

ANÁLISE SÓCIO-HIDROLÓGICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS NA CIDADE DE SÃO PAULO: UM DIRECIONAMENTO PARA POLÍTICAS DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO A INUNDAÇÕES

Gustavo Zindel da Cruz¹ ; Leonardo Rodrigues Penna² & João Rafael Bergamaschi Tercini³

RESUMO – Este trabalho analisou os impactos socioambientais de eventos de risco hidrológico, como enchentes, inundações e alagamentos no município de São Paulo, a partir de um levantamento de indicadores sociais, técnicos e hidrológicos. A expansão urbana acelerada e desigual promoveu a substituição de áreas naturais por superfícies impermeáveis, afetando o ciclo hidrológico e ampliando os riscos para comunidades vulneráveis. Para uma análise integrada, indicadores foram submetidos a uma Análise de Decisão com Múltiplos Critérios (ADMC), que contou com o auxílio de estudantes de Engenharia Ambiental e Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. A partir disso, identificaram-se as bacias hidrográficas mais críticas, propondo uma priorização para políticas públicas e a revisão dos Cadernos de Bacia Hidrográfica de São Paulo. Espera-se auxiliar um novo método de formulação desses documentos, visando maior integração social e olhar multidisciplinar no processo de mitigação.

Palavras-Chave – Risco hidrológico, Impactos socioambientais, Drenagem urbana.

ABSTRACT– This study analyzed the socio-environmental impacts of hydrological risk events, such as floods and waterlogging, in the city of São Paulo, based on social, technical, and hydrological indicators. Rapid and unequal urban expansion promoted the replacement of natural areas with impermeable surfaces, affecting the hydrological cycle and increasing risks for vulnerable communities. For an integrated analysis, indicators were subjected to a Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA), assisted by Environmental and Civil Engineering students from Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. From this, the most critical watersheds were identified, proposing prioritization for public policies and a review of São Paulo's Watershed Reports (Cadernos de Drenagem). It is expected to support a new method for proposing these documents, aiming for greater social integration and a multidisciplinary approach.

Key-words – Hydrological risk, Socio-environmental impacts, Urban drainage.

1) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, zindel@usp.br

2) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, leonardopenna2@gmail.com

3) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, tercini@usp.br

1. INTRODUÇÃO

Com a evolução da urbanização no município de São Paulo para suas franjas urbanas, iniciou-se um processo de impermeabilização do solo, priorizando a construção civil em detrimento da manutenção de formações naturais, conforme discutem Lima et al. (2023). Esse crescimento urbano ocorreu de maneira radial e historicamente desigual, refletindo-se na vulnerabilidade das comunidades a eventos de risco, como apontam Bógus e Pasternak (2003).

Em um cenário de mudanças climáticas, os episódios de enchentes, inundações e alagamentos são acentuados. A literatura técnica diferencia esses fenômenos: o alagamento é o acúmulo superficial devido à falha de drenagem; a enchente é o aumento temporário do nível da água dentro da calha; e a inundação é o transbordamento dessas águas para áreas marginais, conforme Goulart e Matsuoka (2021). Entender as diferenças de como esses eventos impactam socioambientalmente o território é necessário para propor políticas públicas específicas.

O objetivo deste trabalho é traçar o quadro atual de indicadores socioeconômicos, ambientais e hidrológicos para entender qual a melhor maneira integrá-los para servir como a priorização de bacias hidrográficas para políticas de mitigação de inundações. A partir disso, busca-se analisar quais bacias necessitam de ação pública focalizada e propor melhorias na atual gestão de projetos de drenagem urbana.

2. METODOLOGIA

A seleção dos indicadores baseou-se na disponibilidade e no formato espacial dos dados, predominantemente retirados do mapa digital da cidade de São Paulo (GEOSAMPA, 2025). Os indicadores foram divididos em dois grupos:

- Socioeconômicos: Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS), Densidade demográfica, Renda média, Loteamentos irregulares, Perda potencial de PIB e Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS).
- Ambientais e hidrológicos: Declividade, Mancha de inundação, Ocorrência de eventos hidrológicos (2013 a 2025), Áreas de Preservação Permanente (APP), Áreas de risco geológico/hidrológico e Fator de forma.

