

FUNDAMENTOS ARQUITETÔNICOS: VIABILIDADE URBANÍSTICA DA IMPLANTAÇÃO DO MODELO DE CIDADES ESPONJA NO BRASIL

VARIZA, José Augusto Scheid Variza¹
SCHUH, Arthur Lorenzo²
MUKAI, Hitomi³

RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo analisar a viabilidade da implantação do modelo de CIDADES-ESPONJA no contexto urbano brasileiro, com foco na sustentabilidade hídrica, infraestrutura verde e resiliência urbana. Para isso, aborda-se a conceituação do termo, sua origem na China e as técnicas mais recorrentes, como telhados verdes, pavimentos permeáveis e *wetlands*. O problema de pesquisa parte do questionamento: quais são os desafios e potencialidades da aplicação do conceito no Brasil? A hipótese é que o país enfrenta obstáculos similares aos internacionais, acrescidos de limitações climáticas e institucionais. Com base nas análises realizadas, conclui-se que, apesar dos desafios econômicos, técnicos e institucionais, o Brasil apresenta potencial para adotar o modelo de CIDADES-ESPONJA, desde que haja planejamento urbano integrado, adaptação às condições regionais e fortalecimento das políticas públicas e da participação comunitária.

PALAVRAS-CHAVE: CIDADES-ESPONJA. Infraestrutura verde. Sustentabilidade urbana. Gestão hídrica. Planejamento Urbano.

1 INTRODUÇÃO

A presente pesquisa aborda o conceito de CIDADES-ESPONJA, tendo como tema a viabilidade de sua implantação no contexto urbano brasileiro. Considerando o acelerado crescimento populacional em escala global e a projeção de um aumento contínuo da população nos centros urbanos, os problemas relacionados à água se agravam, desde alagamentos e inundações resultantes da impermeabilização do solo e ineficácia dos sistemas tradicionais até a escassez de água. No Brasil, milhões de pessoas são afetadas por esses eventos extremos, segundo dados do Atlas Nacional (2024) em um período de 10 anos (2014-2024) o Brasil teve um prejuízo estimado de aproximadamente 100 bilhões de reais devido a desastres naturais relacionados à água, mostrando-se necessário uma solução mais sustentável para a gestão das águas.

Nesse caso, Li *et al.* (2017) destacam que a CIDADE-ESPONJA constitui uma abordagem que abrange diversos conceitos, como: conservação em múltiplas escalas,

¹ Acadêmico de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAG. Elaborado na disciplina Trabalho de Curso: Qualificação. E-mail: jose.scheid12@outlook.com

² Professor orientador da presente pesquisa. Graduado em Arquitetura e Urbanismo pelo Centro Universitário FAG - Cascavel-PR. Mestrando em Arquitetura e Urbanismo pela UEM/ UEL. E-mail: thurlorenzos@gmail.com.

³ Professora coorientadora da presente pesquisa. Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Estadual de Londrina - Londrina-PR. Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis-SC. Doutorado em Engenharia de Produção, na área de sistema de produção pela UFSC. E-mail: hitomi.mukai@unioeste.br

gerenciamento dos sistemas hídricos, a multifuncionalidade dos ecossistemas, hidrologia urbana e os modelos de controle de escoamento, além de considerar os impactos da urbanização e das atividades humanas no meio ambiente. Como apontam Menezes *et al.* (2022), no Brasil, ainda não há muitos estudos relacionados ao conceito de CIDADES-ESPONJA, como na China, que o tema é mais aprofundado e implementado. Portanto, é importante aprofundar os estudos sobre o conceito, sua importância, sua implementação e ampliando o debate no contexto nacional. Adota-se como princípio norteador, o seguinte marco teórico:

Séries de desastres e desafios naturais são vivenciados no Brasil e no restante do mundo devido à falta de planejamento e desordenação no crescimento de muitas cidades, de forma extremamente intensa. Isto demanda medidas corretivas (em detrimento das preventivas, que já deveriam ser adotadas idealmente nas etapas iniciais do planejamento urbano) (MIRANDA *et al.* 2024).

Isto posto, o problema de pesquisa que recai sobre o tema é: quais são os desafios e potencialidades para a implementação do conceito de CIDADE-ESPONJA no contexto urbano brasileiro?

A partir do problema identificado, propõe-se a hipótese inicial de que as cidades brasileiras enfrentam desafios semelhantes às cidades internacionais, sendo eles: problemas com governança, limitações financeiras, ausência de uma regulamentação específica, problemas culturais, falta de tecnologia e mão de obra qualificada. Além disso, o Brasil apresenta desafios específicos, devido à sua diversidade climática, tendo diferentes climas em várias regiões do País, tornando mais difícil a padronização e a aplicação do modelo de CIDADES-ESPONJA no país.

As potencialidades são: a grande disponibilidade de áreas verdes ainda preservadas; um crescente interesse acadêmico na temática; e a urbanização controlada, que pode prevenir problemas futuros, reduzindo a necessidade de medidas remediativas após desastres.

Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho é avaliar os desafios e potencialidades da implementação do conceito de CIDADES-ESPONJA no contexto urbano brasileiro, analisando aspectos econômicos, técnicos, ambientais e sociais.

Para alcançar o objetivo geral deste estudo, estabelecem-se os seguintes objetivos específicos: I. Definir o conceito de CIDADES-ESPONJA, identificando as técnicas mais utilizadas internacionalmente para a gestão sustentável das águas pluviais; II. Avaliar os desafios específicos de implementação do conceito CIDADES-ESPONJA no contexto brasileiro, analisando as limitações urbanas, econômicas e institucionais; III. Levantar as

potencialidades e benefícios que o conceito de CIDADES-ESPONJA pode trazer ao contexto urbano brasileiro, considerando aspectos técnicos, ambientais, sociais e econômicos; IV. Validar ou refutar a hipótese inicial, respondendo ao problema de pesquisa;

Diante dos objetivos propostos, este trabalho foi estruturado em seções que abordam o tema de maneira integrada. Inicialmente, o referencial teórico aborda o conceito de CIDADES-ESPONJA, sua origem, fundamentos técnicos e os principais desafios para sua implementação no contexto brasileiro. Posteriormente, são realizadas análises e discussões sobre os principais desafios enfrentados pelo Brasil nas dimensões econômica, institucional, técnica e socioambiental, destacando tanto as limitações quanto às potencialidades para aplicação do modelo. Por fim, são sintetizados os principais resultados alcançados, destacando a viabilidade urbanística da implementação das CIDADES-ESPONJA no contexto urbano brasileiro. A metodologia adotada foi uma abordagem qualitativa e exploratória, baseada na revisão bibliográfica e análise documental. Com o objetivo de analisar a viabilidade urbanística da implantação do modelo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CONCEITO DE CIDADES-ESPONJA: DEFINIÇÃO E ORIGEM

