

# **PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO URBANO DE CIDADE ESPONJA: UTILIZANDO A BIOMIMÉTICA COMO FONTE**

**URBAN PLANNING AND DEVELOPMENT OF A SPONGE CITY:  
UTILIZING BIOMIMICRY AS A SOURCE**

# PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO URBANO DE CIDADE ESPONJA: UTILIZANDO A BIOMIMÉTICA COMO FONTE

## URBAN PLANNING AND DEVELOPMENT OF A SPONGE CITY: UTILIZING BIOMIMICRY AS A SOURCE

Roque Antônio Moura<sup>1</sup> • Marcello Pereira Benevides<sup>2</sup>  
Márcia Regina de Oliveira<sup>3</sup> • Lourival da Silva Galvão Júnior<sup>4</sup>

Data de recebimento: 05/09/2025

Data de aceite: 08/12/2025

<sup>1</sup> Doutor em Engenharia Biomédica pela Universidade de Mogi das Cruzes (UMC) e Mestre em Engenharia Mecânica em Projetos pela Universidade de Taubaté (UNITAU). Professor da Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos e Pesquisador na área da Neurociência e Ergonomia.

**E-mail:** roque.moura@fatec.sp.gov.br

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Mecânica na área de Gestão da Produção pela Universidade de Taubaté (UNITAU). Professor titular de pós-graduação na Faculdade Senai de Taubaté/SP.

**E-mail:** marcello.benevides@sp.senai.br

<sup>3</sup> Doutora em Planejamento Urbano e Regional, Mestre em Gestão e Desenvolvimento Regional e em Gestão de Recursos Humanos em Educação a Distância. Professora das disciplinas Gestão Estratégica de Pessoas e Talentos na UNITAU.

**E-mail:** moliveira@univap.br

<sup>4</sup> Doutor em Ciências da Comunicação pela Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo e Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa, Portugal. Mestrado em Linguística Aplicada e Graduação em Jornalismo pela Universidade de Taubaté. Professor Assistente no Departamento de Comunicação Social da UNITAU. **E-mail:** galvao.junior@unitau.br

## RESUMO

O planejamento e desenvolvimento urbano de Cidades Esponja representa uma mudança de paradigma da infraestrutura hídrica urbana tradicional, a chamada urbanização cinza, para uma abordagem biomimética, que utiliza o ecossistema natural como modelo para a gestão da água em busca de uma urbanização verde, ou seja, a replicação das funções hidrológicas de paisagens não perturbadas, onde a precipitação é interceptada, infiltrada, filtrada e liberada lentamente no ciclo hídrico. O objetivo desta pesquisa é divulgar como a biomimética inspira o projeto de sistemas de infraestrutura verde e desenvolvimento de baixo impacto adotando-se pavimentos permeáveis, telhados verdes e jardins de chuva, que atuam como células de esponja. A metodologia contou com pesquisa bibliográfica e literaturas técnicas que tratam das grandes mudanças que estão ocorrendo na forma de adaptar, planejar e criar novos centros urbanos usando a tecnologia e a biomimética onde humanos, tecnologia e a natureza trabalham para um ecossistema mais resiliente. O resultado é o aumento da resiliência hídrica urbana com a minimização dos riscos de inundações e catástrofes naturais estabelecendo um metabolismo urbano que coevolui sinergicamente com os processos naturais imitando a natureza. Conclui-se que as células de esponja de forma descentralizada maximizam a retenção e detenção da água pluvial aumentando a resiliência hídrica urbana.

**Palavras-chave:** Autossustentabilidade. Biomimética. Cidade esponja. Planejamento urbano resiliente.

## ABSTRACT

The urban planning and development of Sponge Cities represents a paradigm shift from traditional urban water infrastructure, the so-called gray urbanization, to a biomimetic approach that uses the natural ecosystem as a model for water management in pursuit of green urbanization, that is, the replication of the hydrological functions of undisturbed landscapes, where precipitation is intercepted, infiltrated, filtered, and slowly released into the water cycle. The objective of this research is to demonstrate how biomimicry inspires the design of green infrastructure systems and low-impact development by adopting permeable pavements, green roofs, and rain gardens, which act as sponge cells. The methodology included bibliographic research and technical literature addressing the major changes occurring in the way we adapt, plan, and create new urban centers using technology and biomimicry, where humans, technology, and nature work together for a more resilient ecosystem. The result is increased urban water resilience with the minimization of flood and natural disaster risks, establishing an urban metabolism that synergistically co-evolves with natural processes, mimicking nature. It is concluded that decentralized sponge cells maximize the retention and detention of rainwater, increasing urban water resilience.