O Fator de forma (K) foi calculado pela relação entre a área da bacia (A) e o quadrado do comprimento do seu curso de água principal (L), conforme a Equação 1:

$$K = \frac{A}{L^2} \quad (1)$$

A metodologia principal adotada foi a Análise de Decisão com Múltiplos Critérios (ADMC), utilizando o método da Média Ponderada para Priorização (WAMP), com base em Fontane (2002). A revisão feita por Abdulrahman e Bwambale (2021) indica que a técnica de ADMC mais utilizada, devido à sua simplicidade, menor exigência de dados e à capacidade de gerar previsões robustas e confiáveis de zonas de risco de inundação. Azizi et al. (2025) estruturou ADMC com base em 20 critérios abrangendo perigos hidrometeorológicos, exposição e vulnerabilidade.

Para determinar os pesos dos indicadores, aplicou-se um formulário eletrônico respondido por 44 estudantes de Engenharia Ambiental e Civil da Universidade de São Paulo, no qual os critérios receberam notas de 1 a 5. Também se foi usado de um modelo padrão de controle, no qual todos critérios e indicadores possuíam o mesmo peso. Após o cruzamento geográfico (via software QGIS) e a ADMC, a bacia mais crítica foi alvo de uma análise documental de seus respectivos Cadernos de Bacia Hidrográfica (CBH).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise integrada do território exigiu a consolidação prévia dos indicadores socioeconômicos e ambientais/hidrológicos calculados para cada uma das nove bacias hidrográficas analisadas no município de São Paulo. A Tabela 1 apresenta a matriz de dados consolidados que serviu como base de entrada para a modelagem multicritério, permitindo diagnosticar a heterogeneidade e a sobreposição de vulnerabilidades físicas e sociais antes da etapa de ponderação de pesos.

Tabela 1 – Matriz consolidada de indicadores socioeconômicos, ambientais e hidrológicos por bacia hidrográfica no município de São Paulo.

Indicador	Rio Pinheiros	Rio Tietê (Oeste)	Rio Tietê (Leste)	Rio Cabuçu de Cima	Rio Tamandateí	Guarapiranga	Bilings	Rio Capivari	Rio Juqueri
IDH	0,864	0,836	0,742	0,805	0,779	0,723	0,728	0,680	0,760
IPVS	10,910	7,735	17,385	10,475	6,876	33,940	32,033	40,900	18,040
Densidade demográfica (hab/km²)	11041	9824	12725	9157	12710	8082	6108	457	7827
Renda média	0,885	0,869	0,759	0,862	0,842	0,711	0,718	0,660	0,734
Loteamentos irregulares (há/km²)	8,884	6,697	17,662	5,642	6,753	13,624	11,688	5,587	11,783
Perda potencial (mi R\$)	3285	1150	220	90	625	125	30	5	25
ZEIS (há/km²)	9,014	7,523	18,871	5,956	8,885	17,021	11,875	2,062	15,108
Declividade	Média	Alta	Média	Muito alta	Baixa	Alta	Média	Muito alta	Muito alta
Mancha de inundação (%)	4,953	4,940	8,278	2,861	5,399	0,292	0,261	0,010	0,858
Ocorrência de eventos (/km²)	11,950	11,965	34,921	7,397	14,513	4,986	3,151	0,579	6,34
Área de preservação (%)	13,0	15,8	16,8	20,8	11,9	28,1	32,6	47,5	23,0
Área de risco (%)	1,208	1,046	2,572	1,067	0,994	2,168	0,969	0,130	2,224
Fator de forma	0,626	0,266	0,266	0,242	0,370	0,327	0,253	0,421	0,215

Fonte: Dados extraídos e processados de GEOSAMPA (2025), Prefeitura de São Paulo (2025a) e Prefeitura de São Paulo (2025b).