Ao final dos anos 70, o governo chinês implementou uma política de “portas abertas”, impulsionando um rápido processo de urbanização acompanhado de expressivo crescimento socioeconômico. Como consequência direta, grandes extensões de áreas naturais, compostas por vegetação nativa, florestas e terras férteis voltadas à agricultura, deram lugar a novos espaços urbanos, tais como bairros residenciais, polos comerciais e complexos industriais. Essa transformação resultou na impermeabilização massiva do solo, intensificando o escoamento superficial e elevando a vazão máxima das águas pluviais, enquanto os sistemas de drenagem existentes não foram aprimorados na mesma velocidade (NGUYEN *et al.*, 2019), (QIN, LI e FU, 2013).

Wang *et al.* (2018) menciona que sempre houve muitos estudos relacionados ao gerenciamento hídrico, por exemplo, o *Water Sensitive Urban Design*⁴ (WSUD), que, segundo Wong (2006), é uma abordagem australiana que busca o manejo sustentável das águas urbanas, integrando a gestão das águas pluviais ao desenho das cidades, promovendo

⁴Tradução: Design Urbano Sensível à Água.

eficiência hídrica e valorização paisagística. Já o *Low Impact Urban Design and Development*⁵ (LIUDD), Ignatieva, Stewart e Meurk, (2008) apresentam como uma abordagem na Nova Zelândia que integra o desenho urbano à ecologia, priorizando soluções naturais para gestão das águas pluviais e valorizando a biodiversidade local.

Retomando a análise, Wang *et al.* (2018) mencionam que as CIDADES-ESPONJA surgiram na China como uma resposta às consequências negativas da urbanização acelerada e das mudanças climáticas sobre os sistemas hídricos urbanos, demandando uma estratégia específica de Gestão Integrada de Recursos Hídricos adaptada ao contexto chinês. Essa estratégia foi construída a partir da análise e adaptação das melhores práticas internacionais, combinadas às particularidades locais. Por isso, “desde 2014, a China vem implementando a iniciativa de construção das CIDADES-ESPONJA, que representa um esforço enorme e sem precedentes feito por um governo para alcançar a sustentabilidade urbana” (JIA *et al.*, 2017, tradução nossa⁶).

Segundo Nguyen *et al.* (2019), esse conceito visa construir áreas urbanas que provoquem poucos impactos na natureza próxima. Na visão de Zheng, Duan e Lu (2021), a CIDADE-ESPONJA refere-se a transformar as cidades em 'corpos esponjosos' com diversos *Low Impact Development*⁷ (LID), de acordo com as características regionais, para alcançar um gerenciamento flexível das águas pluviais.

Nesse sentido, Jia *et al.* (2017) ampliam a compreensão do programa ao destacar que o modelo de CIDADES-ESPONJA tem como objetivos o controle de inundações, o reaproveitamento das águas pluviais, a melhoria da qualidade da água e a restauração de ecossistemas urbanos degradados. Os autores também apontam a semelhança do programa com sistemas de desenvolvimento de baixo impacto (LID), destacando a integração entre infraestrutura verde, planejamento urbano e gestão hídrica como caminhos para a sustentabilidade ambiental das cidades.

Wang *et al.* (2018) destacam que a CIDADE-ESPONJA é uma estratégia de gestão integrada da água urbana, fundamentada nos ciclos hidrológicos naturais e sociais. Essa abordagem visa não apenas mitigar alagamentos e controlar a poluição hídrica, mas também aproveitar as águas pluviais como recurso e restaurar ecossistemas degradados. Para isso, utiliza tanto medidas de engenharia, como, infraestrutura verde e cinza, quanto ações não

⁵Tradução: Design e Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto.

⁶No original: Since 2014, China has been implementing the Sponge City Construction initiative, which represents an enormous and unprecedented effort by any government in the world for achieving urban sustainability.

⁷Tradução: Sistemas de Desenvolvimento de Baixo Impacto.

estruturais, buscando estabelecer uma relação equilibrada entre o ambiente urbano e os processos naturais, aumentando assim a resiliência das cidades diante das mudanças climáticas e dos desastres naturais.

Reforçando essa perspectiva, Li *et al.* (2017) definem a CIDADE-ESPONJA como um modelo de desenvolvimento urbano sustentável baseado em um sistema hídrico, capaz de captar, filtrar, reter e reaproveitar a água da chuva conforme necessário. Tendo como objetivos reter até 90% da água pluvial anual no local, reduzir o risco de enchentes, melhorar a qualidade da água, proteger as áreas de preservação urbanas e reduzir os efeitos das ilhas de calor. Essa abordagem busca integrar soluções naturais e tecnológicas ao planejamento urbano, promovendo benefícios ambientais, sociais e econômicos.

Dessa forma, o modelo CIDADE-ESPONJA surgiu como resposta ao crescimento urbano acelerado e desordenado, especialmente na China, marcado pela impermeabilização do solo e aumento das inundações. O modelo busca restaurar o equilíbrio entre a cidade e os ciclos naturais da água, por meio de soluções sustentáveis, retomando funções ecológicas perdidas com a urbanização. Integrando infraestrutura verde, planejamento urbano e gestão hídrica, visa não só conter eventos extremos, como alagamentos, mas também reduzir ilhas de calor, poluição hídrica, preservar recursos naturais e promover o bem-estar nas cidades.

3.2 SUSTENTABILIDADE E INFRAESTRUTURA VERDE

De acordo com Nguyen *et al.* (2019), as estratégias de desenvolvimento de baixo impacto (LID) têm como objetivo implementar sistemas de drenagem sustentáveis, aprimorar o planejamento do ciclo hidrológico urbano e controlar as águas pluviais em sua origem. Estas técnicas facilitam processos como infiltração, filtração, evaporação e armazenamento da água da chuva, além de reduzir o escoamento superficial e minimizar impactos poluentes.