**Keywords:** Self-sustainability. Biomimicry. Sponge city. Resilient urban planning.

## INTRODUÇÃO

A biomimética na criação de projetos, produção de materiais, estruturas e planejamento de cidades esponja modeladas a partir da observação de ecossistemas biológicos imitando a natureza torna-se relevante pela praticidade inovador para a sustentabilidade urbana e a adaptação climática. O padrão de cidade esponja possibilita que o ecossistema urbano seja apto em absorver, armazenar, infiltrar e reutilizar a água da chuva simulando a natureza (Xiong *et al.*, 2019; Baek *et al.*, 2015).

A urbanização marcada pela rápida expansão periférica e pela pavimentação extensiva, consolida-se como um modelo de desenvolvimento urbano que intensifica o escoamento superficial, sobrecarrega sistemas de drenagem e amplia o risco de enchentes, os chamados *hotspots* de vulnerabilidade climática, evidenciada por episódios como enchentes extremas em regiões metropolitanas densamente ocupadas e ocasionadas pelas mudanças demográficas (Toosi; Torpey, 2017; Casal-Campos *et al.*, 2015).

Neste cenário, a busca por modelos de planejamento urbano capazes de restituir funções ecológicas às paisagens urbanizadas, surge o tema conceitual das Cidade-Esponja (*Sponge City*) proposto por Kongjian (2021), cuja abordagem integra infraestrutura verde e azul à estrutura urbana para restaurar ciclos hidrológicos (NGB, 2024), reduzir picos de cheias e aumentar a capacidade adaptativa dos centros urbanos conforme ilustra Figura 1.

**Figura 1** | Parque Minghu/Turenscape padrão verde e azul.



Fonte: Kongjian (2021).

## REVISÃO DA LITERATURA

Segundo Nobre (2024) e Guan *et al.* (2018), o sistema de cidade esponja propõe a integração entre processos ecológicos e infraestrutura urbana por meio de três mecanismos fundamentais, a absorção, a retenção e reutilização da água para contrapor as obras cinzas tradicionais, que visam apenas conduzir rapidamente a água para fora da cidade, o paradigma esponja (Zhang; Li, 2023) busca restaurar a relação entre ambiente construído e paisagem natural (Oliveira *et al.*, 2025) por meio dos princípios mostrados no Quadro 1.

**Quadro 1 | Funções tradicionais do departamento de Recursos Humanos**

Princípio esponja	Atribuição e finalidade
Paisagem urbana verde	Reconectar rios à paisagem urbana, por meio de renaturalização e corredores ecológicos.
Escoamento hídrico natural	Potencializar a redução de impermeabilização (camada asfáltica) para incentivar a infiltração natural local.
Avaliação contínua do desempenho	Diagnosticar e analisar comportamentos assertivos e alinhados as expectativas planejadas, caso contrário reajustar as metas.
Infraestrutura	Uso multifuncional de infraestruturas, integrando lazer, segurança hídrica e biodiversidade.
Gestão Ambiental	Avaliar situação de riscos, gestão descentralizada da água, distribuída em múltiplas escalas intraurbanas.
Cultura neuroecológica	Criar programas e estimular a neuroecologia para evitar descartes irregulares e uso demasiado dos recursos naturais.
Centralização de ambientes coletivos	Zelar por ambiente saudável e comunicativo com coletas seletivas, baixa redução da pegada de carbono e participação coletiva.

Fonte: Adaptado de Kongjian (2021).

A China adotou em 2014 um programa nacional de Cidades-Esponja possibilitando que 70% da água pluvial fosse absorvida e reutilizada em áreas urbanas. Em Wuhan, China, após tragédias consecutivas, os chamados canais renaturalizados geraram redução significativa dos prejuízos financeiros associados as enchentes e valorização imobiliária em áreas adjacentes (Kuwahara *et al.*, 2025; Liu *et al.*, 2021).

Rotterdam tornou-se referência ao adotar o conceito de cidade esponja criando reservatórios subterrâneos, praças inundáveis e soluções arquitetônicas resilientes com retorno financeiro para cada dólar investido e aumento de produtividade urbana (Benevides *et al.*, 2025; Nobre, 2024).

