

REVITALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS ATRAVÉS DA RESTAURAÇÃO DA VAZÃO ECOLÓGICA: UMA ESTRATÉGIA PARA REINTEGRAÇÃO DAS ÁGUAS À PAISAGEM

Juliana Caroline Alencar¹ & José Rodolfo Scarati Martins²

RESUMO – Grande parte das cidades densamente urbanizadas possui rios tamponados em galerias subterrâneas implantadas ao longo do processo de urbanização. Essa lógica de canalização e rápido afastamento das águas promoveu significativa desconexão entre os sistemas urbanos e naturais, reduzindo serviços ecossistêmicos e a resiliência urbana. Nesse contexto, o presente estudo analisa a restauração da vazão de base, ou vazão ecológica, como estratégia para revitalização de rios urbanos tamponados e reintegração da água à paisagem urbana. Foi realizada uma avaliação qualitativa comparando dois cenários de intervenção: a abertura integral da galeria subterrânea e a restauração da vazão de base através da implantação de um canal de menor porte associado à adoção de Soluções Baseadas na Natureza. Para isso, foi desenvolvida uma matriz comparativa considerando critérios ambientais, sociais e econômicos. Os resultados demonstraram que o cenário de restauração da vazão de base apresentou melhor desempenho global, com menores custos e maior potencial de geração de benefícios ambientais e sociais. A proposta mostrou potencial para promover aumento da resiliência urbana, recuperação de serviços ecossistêmicos, melhoria da qualidade de vida e reintegração da água ao ambiente urbano, configurando-se como alternativa mais compatível com a realidade de cidades densamente urbanizadas.

Palavras-Chave – Revitalização de rios; Manejo sustentável das águas urbanas; Soluções Baseadas na Natureza.

ABSTRACT– A large number of densely urbanized cities contain rivers confined within underground galleries implemented throughout the urbanization process. This logic of channelization and rapid water conveyance promoted a significant disconnection between urban and natural systems, reducing ecosystem services and urban resilience. In this context, the present study analyzes the restoration of baseflow, or ecological flow, as a strategy for the revitalization of buried urban rivers and the reintegration of water into the urban landscape. A qualitative assessment was conducted comparing two intervention scenarios: the complete opening of the underground gallery and the restoration of baseflow through the implementation of a smaller channel associated with the adoption of Nature-based Solutions. For this purpose, a comparative matrix was developed considering environmental, social, and economic criteria. The results demonstrated that the baseflow restoration scenario presented better overall performance, with lower costs and greater potential for generating environmental and social benefits. The proposal showed potential to promote increased urban resilience, recovery of ecosystem services, improvement of quality of life, and reintegration of water into the urban environment, configuring itself as an alternative more compatible with the reality of densely urbanized cities.

Key-words – River revitalization; Sustainable urban water management; Nature-based solutions.

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

2) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. scarati@usp.br

INTRODUÇÃO

Grande parte das cidades mais populosas e densamente urbanizadas do mundo possui uma relação complexa com seus rios. As águas foram ocultadas da paisagem em cidades onde a infraestrutura de saneamento não acompanhou o rápido processo de ocupação e urbanização, seguindo a lógica higienista (Tucci, 2001; Christofidis, Assumpção e Kligerman, 2020; Kourtus e Tsihrintzis, 2021) de rápida drenagem e afastamento das águas. Os leitos fluviais e as planícies de inundação foram substituídas por grandes avenidas e passaram a compor o sistema viário. São Paulo, por exemplo, no início de seu processo de ocupação, apresentava uma rica rede hidrográfica composta por inúmeros rios, ribeirões e córregos, muitos dos quais eram utilizados pelas populações originárias para transporte, subsistência e como elementos culturais. Com a consolidação do processo de urbanização iniciado no centro histórico, na confluência dos rios Tamanduateí e Tietê, ocorreu um contínuo processo de canalização de cursos d'água menores em galerias subterrâneas, retificação de cursos d'água maiores e implantação das conhecidas avenidas de fundo de vale (Lima, 2015; Gouveia, 2016).