“As infraestruturas verdes mais comumente aplicadas são: células de biorretenção, telhados verdes, jardins de chuva, pavimentos permeáveis, trincheiras de infiltração, valas vegetadas e sistemas desconectados de calhas” (TANSAR *et al.* 2024, tradução nossa⁸). As infraestruturas verdes, buscam integrar soluções naturais ao ambiente urbano para enfrentar desafios climáticos e pluviais.

Vijayaraghavan (2016) define telhados verdes (ou vegetados, ecológicos ou vivos) como estruturas de cobertura compostas por um substrato de crescimento e vegetação. O

⁸No original: The most commonly applied green infrastructures are bioretention cells, green roofs, rain gardens, permeable pavements, infiltration trenches, vegetative swales, and rooftop downspout disconnections.

conceito foi desenvolvido para promover o desenvolvimento de diferentes tipos de vegetação no topo dos edifícios, oferecendo benefícios estéticos, ambientais e econômicos. Os telhados verdes são compostos por vários componentes, incluindo vegetação, substrato, tecido filtrante, material de drenagem, barreira contra raízes e isolamento. Segundo Hoban (2019), eles podem reduzir as ilhas de calor urbanas, reduzir o escoamento de águas pluviais, melhorar a qualidade ambiental urbana e proporcionar isolamento térmico para os edifícios, sendo uma solução adaptável a diversos tipos de construções urbanas.

Os jardins de chuva, citados por Melo *et al.* (2014), são uma técnica sustentável de drenagem urbana baseada em biorretenção, para compensar os impactos negativos do escoamento pluvial, através da retenção, infiltração e filtração da água. Li *et al.* (2008) definem o jardim de chuva como uma instalação típica de biorretenção, construída em áreas mais baixas, que utiliza a infiltração, a interceptação do escoamento superficial e a adsorção pelo sistema solo–plantas–microrganismos para purificar e absorver as águas pluviais de pequenas áreas, reduzindo o volume escoado, a vazão de pico e promovendo a conservação da qualidade da água e dos aquíferos subterrâneos.

Melo *et al.* (2014) também afirmam que os jardins de chuva apresentam bom desempenho na infiltração e no armazenamento de água, mesmo com o solo saturado. No entanto, sua eficácia máxima na retenção hídrica exclusivamente para precipitação direta, sem contribuição de escoamentos superficiais, como telhados e pavimentos impermeáveis, dependendo de um dimensionamento preciso às condições locais.

Hoban (2019) descreve os pavimentos permeáveis como tecnologias que permitem a infiltração da água através de superfícies trafegáveis. Ele classifica-os em quatro tipos principais: asfalto poroso, concreto poroso, pavimento intertravado permeável e sistemas em grelha (de plástico ou concreto). Estes pavimentos são projetados para permitir que a água da chuva infiltre através de seus elementos, com a principal função de filtração.

A água da chuva que cai sobre o pavimento permeável infiltra-se nos espaços entre seus elementos, sendo tratada primariamente por filtração diretamente na fonte, o que pode dispensar a necessidade de sistemas adicionais de drenagem ou retenção de águas pluviais nas áreas urbanas. Esses pavimentos hidratam os solos urbanos, favorecendo o crescimento das árvores e recarregando os aquíferos locais. Além disso, permitem tanto a infiltração no subsolo quanto a captação para reuso, sendo adaptáveis a diferentes cargas de tráfego, desde áreas pedonais até estacionamentos. Quando bem dimensionados, eliminam a necessidade de sistemas de drenagem convencionais, promovendo simultaneamente a recarga dos aquíferos e a saúde da vegetação urbana. Contudo, seu uso ideal restringe-se a áreas com baixa geração

de sedimentos e cargas veiculares reduzidas, onde demonstram maior eficácia na redução tanto do volume de escoamento superficial quanto da poluição difusa (HOBAN, 2019).

As *wetlands*⁹, apontadas por Nguyen *et al.* (2019), são fundamentais para o conceito de CIDADES-ESPONJA, pois desempenham múltiplas funções integradas: regulam o microclima urbano, controlam e previnem alagamentos ao reduzir o pico de inundações, e purificam as águas pluviais por meio de processos naturais de filtragem pelas plantas. Essa capacidade é reafirmada por Zheng, Duan e Lu (2021), que destacam ainda seu papel no amortecimento do impacto das chuvas intensas e na remoção eficiente de poluentes. Além dos benefícios técnicos, Nguyen *et al.* (2019) complementam que as *wetlands* se consolidam como espaços multifuncionais, oferecendo à comunidade áreas preservadas para lazer e atividades, conectando sustentabilidade com bem-estar social.

A multifuncionalidade é um dos grandes diferenciais das infraestruturas verdes no contexto urbano. Segundo Benedict e McMahon (2006), essas soluções não só contribuem para a sustentabilidade e o controle hídrico, como também trazem benefícios à saúde e à qualidade de vida. Áreas verdes bem planejadas ajudam a reduzir estresse, melhorar a saúde mental, estimular atividades físicas, promover coesão social e até diminuir índices de criminalidade, tornando-se elementos importantes para cidades mais resilientes e inclusivas.

Nesse sentido, as infraestruturas verdes, são soluções-chave para prevenir os desastres e promovem resiliência a longo prazo, integrando gestão hídrica, sustentabilidade e qualidade urbana. Beneficiam também a saúde pública, o bem-estar social e a valorização dos espaços urbanos. Sua eficácia, porém, exige adaptação às realidades locais e planejamento integrado, essenciais para viabilizar o conceito de CIDADES-ESPONJA no Brasil.

3.3 VANTAGENS AMBIENTAIS E URBANAS

A aplicação do conceito de CIDADES-ESPONJA proporciona vantagens ambientais e urbanas significativas, atuando simultaneamente no controle hídrico, conforto térmico, conservação dos recursos e no desenvolvimento sustentável das cidades. Conforme citado por Miranda (2024), trata-se de uma abordagem multidimensional que, além de combater inundações, contribui para a conservação hídrica e a melhoria do ambiente urbano. Tansar *et al.* (2024) apontam que o planejamento criterioso e a implementação combinada de

⁹Em Português: Zonas úmidas.

infraestruturas verdes e cinzas potencializam os efeitos positivos, aumentando a eficiência na gestão da carga hídrica.

