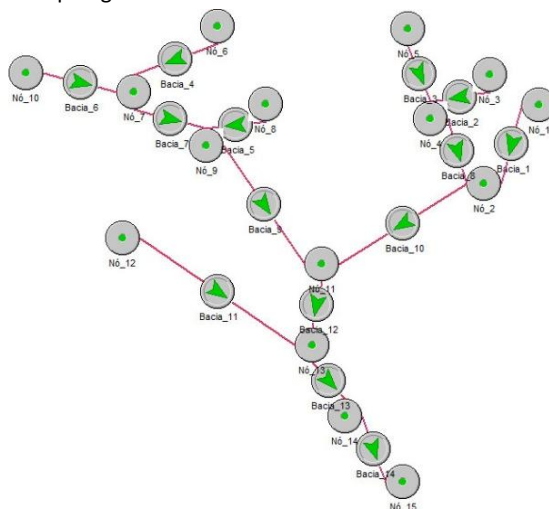
Primeiramente, foi realizada uma análise do projeto proposto pela parceria entre SIURB e FCTH, um reservatório de formato cilíndrico com proporções de 1592,45 metros quadrados de área e altura de 18 metros (Figura 7). Em seguida, foi realizado o procedimento metodológico de representação computacional, sendo realizado o cálculo de convolução do hidrograma de montante à jusante da bacia. Para isso, foi então construída a topologia do sistema (Figura 8), utilizando-se o programa ABC6 – Análise de Bacias Complexas, desenvolvido pelo Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental.

Figura 7 – Folha de projeto do reservatório proposto por FCTH e SIURB



Fonte: Acervo dos autores, 2023.

Figura 8 – Topologia do sistema da bacia do Tiburtino no software ABC6



Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Também foram definidos os seguintes parâmetros para o cálculo: duração da chuva de 360 minutos; a curva de Intensidade, Duração e Frequência utilizada é a do Centro Tecnológico de Hidráulica de São Paulo; o tempo de retorno é 25 anos; o coeficiente de amortecimento é de 0,25 (adimensional). O intervalo de discretização temporal utilizado foi de 30 minutos, sendo que, para as bacias que excedem esse intervalo, foi utilizada a equação de onda cinemática para cálculo do tempo de concentração.

Já os dados de entrada da bacia hidrográfica do Tiburtino a serem inseridos na modelagem hidrológica propriamente (Tabela 1), foram extraídos por análise de geoprocessamento, e são os seguintes: área da bacia, em quilômetros quadrados; área e altura dos reservatórios; comprimento do Canal – talvegue - em metros; diferença de altitude do talvegue, em metros; curve-number, ou coeficiente de deflúvio (adimensional).

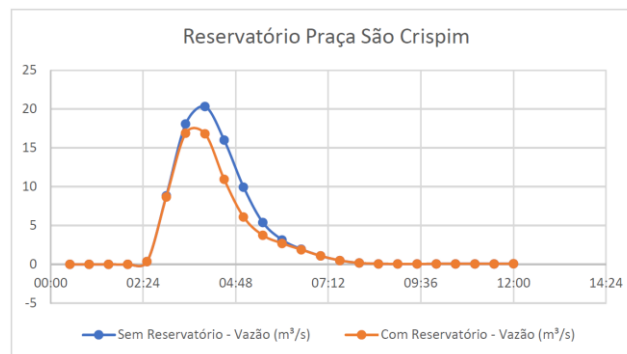
Tabela 1: dados de entrada da bacia do Tiburtino para o software ABC6

BACIA	ÁREA	COMP	ALT I	ALT F	H	CN
1	0,4	1165,22	792	735	57	75
2	0,12	330,84	765	739	26	80
3	0,23	847,79	765	735	30	80
4	0,41	563,28	779	742	37	80
5	0,08	329,3	756	738	18	80
6	0,15	662,52	787	740	47	80
7	0,08	313,97	742	737	5	80
8	0,06	314,28	739	735	4	85
9	0,35	819,28	737	730	7	85
10	0,13	350,28	735	730	5	85
11	0,49	1108,18	771	729	42	85
12	0,15	348,84	730	728	2	85
13	0,31	376,63	728	727	1	85
14	0,49	1256,69	727	720	7	85

Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

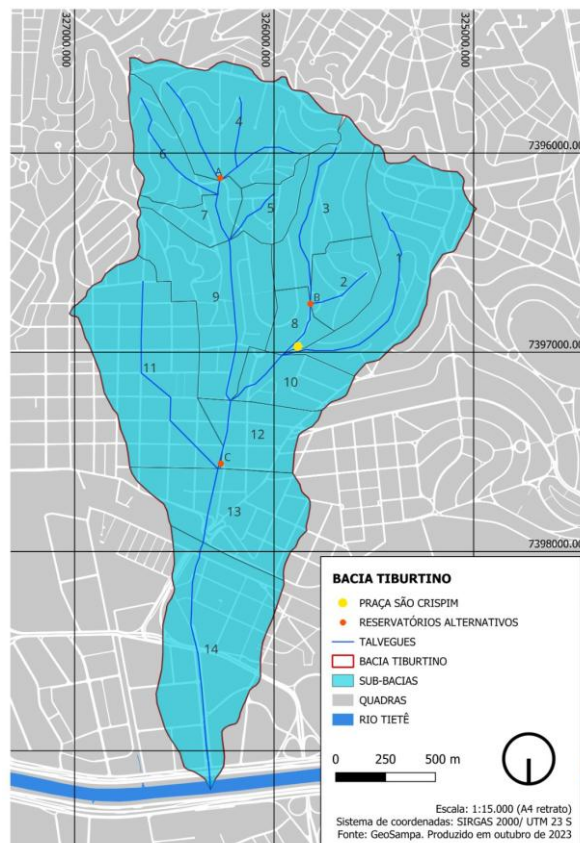
O resultado desse primeiro cálculo demonstrou que o reservatório proposto por FCTH e SIURB apresenta um amortecimento da ordem de 17.24% da vazão de pico (Figura 9), para os parâmetros que foram estipulados. Uma vez conhecidas as proporções e o desempenho desse sistema, foram propostos então três reservatórios alternativos (Figura 10), ambos com altura de cinco metros: A) mais à montante da bacia, na rotatória de encontro das ruas Paumari, Mota Pais, Jaricunas e Votupoca, com área 540 metros quadrados; B) intermediário, na altura da Escola Municipal de Ensino Integral Ricardo Gonçalves 720 metros quadrados; C) à jusante, no estacionamento ao lado da Praça Nicola Festa, com área de 1400 metros quadrados.

Figura 9 – Hidrograma de desempenho do reservatório proposto por FCTH e SIURB



Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Figura 10 – Proposta alternativa de reservatórios

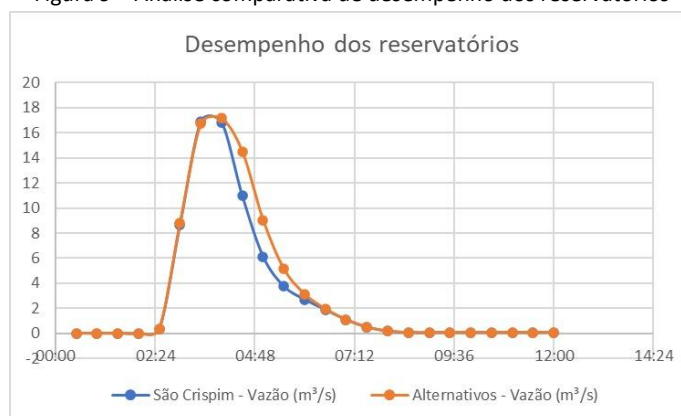


Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

A construção da topologia do sistema permitiu a coleta dos dados de saída e o desenho comparativo dos hidrograma para os dois cenários (Figura 9), demonstram quantitativamente uma equivalência entre as propostas. Comprova-se assim a hipótese que foi lançada, de que reservatórios de pequeno porte localizados abaixo do sistema viário são tão ou mais eficientes do que um único reservatório de proporções mais robustas com alto potencial de impacto ambiental, ainda mais se levado à cabo em uma área com vegetação nativa e que funciona como espaço de lazer e recreação.