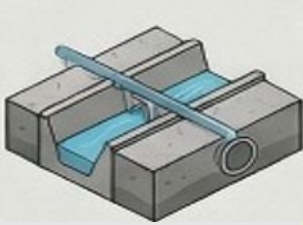

Segundo Kuwahara *et al.* (2025) no Brasil, a adoção do modelo de cidade esponja foi uma resposta necessária à intensificação da crise climática e às limitações das infraestruturas tradicionais. O novo marco regulatório da agência nacional das águas estabeleceu um ambiente institucional capaz de induzir mudanças profundas, possibilitando que municípios adotem soluções ecológicas, economicamente viáveis e integradas ao planejamento regional (ANA, 2025).

Para consolidar essa transição foi essencial fortalecer capacidades técnicas municipais e regionais ampliando fontes de financiamento e mecanismos tarifários modernos que incorporassem a lógica esponja aos instrumentos de planejamento territorial e assim priorizar justiça socioambiental (, assegurando que áreas vulneráveis recebam os primeiros investimentos para que a cidade esponja não represente apenas uma alternativa técnica, mas um novo modelo de cidade para o século XXI, orientado por resiliência,



sustentabilidade e eficiência econômica (Ferentz; Mello, 2020; Favero *et al.*, 2024). O Quadro 2 mostra um comparativo entre infraestrutura cinza e verde (cidade esponja).

**Quadro 2 | Comparação entre Infraestrutura Cinza e Infraestrutura Verde**

Infraestruturas	Cinza (Tradicional)	Verde (Cidade Esponja)
Objetivo	Rápido escoamento e afastamento das águas	Retenção, infiltração e reuso das águas
Solução	Canais e galerias de concreto	Parques alagáveis, telhados verdes, pavimentos permeáveis
Benefícios	Objetivo é drenar rapidamente	Controle de enchentes, melhora do microclima e qualidade do ar
Ilustração		

**Fonte:** Elaborado pelos Autores (2025).

Quando Kongjian criou o conceito de Cidade-Esponja a grande mudança cultural foi lutar contra os processos naturais com megaestruturas de concreto a substituindo por projetos harmoniosos que identificassem e protegessem primeiro as áreas dos rios e planícies aluviais, deixando o desenvolvimento urbano para as áreas restantes, em vez de fazer o contrário (Qiao, 2023. Goulart *et al.*, 2024).

A engenharia urbana tradicional embasada na infraestrutura cinza com canais, galerias e tubulações projetadas para remover a água da chuva o mais rápido possível, deveria dar lugar a infraestrutura verde e azul, ou seja, telhados verdes, pavimentos que deixam a água passar, parques alagáveis e jardins de chuva que capturam, armazenam e purificam a água onde ela cai e quebrando o paradigma de que a chuva não é um problema a ser eliminado por galerias pluviais mas que poderia ser tratado como recurso hídrico estratégico (Tavakol-Davani *et al.*, 2016).