Essa sinergia entre sistemas permite explorar outros benefícios ambientais, como a melhoria do conforto térmico. Conforme Nguyen *et al.* (2019), a ampliação de áreas verdes por meio de telhados verdes, lagos e *wetlands* contribui diretamente para a redução do calor urbano. Jia *et al.* (2017) destacam que a implementação bem-sucedida do Programa CIDADE-ESPONJA promove não só uma urbanização sustentável, mas também a impulsiona a pesquisa e desenvolvimento em Infraestruturas Verdes e de Baixo Impacto (LID/GI).

Além disso, conforme Zhang, Sun e Xue (2019), o modelo também favorece a governança urbana de longo prazo, possibilitando parcerias público-privadas (PPPs) que promovem inovação e eficiência técnica. Segundo os autores, a construção de CIDADES-ESPONJA está alinhada a estratégias de longo prazo voltadas à sustentabilidade urbana. Assim, essa abordagem também contribui para o cumprimento das metas estabelecidas na Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), em especial os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6, 11, 13 e 15¹⁰, os quais, segundo a ONU (2025) visam promover uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos, planejamento urbano resiliente, adaptação às mudanças climáticas e restauração de ecossistemas urbanos.

Diante dos desastres naturais associados a eventos hídricos, torna-se urgente adotar soluções inovadoras no planejamento urbano. O conceito de CIDADES-ESPONJA surge como resposta eficiente, integrando infraestruturas verdes e cinzas para controlar enchentes, mitigar ilhas de calor e promover a sustentabilidade. Além dos benefícios ambientais, impulsiona pesquisas e tecnologias de baixo impacto, fortalecendo a resiliência urbana. Dessa forma, além de contribuir para enfrentar crises imediatas, ajuda a construir cidades mais adaptáveis às mudanças climáticas e alinhadas aos objetivos de desenvolvimento sustentável.

3.4 DESAFIOS PARA APLICAÇÃO DO CONCEITO

Segundo Jia *et al.* (2017), a implementação do Programa CIDADE-ESPONJA tem enfrentado diversos desafios, incluindo resistência a mudanças, persistência de métodos

¹⁰ODS 6: Água potável e saneamento. Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos. ODS 11: Cidades e comunidades sustentáveis. Tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis. ODS 13: Ação contra a mudança global do clima. Adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos. ODS 15: Vida terrestre. Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, travar e reverter a degradação dos solos e travar a perda da biodiversidade (ONU, 2025).

convencionais, orientações técnicas insuficientes, além de dificuldades na coordenação entre os órgãos envolvidos e na quantificação dos benefícios econômicos das Infraestruturas de Baixo Impacto (LID). Os autores ressaltam ainda que a fase pós-implementação exige atenção especial, pois a manutenção das Infraestruturas Verdes e de Baixo Impacto é fator decisivo para a sustentabilidade dos projetos. A carência de dados precisos sobre custos e requisitos de manutenção gera incertezas significativas nas projeções orçamentárias dessas iniciativas.

Além das dificuldades técnicas e operacionais mencionadas anteriormente, a UCEM (*s.d.*) aponta que a adoção do conceito de CIDADES-ESPONJA enfrenta obstáculos adicionais, especialmente relacionados à governança e o financiamento. Questões como direitos de propriedade e regulamentação do uso da água dificultam sua aplicação, sendo agravada pela escassez de recursos financeiros - mesmo em países desenvolvidos - devido a condições econômicas adversas. Outro desafio mencionado é a falta de padronização, já que se trata de uma abordagem relativamente nova no planejamento urbano, o que limita a replicabilidade de tecnologias entre diferentes localidades.

A manutenção das infraestruturas verdes representa um desafio importante para a efetividade das CIDADES-ESPONJA. Mesmo com projetos bem implantados, a falta de manutenção e cuidado pode comprometer seus resultados a longo prazo. Li *et al.* (2017), Chan *et al.* (2018) e Nguyen *et al.* (2019) alertam que a durabilidade desses sistemas depende de ações regulares e bem coordenadas, que nem sempre são garantidas e ausência de políticas de operação e conservação pode comprometer seus resultados a longo prazo, exigindo estratégias claras de gestão pública e comunitária.

Nesse contexto, Chan *et al.* (2018) comentam a rigidez dos sistemas de infraestrutura, operação e gestão urbana, os quais foram construídos lentamente ao longo das décadas e com baixa capacidade de adaptação a novos conceitos. Os autores também apontam que algumas medidas adotadas por esse modelo não se mostram eficazes em climas extremos, como regiões muito frias, quentes ou áridas, o que evidencia que sua aplicação não deve ocorrer por simples replicação, mas sim com adaptações às condições locais.

Ampliando essa análise, Li *et al.* (2017) observam que, embora os princípios fundamentais da CIDADE-ESPONJA sejam amplamente aplicáveis a diferentes contextos ambientais, a definição das estratégias de implementação e a escolha das soluções específicas devem ser ajustadas às condições locais. Os autores ainda ressaltam que a ausência de uma base de pesquisa robusta pode limitar significativamente os potenciais benefícios dessa abordagem no gerenciamento do ciclo urbano da água, comprometendo sua eficácia e adaptação ao contexto específico de cada cidade.

Diante dos diversos desafios identificados, nota-se que a implementação do conceito de CIDADES-ESPONJA exige mais do que apenas a adoção de soluções técnicas. A resistência institucional, a falta de padronização, os entraves legais e financeiros, a exigência de manutenção - somados à carência de dados e diretrizes específicas - evidenciam a complexidade do processo. Para que essa abordagem se torne eficaz e replicável, é indispensável o fortalecimento da governança, o investimento em pesquisa aplicada e a adaptação das estratégias às realidades locais. Tornando a superação desses obstáculos não só um desafio técnico, mas um compromisso multidisciplinar com a sustentabilidade urbana.

3.5 APLICAÇÃO DO CONCEITO NO BRASIL

Para que a implementação seja bem-sucedida, Li *et al.* (2017), mencionam que, é importante definir objetivos claros, aprofundar as investigações sobre o tema e garantir o domínio do conhecimento necessário. Esses requisitos tornam-se ainda mais urgentes diante do acelerado cenário de urbanização global, com base em dados da ONU e do Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais (2019), 55% da população mundial, ou 4,2 bilhões de pessoas, viviam em centro urbanos. Até 2050, mais 2,5 bilhões de cidadãos terão escolhido uma cidade para fixar residência, esse crescimento contribui para a intensificação dos problemas urbanos e ambientais.