A análise espacial dos indicadores (GEOSAMPA, 2025) revelou uma forte disparidade no território. Critérios como IDH (Figura 1) e Renda Média apresentaram os piores valores nas extremidades sul e leste da cidade, enquanto as melhores métricas se concentraram na região central. As regiões leste e sul também registaram altos índices de vulnerabilidade (IPVS), maiores densidades demográficas e concentração de loteamentos irregulares e ZEIS, apontando grande fragilidade habitacional.

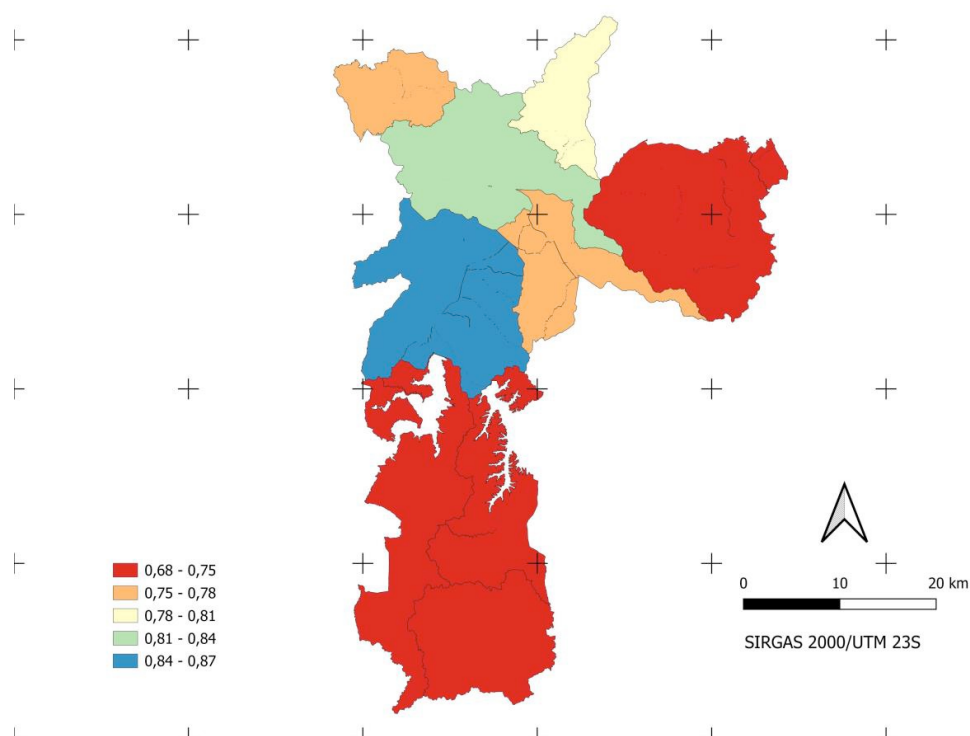


Figura 1 - Mapa de IDH por bacia hidrográfica do município de São Paulo. Elaboração própria (adaptado de Prefeitura de São Paulo, 2025a).

Nos indicadores hidrológicos, as manchas de inundação seguiram os cursos principais, sendo muito expressivas nas zonas leste, centro e sul. O histórico de ocorrências de eventos entre 2013 e 2025 (Figura 2) também acompanhou essa tendência, denotando alta concentração no leste e centro de São Paulo.