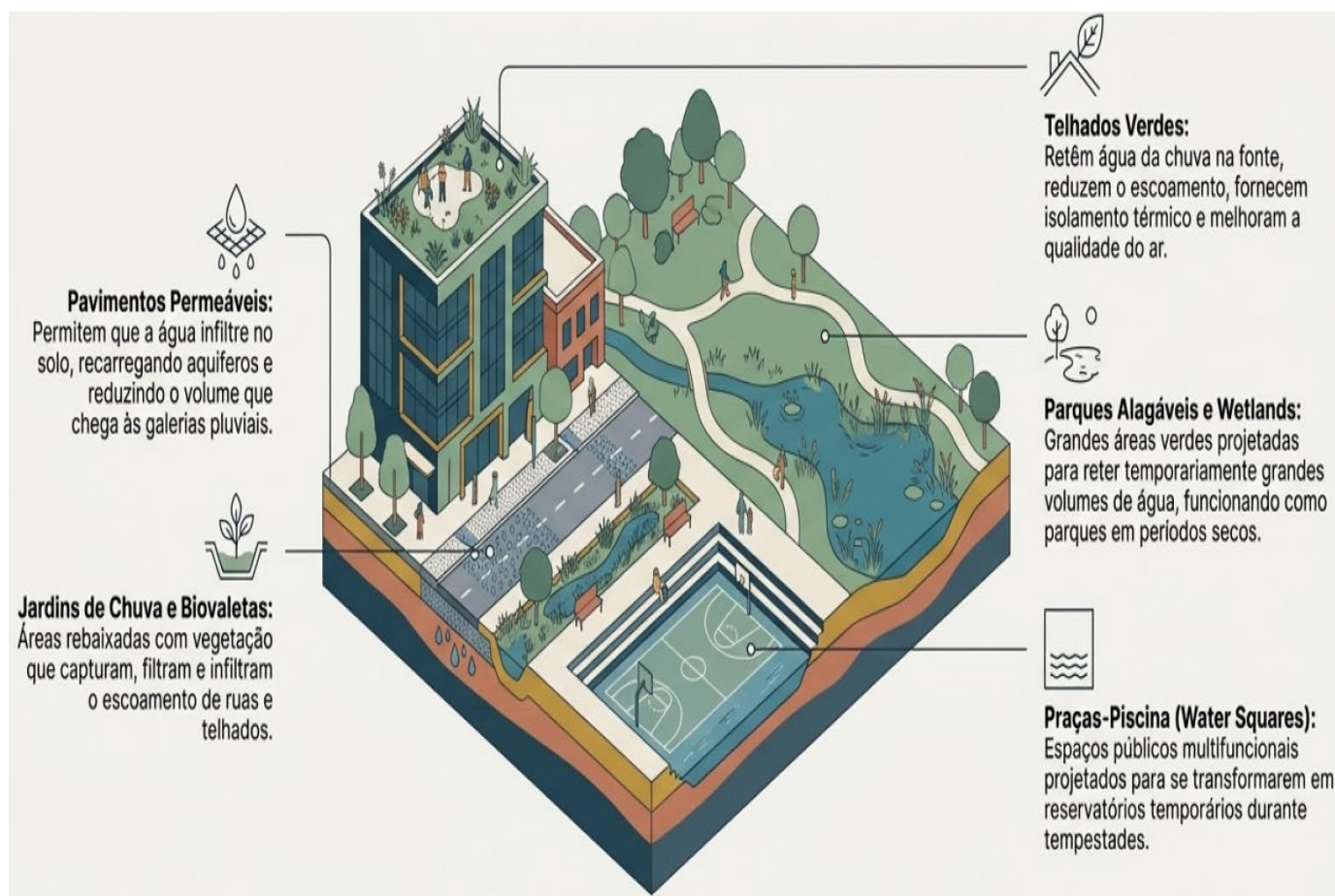
Nesse sentido as autoridades locais têm uma responsabilidade de responderem imediatamente quando solicitados em situações de enchentes (Chui *et al.*, 2016; De Moura *et al.*, 2025). Altos volumes de água respondem por mais das 50% das catástrofes nos centros urbanos e geralmente agravadas pela falta de permeabilização e sistemas que drenem corretamente (Londe *et al.*, 2014) e dessa forma afetam negativamente as bacias hidrográficas.

Adaptar-se ou não as ações cidade-esponja é prever como se responde às situações de desastres e vitimização por falta de acesso, isolamento e segurança (Ferentz; Mello, 2020). As cidades cinzas enfrentam desafios a cada evento climático extremo (Fernandes *et al.*, 2025).

O padrão de sistema de cidade esponja oferece uma gestão sustentável para lidar com altos volumes de águas pluviais (Nobre, 2024).

As autoridades locais devem investir em estratégias de comunicação e educação pública, promovendo a divulgação das cidades esponjas (Qiao, 2023) como um sistema conforme ilustra a Figura 2.