Figura 9 – Análise comparativa de desempenho dos reservatórios



Fonte: elaborado pelos autores, 2023.

Esse resultado levanta uma questão principal, sobre quais são as áreas efetivamente disponíveis no tecido urbano para essas medidas compensatórias de drenagem, e sobre existência – ou não – da “real necessidade” de propor um sistema agregado em detrimento de outro, distribuído. De todo modo, a metodologia apresentada comprova que não é só possível, como também desejável, que a sociedade civil aprimore seu conhecimento técnico sobre hidrologia e drenagem urbana, a fim de reivindicar que as soluções propostas pelo poder público possam ser debatidas com o mínimo de embasamento e profundidade.

6. CONCLUSÕES

Esse estudo demonstrou a importância da apropriação do conhecimento técnico da hidrologia como ferramenta de governança participativa, uma vez que permitiu não só a análise da proposta realizada pelo poder público, como também o desenvolvimento de uma proposta alternativa. Atesta assim a relevância da metodologia desenvolvida pelos autores, constituindo um produto científico de inserção social que responde satisfatoriamente aos desafios impostos pela mudança climática e a agenda de desenvolvimento sustentável.

7. REFERÊNCIAS

AMÉRICO-PINHEIRO, Juliana Heloís Pinê, BENINI, Sandra Medina. **Bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações**. Tupã: ANAP, 2019.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CANIL, K.; LAMPIS, A.; SANTOS, K. L. D. (2020). **Vulnerabilidade e a construção social do risco: uma contribuição para o planejamento na macrometrópole paulista**. Cadernos Metrôpole, v. 22, n. 48, p. 397-416.

LIMA, R. P., SILVA, L. A. da. **Bacia hidrográfica como escala de planejamento e governança comunitária: o caso do córrego Tiburtino em São Paulo**. Scientific Journal ANAP, 1(6), 2023. Disponível em: <https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap/article/view/4245> Acesso em: 12 jun. 2024.

MERROW, S., NEWELL, J., STULTS, M. **Defining urban resilience: a review**. In: Landscape and Urban Planning 147: 38-49, doi: 10.1016/j.landurbplan.2015.11.011, 2016 Acesso em: 12 jun. 2024.

MOTA, E. (coord.) (2013). **Projeto Técnico: reservatórios de detenção**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, Programa Soluções para Cidades.

PINTO, N.; HOLTZ, A.; MARTINS, J.; GOMIDE, F. (1976). **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blücher.

SILVA, Luciano Abbamonte da, KOURY, Ana Paula. **Estruturação infra e intra-urbana: uma definição revisada (para o caso de São Paulo)**. Artigo apresentado oralmente e publicado nos Anais do XX ENANPUR, ISSN 1984-8781, 2023a. <https://anpur.org.br/wp-content/uploads/2023/05/st11-26.pdf> Acesso em: 12 jun. 2024.

SILVA, Luciano Abbamonte da, KOURY, Ana Paula. **A modelagem hidrológica como instrumental para a resiliência urbana: o caso da bacia do Ribeirão Lageado, São Paulo/ SP**. Artigo apresentado oralmente e publicado nos Anais do XXVII ENCAC, 2023b. DOI: <https://doi.org/10.46421/encac.v17i1.3735> Acesso em: 12 jun. 2024.

SILVA, Luciano Abbamonte da, KOURY, Ana Paula. **Propondo medidas compensatórias de drenagem à montante: o caso da bacia do Lageado, São Paulo/ SP**. Artigo apresentado oralmente e publicado nos Anais do XXV ABRHidro, 2023c. <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=14880> Acesso em: 12 jun. 2024.

TUCCI, Carlos E. M. Água no Meio Urbano. In: **Águas Doces no Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação**. p. 399-432, organizadores: REBOUÇAS, Aldo Cunha, BRAGA, Benedito e TUNDISI, José Galizia, 3ª edição. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.