No contexto brasileiro, esse crescimento se manifesta de forma crítica. Maricato (2013) aponta que a urbanização brasileira se consolidou de maneira excludente, marcada por reformas que aliaram o saneamento e o embelezamento urbano, expulsando a camada popular para áreas periféricas, alagadas e ambientalmente frágeis. A autora menciona também, que com o tempo, esse modelo foi agravado pela ausência de políticas públicas, produziu cidades com muita desigualdade no acesso à terra, à moradia e à infraestrutura básica, que ao longo das décadas fez a população construir suas próprias moradias em terrenos irregulares, muitas vezes em zonas de riscos, como encostas, várzeas e margens de rios.

Partindo disso, Alves (2006) menciona que a vulnerabilidade socioambiental emerge da sobreposição entre pobreza e degradação ambiental, evidenciando como essas populações acabam concentradas em áreas sujeitas a enchentes, contaminação hídrica e à ausência de serviços essenciais, intensificando os efeitos de desastres naturais e sociais. Tal contexto se materializa em estatísticas que reforçam a gravidade da vulnerabilidade urbana no país, de acordo com o Atlas Digital de Desastres Naturais (2024), entre 2014 e 2024,

aproximadamente 54 milhões de pessoas foram afetadas por eventos hidrológicos no Brasil, evidenciando a urgência de soluções para conter os efeitos da urbanização desordenada.

Um exemplo claro dessa mudança é a enchente histórica no Rio Grande do Sul, que afetou 96% dos municípios do estado, revelando problemas críticos, como o alto grau de impermeabilização do solo, a gestão inadequada das águas pluviais e os impactos das mudanças climáticas (MONTEIRO; ARAÚJO, 2024).

Pensando nessa urgência não pode se descartar que, segundo o IBGE (*s.d*), baseado na classificação de Köppen-Geiger, o Brasil possui três climas predominantes, tropical, subtropical e equatorial, além de variações em menor escala, como o semiárido e o temperado. Tendo em vista essa diversidade climática, que apresenta padrões distintos de precipitação e períodos de estiagem, a implementação do modelo de CIDADES-ESPONJAS demanda adaptações específicas em cada região. Como destacado por Jia *et al.* (2017), as soluções devem ser cuidadosamente estudadas e dimensionadas para garantir eficiência, considerando desde a intensidade das chuvas tropicais até a escassez hídrica do semiárido.

Entretanto, além de desafios técnicos de adaptação, há também barreiras econômicas a serem consideradas. Wang *et al.* (2018) destacam que os investimentos na implementação das CIDADES-ESPONJA podem atingir US\$ 30.000 por quilômetro quadrado, tornando o custo de grandes projetos extremamente elevado. Ainda segundo Wang *et al.* (2018), as parcerias público-privadas como estratégia de financiamento, foram pouco bem-sucedidas. Além disso, os autores ressaltam que modelos de manutenção e de retorno financeiro recebem pouca atenção, o que compromete a sustentabilidade dos projetos a longo prazo.

Além do desafio inicial de investimentos, Li *et al.* (2017) complementam que, em comparação aos sistemas tradicionais de drenagem urbana, as infraestruturas implantadas nas CIDADES-ESPONJA exigem manutenções mais frequentes e diversificadas, dificultadas pela dispersão geográfica das instalações e pela presença em propriedades privadas. Os autores alertam que, os custos operacionais futuros e a própria durabilidade dos sistemas são incertos. Esse cenário, segundo Li *et al.* (2017), torna o risco financeiro elevado tanto para entidades públicas quanto privadas, devido à dificuldade de mensurar os benefícios ambientais, sociais e econômicos ao longo do ciclo de vida dos projetos.

Nesse contexto, a percepção social sobre os espaços urbanos também se torna um fator estratégico. Cilliers (2023) destaca que, embora os espaços verdes urbanos sejam amplamente reconhecidos por seus benefícios ecológicos, sociais e econômicos, sua implementação efetiva ainda depende da forma como são percebidos pelas comunidades

locais. A autora argumenta que é fundamental articular com clareza os benefícios reais que esses espaços oferecem, de modo a gerar maior adesão e valorização por parte da população, ressaltando a importância de compreender o valor atribuído aos espaços verdes a partir de uma perspectiva pessoal e contextualizada, reconhecendo que diferentes grupos sociais podem valorizar usos distintos desses espaços.

Além disso, Cilliers (2023) ressalta que a percepção de que os espaços verdes são responsabilidade apenas do poder público pode ser superada por meio de educação e conscientização, fortalecendo o engajamento de profissionais e comunidades em sua gestão, sendo essa mudança especialmente importante no Sul Global, onde as desigualdades acentuam a necessidade de um planejamento mais inclusivo e participativo.

Assim, diante do aumento populacional, ocupação de áreas de risco, crises hídricas e ambientais, torna-se evidente a necessidade de mudanças. O conceito de CIDADE-ESPONJA surge como resposta, por meio de tecnologias verdes e planejamento adequado. Contudo, a viabilidade das CIDADES-ESPONJAS no contexto brasileiro depende não apenas da implementação de tecnologias verdes, mas também da superação de barreiras econômicas, como os elevados custos iniciais, a dificuldade de manutenção contínua e os desafios na estruturação de parcerias de financiamento. Além disso, é importante um planejamento territorial adaptado às especificidades climáticas regionais e socioambientais, especialmente para populações em áreas vulneráveis.

3.6 LEGISLAÇÃO E POLÍTICAS PÚBLICAS

A formulação de políticas públicas urbanas deve partir da compreensão de que os efeitos da urbanização não são uniformemente distribuídos, exigindo intervenções que promovam a equidade territorial e social. Pineo (2020) argumenta que ambientes urbanos saudáveis devem ser inclusivos e sustentáveis, o que se alinha às técnicas de infraestrutura verde - como jardins de chuva, parques lineares e *wetlands* - que combinam benefícios ambientais e sociais. Nesse sentido, Jia *et al.* (2017) pontuam, a experiência chinesa com CIDADES-ESPONJA demonstrando que o financiamento integral desses projetos representa um desafio significativo, exigindo estratégias inovadoras que vão além de subsídios governamentais, como parcerias público-privadas e contrapartidas locais, modelos que poderiam inspirar adaptações no contexto brasileiro.