**Figura 2 |** Infraestrutura e recursos de um sistema de cidade esponja.

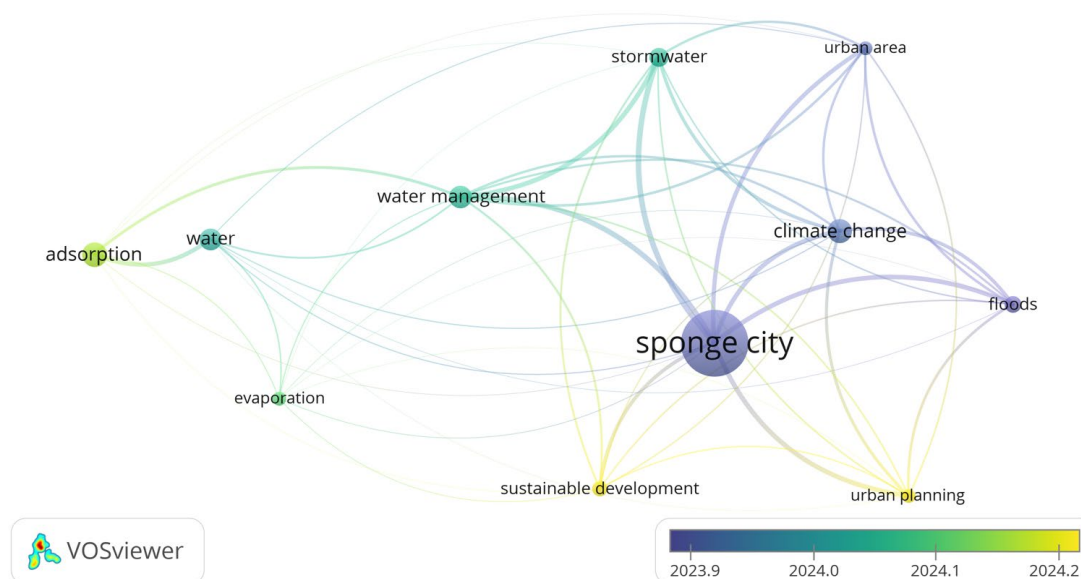


Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

## METODOLOGIA

A metodologia adotada focou em uma pesquisa bibliográfica e publicações técnicas alusivas as grandes mudanças que estão ocorrendo na forma de planejar novos centros urbanos. A base de pesquisa foi a plataforma *Scopus* conforme ilustrada na Figura 2, sendo que cada cor indica data de publicação e que a partir de 2023 passou a ser uma preocupação global. As palavras-chave foram [*“sponge city”*; *“climate change”*; *urban planning*; *“water absorption”*; *“floods”*].

**Figura 2 |** Rede correlação e palavras-chave no seu ano de publicação



**Fonte:** Elaborado pelos Autores (2025).

O mapa de redes de palavras-chave gerado por uma análise bibliométrica ilustra a importância e a correlação do tema “cidade esponja” como tema principal e conceitos importantes (como enchente e inundações (*floods*), *tempestade* (*stormwater*), *planejamento urbano* (*urban planning*) e *mudança climática* (*climate change*) que integram diversas áreas de pesquisa e aplicação práticas. A cor em amarelo indica a tendência temporal do tema na literatura, ou seja, pesquisas e estudos se intensificaram a partir do ano de 2024, conforme a escala de cores na parte inferior do mapa bibliográfico.

A pesquisa encontrou que há correlação que sugere que a implementação do conceito de cidade esponja não é vista apenas como uma solução para inundações (*floods*) e gestão de águas pluviais (*stormwater*) mas é cada vez mais enquadrada como uma estratégia essencial para alcançar o desenvolvimento urbano sustentável (econômico, social e ambiental) e a resiliência climática (*climate change*), que também possui uma ligação forte.



RESULTADOS E DISCUSSÕES

I - SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA

As Soluções baseadas na Natureza (SbN) são ações que protegem, gerenciam de forma sustentável e restauram ecossistemas naturais para beneficiar as pessoas (Admiraal; Cornaro, 2019) e a biodiversidade conforme comparativo mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 | Comparação entre Infraestrutura Cinza e Infraestrutura Verde

Comparativo entre infraestruturas	Cinza (concreto)	Verde (cidade esponja)
Custo Inicial da manutenção e construção	Alto	Moderado
Serviço ao ecossistêmicos de reuso	Nenhum	Múltiplos
Adaptação climática e resiliência	Limitada	Ilimitada
Macroescala: Proteção das bacias e rios	Sem controle	Controlável
Mesoescala: Parques inundáveis e ruas	Sem controle	Controlável
Microescala: Pavimentos e solos	Impermeáveis	Permeável

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

A análise da substituição parcial da infraestrutura cinza por soluções verdes reduz picos de cheia, amplia a recarga de aquíferos e melhora microclimas urbanos. Quando os SbN substituem ou complementam obras tradicionais pode haver maior controle (Zanon *et al.*, 2025), flexibilidade e melhor qualidade de vida com drenagem, infiltração e reuso dos recursos hídricos (Figura 3).

Figura 3 | Das complementam obras tradicionais para os sistemas cidade esponja.






Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

## II – ANÁLISE PESTEL

A análise PESTEL mostra que a implementação da Cidade Esponja baseada em Biomimética é um tema robusto, suportado por uma forte necessidade ambiental e tendências tecnológicas, mas que depende criticamente do compromisso político-legal e do engajamento socioeconômico para superar os desafios de custo e planejamento.