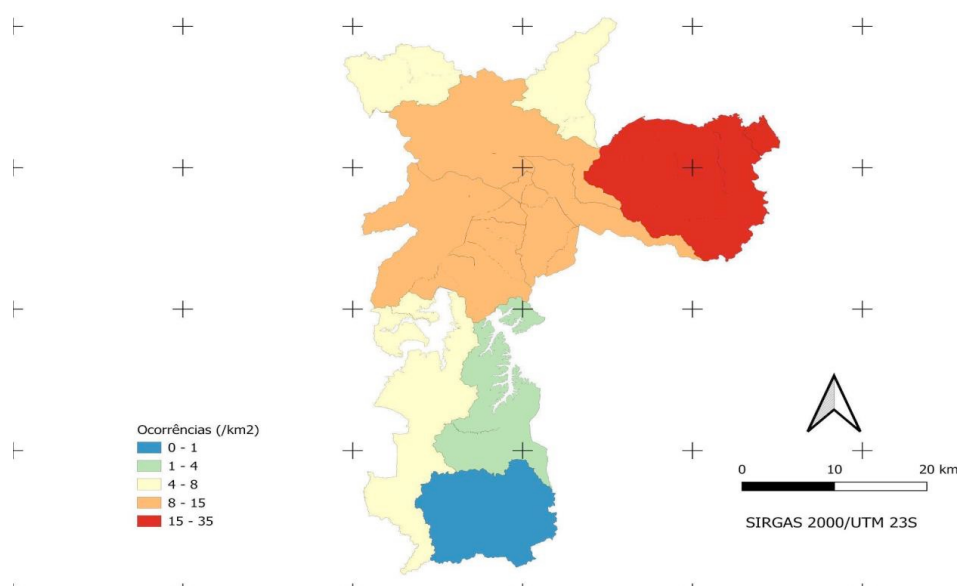


Figura 2 – Ocorrência de eventos hidrológicos por área nas bacias entre 2013-2025. Elaboração própria (adaptado de Prefeitura de São Paulo, 2025b).

A aplicação da ADMC visou priorizar a atuação em bacias específicas. Para determinar os pesos de cada indicador, realizou-se uma pesquisa com estudantes de Engenharia Ambiental e Civil. Os resultados da percepção dos estudantes quanto à importância dos critérios podem ser observados na Figura 3 e Figura 4 a seguir:

CRITÉRIOS SOCIOECONÔMICOS

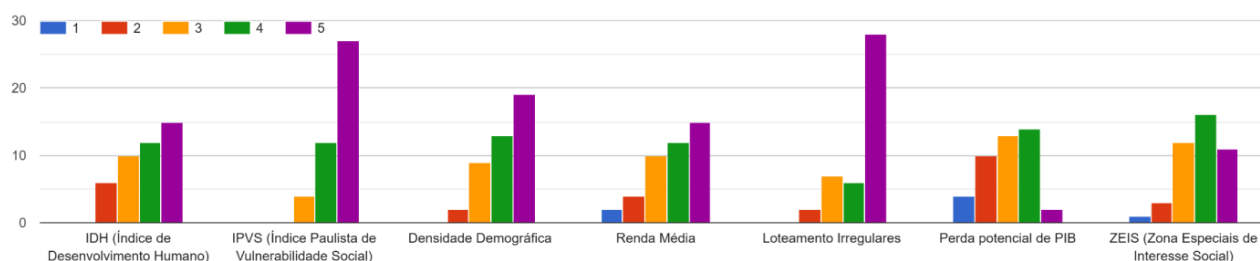


Figura 3 – Resultados da pesquisa em relação aos critérios socioeconômicos. Elaboração própria.

CRITÉRIOS AMBIENTAIS E HIDROLÓGICOS

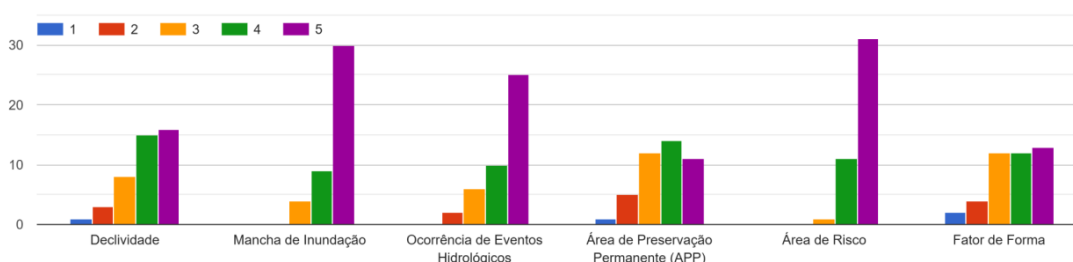


Figura 4 - Resultados da pesquisa em relação aos critérios ambientais e hidrológicos. Elaboração própria.