As águas ocultadas em galerias subterrâneas, juntamente com a supressão de outros elementos naturais e a adoção predominante de infraestruturas estritamente cinzas na paisagem, resultaram em uma significativa desconexão entre o ser humano e a natureza. Esse processo alimenta um ciclo vicioso que reduz a resiliência dos sistemas urbanos, ignora importantes serviços ecossistêmicos e compromete a qualidade de vida da população. Rios urbanos saudáveis fornecem uma ampla gama de serviços ecossistêmicos essenciais para a vida urbana, regulam processos climáticos, sustentam a biodiversidade, ao servirem como habitat para diversas espécies aquáticas e terrestres, e contribuem para o controle térmico, reduzindo os efeitos das ilhas de calor. Além disso, oferecem benefícios culturais e recreativos, como espaços de lazer, interação social e valorização estética, promovendo o bem-estar urbano. Ao integrar esses serviços ecossistêmicos ao planejamento urbano, rios saudáveis desempenham papel fundamental na promoção da resiliência e na construção de uma convivência mais harmoniosa entre os ambientes urbanos e os sistemas naturais (Bennett, Peterson e Gordon, 2009; Kremen, 2020; Tan et al., 2020; Petsch et al., 2023).

Muito se discute sobre a importância da revitalização de rios urbanos como estratégia para aumentar a resiliência urbana, no entanto, em cidades densamente ocupadas, esse objetivo apresenta significativos desafios sociais e econômicos, exigindo novas estratégias capazes de viabilizar a integração da água, da flora e da fauna à paisagem urbana. As Soluções Baseadas na Natureza (SBN) surgem como uma abordagem promissora para enfrentar esses desafios. Elas buscam a replicação de

processos naturais, promovendo o aumento da resiliência urbana, a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e o fortalecimento da biodiversidade. Além disso, as SBN proporcionam benefícios socioeconômicos, como a melhoria da qualidade de vida através da criação de espaços recreativos para as comunidades (IUCN, 2013; Sowińska-Świerkosz & García, 2022).

Diante deste contexto, o presente artigo apresenta uma análise sobre os desafios e potencialidades da revitalização de rios urbanos ocultos pela urbanização consolidada, discutindo a restauração da vazão de base, ou vazão ecológica, como estratégia voltada à reintegração da água à paisagem urbana. O estudo aborda os impactos decorrentes da canalização e tamponamento de cursos d'água, bem como as limitações associadas à abertura integral de galerias subterrâneas em áreas densamente urbanizadas, conforme será apresentado a seguir.

RESTAURAÇÃO DA VAZÃO DE BASE EM BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS

Devido ao aumento das vazões de pico em bacias hidrográficas densamente urbanizadas, resultante da excessiva impermeabilização do solo, os cursos d'água passaram a ser confinados em grandes canais subterrâneos que funcionam em termos práticos como extensos reservatórios lineares, dimensionados para conduzir a vazão correspondente a um determinado Período de retorno, de forma a garantir a segurança hidrológica da bacia hidrográfica. A Figura 1 ilustra esquematicamente o processo de conversão de paisagens fluviais naturais em Avenidas com grandes galerias subterrâneas.