**Quadro 3 | Análise PESTEL: implementação de cidades esponja baseadas na biomimética.**

Fatores	Implementação da cidade esponja em substituição as cidades cinzas
<b>Políticos</b> 	<p>Apoio governamental e políticas públicas.</p> <p>Acordos e parcerias internacionais como as ODSs.</p> <p>Estabilidade regulatória e legislação pertinente.</p> <p>O sucesso das cidades esponja depende de um forte compromisso político em níveis nacional e municipal. A existência de metas de resiliência climática e planos diretores urbanos que priorizem a Infraestrutura Verde facilita a alocação de verbas e a integração regulatória.</p>
<b>Econômicos</b> 	<p>Custo inicial versus benefício de longo prazo.</p> <p>Financiamento e incentivos.</p> <p>Criação de empregos e cadeia produtiva.</p> <p>O desenvolvimento de CE e a biomimética impulsionam uma nova cadeia produtiva verde, gerando empregos especializados em ecologia urbana, engenharia sustentável e design biomimético. Há um forte retorno sobre o investimento (ROI) em resiliência.</p>
<b>Socioculturais</b> 	<p>Percepção e aceitação pública.</p> <p>Qualidade de vida e do ecossistema.</p> <p>Consciência ambiental e responsabilidade civil.</p> <p>O crescente interesse global em sustentabilidade e o aumento da consciência sobre os riscos das mudanças climáticas criam uma demanda social por soluções de CE, legitimando o investimento. A aceitação do público sobre a substituição da infraestrutura cinza tradicional por SbN.</p>

<p><b>T</b></p>	<b>Tecnológico</b>	Inovação biomimética.
		Tecnologias de monitoramento.
		Desenvolvimento de LID/SUDS.
		A constante evolução das técnicas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) e Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS) permite soluções cada vez mais integradas e eficientes. Desenvolvimento de <i>softwares</i> de modelagem avançada para simular funções urbanas ecossistêmicas.
<p><b>E</b></p>	<b>Ambientais</b>	Mudança climática.
		Biodiversidade e ecossistema urbano.
		Qualidade do ar e da água.
		O aumento da frequência e intensidade de eventos extremos (chuvas e secas) exige a resiliência hídrica que a cidades esponja oferece por meio da biomimética (filtragem em jardins de chuva, biorretenção) eficazes na remoção de poluentes (metais pesados, nutrientes, sedimentos).
<p><b>L</b></p>	<b>Legal e Regulatório</b>	Normas de drenagem e construção.
		Legislação ambiental e responsabilidade civil.
		Direito de água e reuso.
		A inclusão obrigatória de requisitos de Infraestrutura Verde e práticas de manejo de águas pluviais na fonte. Leis de proteção áreas de preservação permanente, mananciais e zonas úmidas. Regulamentações claras sobre o direito de uso e reuso da água pluvial (coletada em cisternas ou filtrada).

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

O paradigma das cidades esponja apresenta elevado potencial de adaptação ao contexto dos novos centros urbanos, desde que acompanhado de políticas públicas integradas, capacitação técnica e financiamento contínuo com descartes de resíduos sólidos corretos (Fernandes *et al.*, 2025). A adoção de SbN possibilita reduzir riscos hidrológicos, ampliar serviços ecossistêmicos e promover desenvolvimento urbano sustentável (Marentes; Guerra, 2024; Moura *et al.*, 2024). A consolidação desse modelo requer governança multiescalar e planejamento regional articulado (Variza *et al.*, 2025).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acidade esponja não é uma fantasia futurista, mas uma abordagem comprovada, multifacetada e urgentemente necessária para a resiliência urbana. Neste sentido, a presente pesquisa evidenciou que o paradigma de planejamento urbano orientado pela biomimética e consolidado no modelo de cidade esponja transcende a simples substituição tecnológica, configurando-se como uma resposta estrutural necessária à obsolescência e ineficiência da urbanização cinza frente à crise climática.

A transição de um sistema focado no rápido escoamento para um modelo de gestão que prioriza a retenção, infiltração e reuso simplesmente mimetizando funções hidrológicas de paisagens naturais é determinante para o aumento da resiliência hídrica urbana. As análises comparativas demonstraram que as Soluções baseadas na Natureza (SbN), ao atuarem como células de esponja descentralizadas, não apenas mitigam os riscos de inundações e catástrofes naturais, mas também promovem serviços ecossistêmicos múltiplos que a infraestrutura convencional de concreto é incapaz de oferecer.