A partir dos pesos encontrados (onde os critérios ambientais tiveram um peso global de 0,516 e os socioeconômicos de 0,485), calculou-se a pontuação final de cada bacia. A Tabela 2 apresenta a classificação após a ADMC com pesos iguais para os critérios e indicadores, já a Tabela 3 indica a classificação após a ADMC com os pesos definidos pela pesquisa.

Tabela 2 – Resultados da ADMC com pesos equivalentes (Caso 1).

Bacia	Pontuação	Colocação
Rio Cabuçu de Cima	3,860	1
Rio Capivari	3,726	2
Rio Tietê (Oeste)	3,703	3
Rio Tamanduateí	3,686	4
Billings	3,495	5
Rio Pinheiros	3,249	6
Rio Juqueri	3,214	7
Guarapiranga	2,998	8
Rio Tietê (Leste)	2,274	9

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 – Resultados da ADMC pós pesquisa de critérios (Caso 2)

Bacia	Pontuação	Colocação
Rio Cabuçu de Cima	3,854	1
Rio Capivari	3,743	2
Rio Tietê (Oeste)	3,712	3
Rio Tamanduateí	3,697	4
Billings	3,485	5
Rio Pinheiros	3,319	6
Rio Juqueri	3,193	7
Guarapiranga	2,975	8
Rio Tietê (Leste)	2,182	9

Fonte: Elaboração própria

A baixa pontuação obtida pela bacia do Rio Tietê (Leste) (2,182) não é um dado isolado, mas o reflexo estatístico da sobreposição de precariedades descrita por Bógus e Pasternak (2003). Enquanto bacias com maior pontuação apresentam IDH elevado e infraestrutura consolidada, a porção Leste concentra o pior IPVS e a maior recorrência de eventos hidrológicos (Figuras 1 e 2). Essa convergência de “solo impermeável” (Lima et al., 2023) e “vulnerabilidade social” valida a hipótese de que o risco em São Paulo é indissociável da desigualdade socioespacial, algo que a ADMC conseguiu quantificar ao relegar esta bacia ao patamar mais baixo de qualidade socio-hidrológica.

A bacia do Rio Tietê (Leste) foi a mais crítica, obtendo os piores índices (pontuação 2,182) e exigindo prioridade nas políticas de mitigação. O levantamento documental dos Cadernos de Drenagem dessa região, incluindo as sub-bacias Aricanduva (FCTH, 2022a), Itaquera (FCTH, 2022b) e Tiquatira (FCTH, 2022c), entre outras, indicou uma estruturação focada em modelagem hidrológica e alternativas estruturais (reservatórios, canalizações, parques lineares e pôlderes).

Entretanto, as intervenções propostas carecem de aprofundamento nos impactos indiretos (positivos e negativos) e nas medidas de mitigação social, como reassentamentos e compensações. Parâmetros sociais figuram de forma descritiva e não são metodologicamente integrados à escolha das alternativas tecnológicas. O planejamento não incorpora plenamente métricas de governança participativa nem integra adequadamente outros planos urbanísticos (como o de Habitação) na decisão técnica.

4. CONCLUSÃO

O risco hidrológico em São Paulo é o resultado direto da impermeabilização do solo combinada a uma profunda desigualdade socioespacial. A análise revela que a vulnerabilidade urbana atinge seu nível mais crítico quando a precariedade habitacional se sobrepõe à recorrência de eventos extremos, cenário que se manifesta com maior intensidade na bacia do Rio Tietê (Leste).

Um achado do estudo é que a inclusão de pesos diferenciados, baseados na percepção dos grupos consultados, não alterou significativamente a hierarquia de priorização das bacias. Isso indica que a gravidade dos indicadores sociais e técnicos nessas áreas é tão predominante que a criticidade se mantém estável, independentemente da subjetividade na ponderação dos critérios.