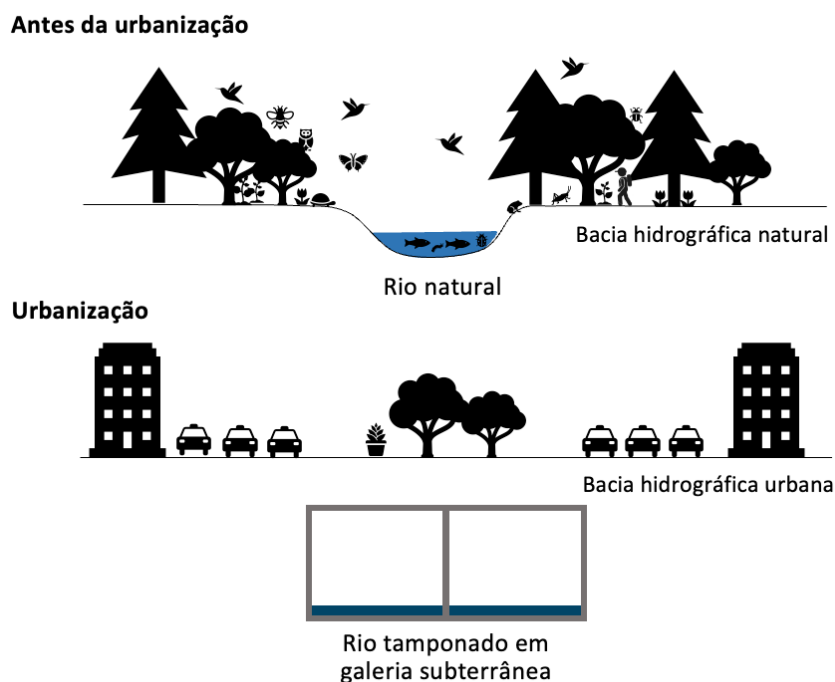


Figura 2 – Conversão de paisagens fluviais em avenidas com grandes galerias subterrâneas. Fonte: Autoral.

Dessa forma, esses canais passaram a ocupar seções hidráulicas significativamente maiores em comparação às existentes no período pré-urbanização. A abertura dessas grandes galerias subterrâneas que atualmente abrigam os antigos rios naturais exigiria profundas transformações no tecido urbano, envolvendo extensos processos de desapropriação e, conseqüentemente, elevados custos econômicos e sociais. Além disso, é importante destacar o impacto ambiental associado às demolições e à movimentação de solo decorrentes dessas intervenções. A Figura 2 ilustra esse processo e apresenta uma imagem da paisagem resultante da urbanização do fundo de vale do Ribeirão Itororó, hoje sob a Avenida 23 de maio, em São Paulo.



Figura 2 – Ribeirão Itororó sob a Avenida 23 de maio - São Paulo - SP. Fonte: Autoral a partir de Google Earth.

Dessa forma, uma alternativa que apresenta melhor relação custo-benefício sob os aspectos econômicos, sociais e ambientais seria a revitalização desses rios urbanos através da restauração de sua vazão de base. Isso significa reintroduzir à paisagem uma seção hidráulica equivalente à vazão ecológica do curso d'água natural. As fontes de abastecimento do canal revitalizado seriam nascentes naturais e águas pluviais tratadas, enquanto a primeira parcela do escoamento superficial, contendo elevadas cargas de poluentes, seria condicionada por dispositivos de Soluções Baseadas na Natureza distribuídos ao longo das microbacias contribuintes. A Figura 3 ilustra o cenário proposto de revitalização através da restauração da vazão de base.