A implementação de tecnologias como pavimentos permeáveis, jardins de chuva e parques alagáveis estabelece um novo metabolismo urbano que coevolui sinergicamente com os processos naturais, garantindo maior adaptabilidade a eventos extremos.

A análise PESTEL, a viabilidade de adoção do sistema de cidade esponja é robusta, porém condicionada a fatores que extrapolam a engenharia, como por exemplo, identificou-se que o sucesso da cidade esponja depende intrinsecamente de um arcabouço político-legal sólido, incentivos econômicos que considerem o retorno sobre o investimento em resiliência e, fundamentalmente, de uma mudança sociocultural que valorize a infraestrutura verde e azul.

Conclui-se que o modelo de cidade esponja não se apresenta como uma utopia futurista, mas como uma estratégia técnica e econômica imperativa para assegurar a segurança hídrica, a justiça socioambiental e a sustentabilidade dos centros urbanos contemporâneos. Como trabalho futuro sugere-se o desenvolvimento de um projeto que contemple a criação de uma cidade inteligente com recursos do sistema de infraestrutura verde.

## REFERÊNCIAS

- ADMIRAAL, H., CORNARO, A. **Future cities, resilient cities: the role of underground space in achieving urban resilience.** Underground Space 2001, 2019.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Norma de Referência nº 12/2025:** Diretrizes para Serviços Públicos de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Brasília. 2025.
- BAEK, S.S., CHOI, D.H., JUNG, J.W., LEE, H.J., LEE, H., YOON, K.S., CHO, K.H. **Optimizing low impact development (LID) for stormwater runoff treatment in urban area, Korea:** experimental and modeling approach. 2015, Water Res. 86, 122–131.
- BENEVIDES, K. D. G.; RUFINO, L. J. G. C.; DOS SANTOS, D. F. A.; BENEVIDES, M. P.; PIMENTA, C.; OLIVEIRA, M.; MOURA, R. A. Inteligência artificial: uma abordagem assistiva. ARACÊ, 2025, [S.l.], v.7, n.8. DOI: [10.56238/arev7n8-085](https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/7160). Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/7160>
- CASAL-CAMPOS, A., FU, G., BUTLER, D., MOORE, A. **An integrated environmental assessment of green and gray infrastructure strategies for robust decision making.** Environ Sci Technol. 2015. 49 (14), 8307–8314.
- CHUI, T.F.M., LIU, X., ZHAN, W. Assessing cost-effectiveness of specific LID practice designs in response to large storm events. J. Hydrol. 2016, 533, 353–364.
- DE MOURA, R. A.; BENEVIDES, M. P.; RUFINO, L. J. G. C.; DIAS, M. V. S.; SILVA, M. B. **Neuroergonomia no controle da tecnologia embarcada fly-by-wire e artificial feel para um melhor feedback.** ARACÊ, 2025 [S. l.], v.7, n. 9, pe8071. DOI: [10.56238/arev7n9-139](https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/8071). Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/8071>.
- FAVERO, R. V. C., COSTA, J. C. L., OLIVEIRA, M. R. & MOURA, R. A. **Kanban production control for an aluminum profile solutions factory using the Notion digital platform.** RGSA, 2024, 18 (12), e010273. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n12-174>
- FERENTZ, L. M.; MELLO, C. G. A. **Capacidade do Estado frente a gestão de riscos e desastres após a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil** (Lei 12.608/2012). Revista Brasileira de Políticas Públicas, v. 10, n. 1, 2020.
- FERNANDES, W. S.; DOS SANTOS, D. F. A.; BENEVIDES, M. P.; DE OLIVEIRA, M. R.; GOUSSAIN, B. G. C. S.; DE MOURA, R. A. **Neuroergonomia sustentável:** minimizando erros e maximizando eficiência na coleta seletiva de resíduos industriais. ARACÊ, 2025. [S. l.], v. 7, n. 10, p. e8749. DOI: [10.56238/arev7n10-051](https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/8749). Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/8749>.
- GOULART, R. A. S.; SAMPAIO, M. F.; COSTA, J. C. L.; MOURA, R. A. **Comparativo de treinamentos imersivos com realidade aumentada e virtual aplicadas em ambientes para eliminar riscos ocupacionais.** Revista Exatas, 2024, [S. l.], v. 30, n. 2. DOI: 10.69609/1516-2893.2024.v30.n2.a3913. <https://periodicos.unitau.br/exatas/article/view/3913>
- GUAN, X.L., WEI, H.K., LU, S.S., DAI, Q., SU, H.J. **Assessment on the urbanization strategy in China:** achievements: challenges and reflections. Habitat Int. 2018, 71, 97–109.
- KONGJIAN, Y. **Ideal Landscapes the Deep Meaning of Feng Shui: Patterns of Biological and Cultural Genes.** Editora Oro Editions. Reprint. 2021. 178 pp. ISBN-10: 1954081405. ISBN-13: 978-1954081406.
- KUWAHARA, M. Y. et al. **Urban drainage governance and climate resilience:** institutional challenges in Brazil. Boletim Regional, Urbano e Ambiental, IPEA. 2025.
- LIU, H.; WANG, R. Urban Flood Management and Sponge City Strategies. Journal of Hydrology, v. 592, p. 125–140, 2021. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2020.125614.
- LONDE, L. R.; COUTINHO, M. P.; DI GREGÓRIO, L.T.; SANTOS, L. B. L.; SORIANO, E. Desastres relacionados à água no Brasil: perspectivas e recomendações. Ambiente & Sociedade, v. 17, p. 133-152, 2014.