Embora os atuais instrumentos de planejamento e os cadernos de bacia representem avanços técnicos significativos em termos de modelagem hidrológica e engenharia de recursos hídricos, sua lógica de priorização ainda permanece centrada em parâmetros físicos. Para aprimorar a gestão das águas urbanas, é fundamental que o processo de decisão incorpore indicadores socioambientais e metodologias de análise multicritério e se integre às políticas de habitação e desenvolvimento urbano.

REFERÊNCIAS

- ABDULRAHMAN, S., e BWAMBALE, J. (2021). A review on flood risk assessment using multicriteria decision making technique. *World Water Policy*, 7(2), 209–221. <https://doi.org/10.1002/wwp2.12058>
- AZIZI, E., MOSTAFAZADEH, R., HAZBAVI, Z., ESMALI-OURI, A., & MIRZAEI, S. (2025). Geospatial flood risk assessment: multi-criteria approach integrating hydro-climatic hazard, exposure, vulnerability. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 16(1). <https://doi.org/10.1080/19475705.2025.2551814>
- BÓGUS, Lucia Maria Machado; PASTERNAK, Suzana. A cidade dos extremos: desigualdade socioespacial em São Paulo. *Cidades - Comunidade e Território*, [s. l.], n. 3, p. 51-71, 2003. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/cct/article/view/9151>. Acesso em: 23 maio 2025.
- FONTANE, D. G. MCDA General Spreadsheet (Multi-Criteria Decision Analysis).xls. Fort Collins: Colorado State University, 2002.
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA. Caderno de bacia hidrográfica: bacia do córrego Aricanduva. 2. ed. São Paulo: FCTH/SIURB, 2022a. 278 p. ISBN 978-65-89429-06-7. Disponível em: https://drive.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/obras/cadernos_de_drenagem/CBH_2022_Aricanduva_ed2.pdf. Acesso em: 9 nov. 2025.
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA. Caderno de bacia hidrográfica: bacia do ribeirão Itaquera. São Paulo: FCTH/SIURB, 2022b. 258 p. ISBN 978-65-89429-05-0. Disponível em: https://drive.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/obras/cadernos_de_drenagem/CBH_2022_Itaquera.pdf. Acesso em: 9 nov. 2025.
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA. Caderno de bacia hidrográfica: bacia do córrego Tiquatira. São Paulo: FCTH/SIURB, 2022c. 252 p. ISBN 978-65-89429-08-1. Disponível em:

https://drive.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/obras/cadernos_de_drenagem/CBH_2022_Tiquatira.pdf. Acesso em: 9 nov. 2025.

GEOSAMPA, Mapa Digital da Cidade de São Paulo. Prefeitura de São Paulo, 2025. Disponível em: <https://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/>. Acesso em: 2 jun. 2025.

GOULART, Leticia Pena; MATSUOKA, Jaqueline Vicente. Análise das áreas suscetíveis à alagamentos e inundações na área urbana do município de Uberlândia – MG utilizando geoprocessamento e o método de análise hierárquica AHP. Revista GETEC, [s. l.], v. 10, n. 34, p. 21-44, 2021. Disponível em: <https://www.revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2566/1598>. Acesso em: 2 jun. 2025.

LIMA, G. N. de; FONSECA-SALAZAR, M.; CAMPO, J. Urban growth and loss of green spaces in the metropolitan areas of São Paulo and Mexico City: effects of land-cover changes on climate and water flow regulation. Urban Ecosystems, [s. l.], v. 26, p. 1739–1752, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-023-01394-0>.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Prefeitura. Coletânea de indicadores das subprefeituras: material de apoio para elaboração dos Planos de Ação das Subprefeituras. Versão 1.2. São Paulo: PMSP, jul. 2025a. Disponível em: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/wp-content/uploads/2025/07/Coletanea-de-indicadores-das-subprefeituras-versao-1.2.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2025.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Prefeitura. Observa Sampa. São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2025b. Disponível em: <https://observasampa.prefeitura.sp.gov.br/index.php>. Acesso em: 9 maio 2025.