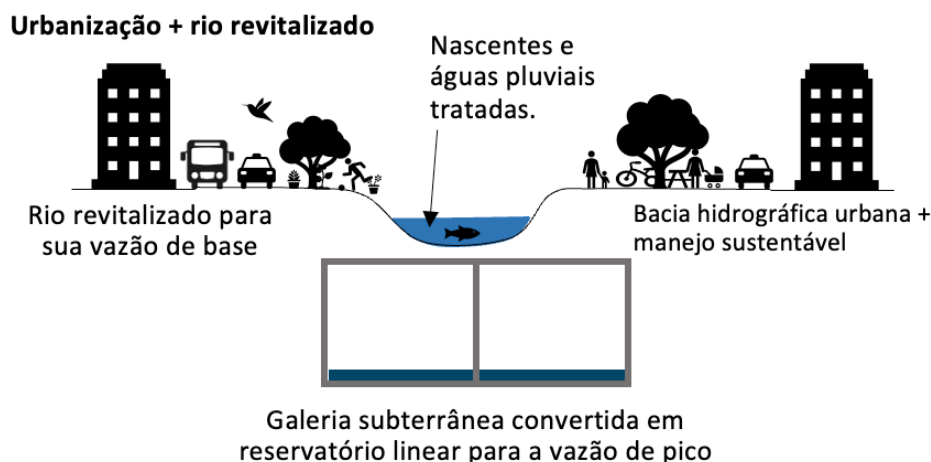


Figura 3 – Revitalização do rio urbano através da restauração da vazão de base. Fonte: Autoral.

Na ciência hidrológica e ambiental, a vazão de base ou vazão ecológica refere-se à quantidade e regime de escoamento necessários para sustentar os ecossistemas aquáticos e as espécies que deles dependem, bem como garantir os serviços ecossistêmicos associados. Essa vazão é calculada de forma a reproduzir, o mais próximo possível, as condições naturais do curso d'água, assegurando a conservação da biodiversidade e o equilíbrio ecológico. Um método de cálculo comumente utilizado estima uma vazão com recorrência entre 90% e 95% do tempo (Brutsaert, 2023). Neste estudo, foi realizada uma análise qualitativa de uma proposta de revitalização de rios tamponados através da restauração da vazão de base, conforme será apresentado a seguir.

METODOLOGIA

Neste estudo, foi realizada uma avaliação qualitativa de uma intervenção hipotética de revitalização de um curso d'água confinado em galeria subterrânea em um contexto de urbanização densa. Para isso, foi desenvolvida uma matriz comparativa entre um cenário de abertura integral da galeria subterrânea e um cenário de restauração da vazão de base, cujos resultados são apresentados a seguir.

RESULTADOS

A matriz compara dois cenários de intervenção para rios urbanos ocultos: a restauração da vazão de base e a abertura completa da galeria subterrânea, avaliando seus impactos com base em critérios ambientais, sociais e econômicos, como movimentação de terra, geração de resíduos, emissões, custo financeiro, enriquecimento ambiental e imobiliário, impacto no sistema viário, áreas de lazer,

qualidade de vida e integração da água à paisagem. Foi utilizada uma escala de -5 (impacto altamente negativo) a +5 (impacto altamente positivo) para pontuar cada critério, sendo os resultados somados para determinação do impacto global de cada cenário. A Figura 4 mostra os resultados obtidos.

	Restauração do fluxo ecológico	Abertura da galeria subterrânea
Movimentação de terra	-2	-5
Geração de resíduos	-1	-5
Emissão de ruído	-1	-5
Emissão de gases	-1	-5
Custo financeiro	-1	-5
Enriquecimento ambiental	5	3
Enriquecimento imobiliário	5	5
Impacto no sistema viário	-1	-5
Enriquecimento de áreas de lazer	5	5
Qualidade de vida	5	5
Integração da água	5	3
Total	18	9

1 (baixo impacto) a 5 (alto impacto) / - se impacto negativo e + se impacto positivo

Figura 4 – Restauração da vazão de base x Abertura completa da galeria subterrânea. Fonte: Autoral.

A restauração da vazão de base, com pontuação total de 18, mostrou-se mais vantajosa, apresentando menores custos e benefícios ambientais e sociais significativos, enquanto a abertura da galeria subterrânea obteve 9 pontos, apresentando aspectos negativos mais expressivos, como elevados custos e maior geração de resíduos e emissões.

CONCLUSÕES

Conforme observado, a restauração da vazão de base, ou vazão ecológica, mostrou-se uma alternativa interessante e viável em curto prazo para cenários urbanos onde os cursos d'água foram ocultados. A abertura de um canal de menor porte, quando comparado à galeria dimensionada para as vazões de pico resultantes da urbanização e impermeabilização do solo, apresenta relativa facilidade de implantação e oferece importantes benefícios ambientais e sociais. Essa solução

reintroduz elementos naturais à paisagem através da adoção de diferentes Soluções Baseadas na Natureza, promovendo o aumento da resiliência urbana, a ampliação dos serviços ecossistêmicos e a melhoria da qualidade de vida da população.