Pineo (2020) reforça que, as políticas públicas eficazes precisam ser construídas com participação social e monitoramento contínuo, garantindo que as soluções técnicas atendam às

necessidades locais, princípio que encontra eco no art. 2º, inciso II do Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001), que estabelece a gestão democrática como pilar do desenvolvimento urbano. Essa premissa participativa é justamente o mecanismo para efetivar o inciso I, do mesmo artigo, que reconhece e assegura o direito às cidades sustentáveis, compreendendo esse direito à terra urbana, moradia, saneamento ambiental adequado, infraestrutura urbana, transporte público acessível, além da garantia de serviços públicos, trabalho e lazer. Essa visão de cidade sustentável reflete um compromisso com o bem-estar coletivo das gerações atuais e futuras, alinhando-se ao conceito das CIDADES-ESPONJA, que busca promover soluções urbanas sustentáveis para a gestão da água, a mitigação de desastres naturais e a melhoria da qualidade de vida urbana.

Nesse contexto, a Diretriz nº 4 da Política Nacional de Defesa Civil (2007) reforça a necessidade de promover a ordenação do espaço urbano, objetivando diminuir a ocupação desordenada de áreas de risco de desastres, com foco na redução de vulnerabilidades a escorregamentos, alagamentos e outros eventos extremos. Essa diretriz dialoga diretamente com o Estatuto da Cidade propondo um planejamento territorial que integre prevenção de desastres e justiça socioambiental, evitando que populações marginalizadas ocupem zonas de risco. A integração de políticas participativas, infraestrutura verde e planejamento urbano sustentável é, portanto, essencial para construir cidades resilientes e socialmente inclusivas.

No Livro de Resoluções do CONAMA (2012), encontram-se diretrizes e resoluções que favorecem a criação de áreas de lazer e parques em Áreas de Preservação Permanente (APPs), e dialogam com o conceito de CIDADES-ESPONJA. Dentre as normas, destacam-se algumas resoluções. A Resolução nº 369/2006 permite intervenções em APPs para parques urbanos e áreas verdes de lazer (interesse social), desde que associadas a medidas de retenção hídrica e compensação ambiental, princípio fundamental das CIDADES-ESPONJA.

Outra resolução relevante é a Resolução nº 302/2002 que regulamenta o uso do entorno de reservatórios para áreas permeáveis e espaços para recreação, garantindo proteção dos recursos hídricos e proporcionando áreas de lazer. Por fim, a Resolução nº 429/2011 incentiva a recuperação de APPs degradadas desde que integrada à implantação de infraestruturas de lazer e à recomposição da vegetação, essenciais para a resiliência urbana.

Dessa forma, observa-se que o arcabouço legal brasileiro oferece fundamentos relevantes para a adoção do conceito de CIDADES-ESPONJA, associado a políticas públicas participativas e instrumentos normativos voltados à sustentabilidade urbana. Para potencializar o emprego do modelo, experiências internacionais bem-sucedidas podem servir de inspiração para a aplicação no Brasil. A articulação entre marcos como o Estatuto da

Cidade, a Política Nacional de Defesa Civil, as resoluções do CONAMA e outras legislações correlatas, demonstra que há respaldo jurídico e diretrizes consolidadas capazes de viabilizar a implantação do modelo de CIDADES-ESPONJA no Brasil.

3 METODOLOGIA

Segundo Lakatos e Marconi (2017), a pesquisa bibliográfica consiste na investigação de materiais já publicados, como livros, artigos científicos e documentos oficiais, visando embasar teoricamente o estudo. Considerando essa abordagem, o presente trabalho adota uma metodologia qualitativa e exploratória, de acordo com Lakatos e Marconi (2017), com o objetivo de compreender, de forma ampla e detalhada, as potencialidades e desafios da aplicação do modelo de CIDADES-ESPONJA no contexto urbano brasileiro. Para isso, foram analisadas obras de autores como Nguyen et al. (2019), Li et al. (2017), Wang et al. (2018), Jia et al. (2017), Benedict e McMahon (2006), Hoban (2019), entre outros, que discutem estratégias de drenagem urbana sustentável, infraestrutura verde e o conceito de CIDADES-ESPONJA em contextos internacionais.

Além da revisão bibliográfica, foi utilizada a análise documental, conforme Gil (2008), com foco em legislações urbanísticas e ambientais brasileiras, como o Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001) e normas do CONAMA. O objetivo foi identificar diretrizes e políticas existentes que possam subsidiar a adoção do modelo no país.

A etapa de análise e discussão é centrada na interpretação dos dados levantados, com foco na avaliação da viabilidade urbanística do modelo de CIDADES-ESPONJA no Brasil. Para isso, foi elaborada uma tabela organizando os principais desafios e potencialidades em cinco eixos: aspectos econômicos, técnicos, ambientais, sociais e legais. Destacam-se barreiras importantes como o alto custo inicial, a baixa eficiência das parcerias público-privadas, a rigidez institucional, as incertezas orçamentárias e as situações de vulnerabilidade socioambiental. A discussão confronta essas informações com o problema de pesquisa, relacionando os fundamentos teóricos ao contexto brasileiro, com o intuito de identificar os fatores que favorecem ou dificultam a adoção do modelo no país.

4 ANÁLISES E DISCUSSÕES

Considerando os desafios urbanos contemporâneos, discute-se o modelo de CIDADES-ESPONJA como estratégia sustentável aplicada ao meio urbano. Surgido na China,

esse conceito responde aos impactos da urbanização acelerada e das mudanças climáticas sobre os sistemas hídricos. Inspirado em práticas internacionais como o WSUD (*Water Sensitive Urban Design*) e o LIUDD (*Low Impact Urban Design and Development*), o modelo busca restaurar o ciclo hidrológico urbano por meio de soluções de baixo impacto, combinando infraestrutura verde e cinza para reter, filtrar, infiltrar e reutilizar a água da chuva, promovendo maior resiliência urbana e sustentabilidade ambiental.

As infraestruturas verdes são essenciais para aumentar a permeabilidade urbana e controle hídrico, como telhados verdes, jardins de chuva, pavimentos permeáveis e *wetlands*, utilizadas nos modelos de CIDADES-ESPONJA por integrarem soluções naturais ao meio urbano. Elas permitem infiltração, retenção e purificação da água, além de gerarem benefícios ambientais e sociais, como a melhoria do microclima, a valorização dos espaços urbanos e a promoção da saúde e bem-estar da população.

As CIDADES-ESPONJA oferecem múltiplas vantagens, indo além do controle de enchentes. Entre os principais benefícios estão a conservação dos recursos hídricos, o aumento da biodiversidade urbana, a redução das ilhas de calor, a promoção do conforto térmico e a melhoria da qualidade de vida. Tais vantagens também contribuem para o alcance de diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, como os ODS 6, 11, 13 e 15.