MARENTES, F.; GUERRA, A. Green Infrastructure and Urban Resilience. Urban Ecosystems, v. 27, p. 455–470, 2024. DOI: 10.1007/s11252-024-01345-0.

MOURA, RA DE, SANTOS, DFA, BENEVIDES, MP, RICHETTO, MRS, OLIVEIRA, MR DE, & SILVA, MB (). **Neurociência e ergonomia aplicadas como ciências comportamentais profissionais para longevidade saudável**. RGSA, 2021 18 (12), e09741. Disponível em: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n12-077>

NGB. **O que é uma Cidade-esponja e como ela funciona para evitar enchentes?** Revista Nacional Geographica Brasil. 2024. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2024/05/o-que-e-uma-cidade-esponja-e-como-ela-funciona-para-evitar-enchentes>. Acesso em: 02 nov. 2024.

NOBRE, C. **Boletim ECOA**. Disponível em: <carlosnobre@newsletteruol.com.br>. Acesso em: 27nov. 2024.

OLIVEIRA JUNIOR, H. S.; VIAGI, A. F.; MOURA, R. A. **Aplicações dos conceitos da neuroengenharia na agroindústria: monitoramento, manutenção e autossustentabilidade**. Revista Exatas, 2025 [S. I.], v. 31, n. 2, 2025. DOI: 10.69609/1516-2893.2025.v31.n2.a4033. Disponível em: <https://periodicos.unitau.br/exatas/article/view/4033>

QIAO, Xiu-Juan. **Maintenance of low impact development facilities: A case study of pilot sponge cities in China**. Journal of Cleaner Production, v. 425, p. 139008, 2023.

TAVAKOL-DAVANI, H., BURIAN, S.J., DEVKOTA, J., APUL, D. **Performance and cost-based comparison of green and gray infrastructure to control combined sewer overflows**. Journal of Sustainable Water in the Built Environment 2. 2016.

TOOSI, M; TORPEY, E. **Older workers: labor force trends** bureau of labor statistics. 2017. Disponível em: <https://www.bls.gov/careeroutlook/2017/article/older-workers.htm> (retrieved June 6, 2018).

VARIZA, J. A. S.; SCHUH, A. L.; MUKAI, H. Architectural Foundations for Adapting Sponge City Models to Brazilian Urban Contexts. In: **Anais do 12º Simpósio de Sustentabilidade da FAG**. Additional international literature on Sponge Cities (Wuhan, Rotterdam), 2025.

XIONG, J., REN, S., HE, Y., WANG, X.C., BAI, X., WANG, J., DZAKPASU, M. **Bioretention cell incorporating Fe-biochar and saturated zones for enhanced stormwater runoff treatment**. Chemosphere 237, 124424. 2019.

ZANON, A. F.; DE CARVALHO, J.; BENEVIDES, K. D. G.; BENEVIDES, M. P.; VILLARTA, C.; DE MOURA, R. A. **Neuroergonomia planejada: minimizar desconfortos e maximizar a percepção de bem-estar...** ARACÊ, 2025, [S.I.], v.7, n.11. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/10264>.

DOI: 10.56238/arev7n11-272.

ZHANG, L.; LI, Y. **Sponge City Concept in China: Performance Evaluation and Future Challenges**. Water Research, v. 145, p. 1–10, 2023. DOI: 10.1016/j.watres.2023.119123.