Além dos benefícios relacionados à integração da água ao ambiente urbano, a restauração da vazão de base pode contribuir para a recuperação da biodiversidade local, melhoria do microclima urbano, redução dos efeitos de ilhas de calor e criação de novos espaços públicos voltados ao lazer, recreação e convivência social. A reintrodução visível da água na paisagem também possui importante papel simbólico e educativo, auxiliando na reconstrução da relação entre sociedade e natureza em cidades historicamente marcadas pela canalização e ocultação de seus rios, podendo se representar como uma abordagem mais compatível com a realidade de cidades densamente urbanizadas, onde intervenções de abertura integral de galerias subterrâneas frequentemente esbarram em limitações econômicas, sociais e operacionais. Nesse sentido, a proposta apresenta potencial para atuação gradual e adaptativa, permitindo a implementação de intervenções em diferentes escalas e contextos urbanos.

Entretanto, a adoção dessa abordagem demanda planejamento integrado entre diferentes setores da gestão urbana, envolvendo sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, manejo de resíduos sólidos, mobilidade e manutenção urbana. Também se faz necessária a implementação de políticas públicas voltadas à proteção das áreas restauradas e à incorporação das Soluções Baseadas na Natureza nos instrumentos de planejamento territorial e adaptação climática.

Por fim, o estudo reforça a importância da construção de novos paradigmas para o manejo das águas urbanas, superando a lógica exclusivamente higienista e de rápido afastamento das águas que historicamente orientou a urbanização de diversas cidades. A restauração da vazão de base demonstra potencial para atuar como estratégia de reconexão entre os sistemas naturais e urbanos, contribuindo para cidades mais resilientes, sustentáveis e ambientalmente integradas frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas e pela urbanização contemporânea.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

Bennett, E.M., Peterson, G.D. and Gordon, L.J., 2009. Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology letters*, 12(12), pp.1394-1404.

Brutsaert, W., 2023. *Hydrology*. Cambridge university press.

Christofidis, D., Assumpção, R.D.S.F.V. and Kligerman, D.C., 2020. The historical evolution of urban drainage: from traditional drainage to harmony with nature. *Saúde em Debate*, 43, pp.94-108.

IUCN. (2013). Nature-based Solutions: A Global Synthesis. Gland, Switzerland: IUCN.

Kourtis, I.M. and Tsihrintzis, V.A., 2021. Adaptation of urban drainage networks to climate change: A review. *Science of the Total Environment*, 771, p.145431.

Kremen, C., 2020. Ecological intensification and diversification approaches to maintain biodiversity, ecosystem services and food production in a changing world. *Emerging Topics in Life Sciences*, 4(2), pp.229-240.

Sowińska-Świerkosz, B., & García, J. (2022). What are Nature-based solutions (NBS)? Setting core ideas for concept clarification. *Nature-Based Solutions*, 2, p. 100009.

Petsch, D.K., Cionek, V.D.M., Thomaz, S.M. and Dos Santos, N.C.L., 2023. Ecosystem services provided by river-floodplain ecosystems. *Hydrobiologia*, 850(12), pp.2563-2584.

Tan, P.Y., Zhang, J., Masoudi, M., Alemu, J.B., Edwards, P.J., Grêt-Regamey, A., Richards, D.R., Saunders, J., Song, X.P. and Wong, L.W., 2020. A conceptual framework to untangle the concept of urban ecosystem services. *Landscape and urban planning*, 200, p.103837.

Tucci, C.E., 2001. Urban drainage issues in developing countries. *Urban Drainage in Humid Tropics*, 40, pp.23-40.