A implementação do modelo enfrenta diversos desafios, como altos custos iniciais, dificuldades de manutenção, ausência de dados locais e de padronização, rigidez institucional e limitações de financiamento. Além disso, a falta de políticas de operação e de gestão integrada compromete a durabilidade das soluções, exigindo adaptações às condições regionais e maior investimento em capacitação e governança.

No Brasil, a aplicação do modelo exige adaptações às condições climáticas diversas e à realidade socioeconômica do país. A urbanização desigual, a ocupação de áreas de risco e a fragilidade institucional dificultam sua implementação. Embora, na maioria dos casos, as técnicas associadas ao conceito de CIDADES-ESPONJA apareçam em planos e diretrizes, como apontado por Silveira, Rodrigues e Dornelles (2025), há também experiências práticas, como o estudo de Luna *et al.* (2020), que aplicou pavimentos permeáveis e reservatórios em um empreendimento urbano em São Paulo, demonstrando sua viabilidade técnica. Apesar disso, o país apresenta potencialidades como áreas verdes preservadas, crescente interesse acadêmico e marcos legais que, se articulados, podem viabilizar soluções sustentáveis baseadas na natureza.

Tabela 1: Barreiras para a implementação de CIDADES-ESPONJAS no contexto Urbano Brasileiro.

Categoria	Barreiras Identificadas	
Econômica	Alto custo inicial; Baixa viabilidade de PPPs;	Wang <i>et al.</i> (2018) destacam que os investimentos na implementação das CIDADES-ESPONJA podem atingir US\$ 30.000 por quilômetro quadrado, tornando o custo de grandes projetos extremamente elevado. As parcerias público-privadas (PPP) como estratégia de financiamento, foram pouco bem-sucedidas (WANG <i>et al.</i> 2018).
Institucional	Falta de padronização, rigidez dos sistemas urbanos;	Chan <i>et al.</i> (2018) apontam a rigidez e a lenta adaptação dos sistemas de infraestrutura e gestão urbana, construídos ao longo de décadas com baixa capacidade de se adaptar rapidamente a novos conceitos; Outro desafio mencionado pelos autores é a falta de padronização, já que se trata de uma abordagem relativamente nova no planejamento urbano, o que limita a replicabilidade de tecnologias entre diferentes localidades.
Técnica	Necessidade de manutenção constante; Ausência de dados locais;	Li <i>et al.</i> (2017) alertam que a durabilidade desses sistemas depende de ações coordenadas e políticas de operação e conservação, nem sempre garantidas, o que torna incertos os custos operacionais futuros e eleva o risco financeiro pela dificuldade de mensurar benefícios a longo prazo. Nguyen <i>et al.</i> (2019) destacam seu papel na mitigação de chuvas intensas e remoção de poluentes, mas a falta de dados precisos sobre custos e manutenção gera incertezas orçamentárias.
Socioambiental	Urbanização excludente; Moradias em áreas de risco;	Maricato (2013) aponta que a urbanização brasileira consolidou-se de forma excludente, marcada por reformas que removeram a população de baixa renda para áreas periféricas e frágeis, produzindo cidades desiguais com acesso precário à terra e infraestrutura em zonas de risco. Alves (2006) complementa que a vulnerabilidade socioambiental surge da concentração da pobreza em áreas degradadas, sujeitas a problemas como enchentes, contaminação hídrica e à ausência de serviços essenciais.

Fonte: elaboração dos autores, 2025.

Diante dos aspectos analisados, pode-se afirmar que a implementação do modelo de CIDADES-ESPONJA no Brasil apresenta viabilidade urbanística, desde que adaptada às realidades regionais e integrando instrumentos legais já existentes. Apesar dos desafios, como os custos elevados, a necessidade de manutenção contínua e as barreiras institucionais e sociais, as potencialidades também são expressivas, como áreas verdes preservadas, base legal existente e crescente interesse por soluções sustentáveis.

O sucesso da aplicação depende de um planejamento urbano sensível às desigualdades territoriais, à diversidade climática, da articulação entre políticas públicas e da valorização da participação comunitária. Em vez de ser tratada como uma solução padronizável, a CIDADE-ESPONJA deve ser vista como uma abordagem flexível, capaz de

integrar infraestrutura verde, gestão hídrica e inclusão social, contribuindo para cidades mais sustentáveis, resilientes e preparadas para os impactos das mudanças climáticas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo analisar a viabilidade urbanística da implementação do modelo de CIDADES-ESPONJA no Brasil, considerando os desafios e potencialidades para sua aplicação. Partindo do questionamento inicial: quais são os desafios e potencialidades para a implementação do conceito de CIDADE-ESPONJA no contexto urbano brasileiro? O embasamento teórico foi fundamentado por meio de revisão bibliográfica, análise documental e levantamento de casos que abordam a relação entre infraestrutura verde, sustentabilidade hídrica e planejamento urbano.

Conclui-se que o modelo de CIDADE-ESPONJA, embora originado no contexto chinês, tem potencial de aplicação no Brasil, desde que adaptado às realidades climáticas, sociais e institucionais. A fundamentação teórica permitiu identificar diversas técnicas sustentáveis, como telhados verdes, jardins de chuva, pavimentos permeáveis e *wetlands*, que se integram ao ambiente urbano promovendo a resiliência diante das mudanças climáticas e eventos extremos, como enchentes e secas.

Os principais desafios envolvem altos custos de implantação, necessidade de manutenção contínua, dificuldade de financiamento, rigidez institucional e vulnerabilidade socioambiental. Em contrapartida, há potencialidades como um arcabouço legal favorável, produção acadêmica crescente, áreas verdes disponíveis e possibilidade de articulação com políticas públicas já existentes.

Assim, confirma-se a hipótese inicial: o Brasil enfrenta desafios similares aos de outros países, e apresenta condições favoráveis à adoção do modelo. A CIDADE-ESPONJA é viável como solução urbanística, desde que vista como abordagem flexível, adaptativa e multidisciplinar. Mais que solução técnica, representa uma estratégia de transformação urbana, integrando gestão hídrica, justiça socioambiental e planejamento sustentável.

REFERÊNCIAS

ALVES, H. P. da F.. **Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais.** *Revista Brasileira de Estudos de População*, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43-59, jan./jun. 2006.

BENEDICT, Mark A.; MCMAHON, Edward T. **Green infrastructure: linking landscapes and communities**. Washington, DC: Island Press, 2006.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 jul. 2001.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resoluções do CONAMA: publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2012. Edição Especial.

_____. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Atlas Digital de Desastres Naturais**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/mapa-interativo.xhtml>. Acesso em: 14 mar. 2025.

_____. Ministério da Integração Nacional. **Política Nacional de Defesa Civil**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2007.

CHAN, F. K. S.; GRIFFITHS, J. A.; HIGGITT, D.; XU, S.; ZHU, F.; TANG, Y.; XU, Y.; THORNE, C. R. **“Sponge City” in China — a breakthrough of planning and flood risk management in the urban context**. *International Journal of Water Resources Development*, v. 34, n. 4, p. 755–767, 2018.

CILLIERS, E. J.. **Social perceptions of the value of green spaces: A view from the South**. *Frontiers in Sustainable Cities*, v. 4, 2023

GIL, A. C.. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HOBAN, A.. **Water Sensitive Urban Design Approaches and Their Description**. In: SHARMA, A. K.; GRAY, S.; DIAPER, C.; PIMBLETT, R. (org.). **Approaches to Water Sensitive Urban Design: Principles, Practices and Prospects**. Elsevier, 2019. p. 25-47.

IBGE. **Clima e Correntes Marítimas**. Atlas Geográfico Escolar, s.d. Disponível em: <https://atlasescolar.ibge.gov.br/mundo/2990-dinamica-dos-climas/clima-e-correntes-maritimas.html>. Acesso em: 1 abr. 2025.

IGNATIEVA, M.; STEWART, G.; MEURK, C.. **Low Impact Urban Design and Development (LIUDD): Matching Urban Design and Urban Ecology**. *Landscape Review*, v. 12, n. 2, p. 61–73, 2007.

JIA, H.; WANG, Z.; ZHEN, X.; CLAR, M.; YU, S.. **China’s Sponge City construction: A discussion on technical approaches**. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, v. 11, n. 4, 2017.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A.. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LI, H.; DING, L.; REN, M.; LI, C.; WANG, H.. **Sponge City Construction in China: A Survey of the Challenges and Opportunities**. *Water*, Basel, v. 9, n. 9, p. 594, 2017.

LI, J. Q.; XIANG, L. L.; CHE, W.; GE, R. L. **Design and hydrologic estimation method of multi-purpose rain garden: Beijing case study**. In: INTERNATIONAL LOW IMPACT DEVELOPMENT CONFERENCE, 2008, Seattle. Proceedings [...]. Reston: American Society of Civil Engineers, 2008.06

LUNA, C. R.; FRANÇA, E. B. de; BONITO, L. R.; DUTRA, L. B.; RANGEL, R. M.; VADAS, R. G.. **Incorporação de técnicas LID (Low Impact Development) em edifícios**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2020.

MARICATO, E.. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 2013.

MELO, T. dos A. T. de; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. da S. P.; ANTONINO, A. C. D.; CIRILO, J. A.. **Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 147-165, out./dez. 2014.

MENEZES, L. A. A.; FERREIRA, R. M. de V.; DE SOUZA, T. M. A.; CABRAL, J. J. da S. P.; RABBANI, E. R. K.. **Cidades esponjas e suas técnicas compensatórias: uma revisão sistemática da literatura**. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 10, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/32606/27601>. Acesso em: 14 mar. 2025.

MIRANDA, A. A. C. L. de.; REIS, F. F. dos.; MOTTA, N. F. da.; RODRIGUEZ, T. T.; BORGES, M. M.; CASTAÑON, J. A. B.; STEFANO, E. de. **Cidades-esponjas: lições da literatura científica para a prática da sustentabilidade nos desafios do ambiente construído**. *Revista Caderno Pedagógico – Studies Publicações Ltda.*, Curitiba, v.21, n.13, p. 01-26, 2024.

MONTEIRO, V. L.; ARAÚJO, G. R. M.. **Importância da implementação de cidades-esponja: um estudo do município de São José dos Campos/SP**. *Revista Ciências Exatas*, Taubaté/SP, v. 30, n. 2, 2024. ISSN 1516-2893.

NGUYEN, T. T.; NGO, H. H.; GUO, W.; WANG, X. C.; REN, N.; LI, G.; DING, J.; LIANG, H.. **Implementation of a specific urban water management - Sponge City**. *Science of the Total Environment*, v. 652, p. 147-162, 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. ONU, s.d. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 2 abr. 2025.

_____. **População mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU.** ONU, 2019. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/83427-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial-deve-chegar-97-bilh%C3%B5es-de-pessoas-em-2050-diz-relat%C3%B3rio-da-onu>. Acesso em: 31 de mar. 2025.

PINEO, H.. **Towards healthy urbanism: inclusive, equitable and sustainable (THRIVES) – an urban design and planning framework from theory to praxis.** Cities & Health, [S.l.], v. 4, n. 3, p. 1-19, 2020.

QIN, H.; LI, Z.; FU, G.. **The effects of low impact development on urban flooding under different rainfall characteristics.** Journal of Environmental Management, v. 129, p. 577-585, 2013.

SILVEIRA, G. B.; RODRIGUES, L. H. R.; DORNELLES, F. (2025). **Uso de Soluções baseadas na Natureza (SbN) pela Gestão Pública Brasileira no Manejo de Águas Pluviais Urbanas.** *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 17, e20240012.

TANSAR, H.; LI, F.; ZHENG, F.; DUAN, H.. **A critical review on optimization and implementation of green-grey infrastructures for sustainable urban stormwater management.** AQUA — Water Infrastructure, Ecosystems and Society, Londres, v. 73, n. 6, p. 1135–1150, 2024.

UNIVERSITY COLLEGE OF ESTATE MANAGEMENT (UCEM). **Sponge Cities: how can they help us cope with extreme weather?** 2024. Disponível em: <https://www.ucem.ac.uk/whats-happening/articles/sponge-cities/>. Acesso em: 14 mar. 2025.

VIJAYARAGHAVAN, K. **Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 57, p. 740-752, 2016.

WANG, H.; MEI, C.; LIU, J.; SHAO, W.. **A new strategy for integrated urban water management in China: Sponge city.** *Science China Technological Sciences*, v. 61, p. 317–329, 2018.

WONG, T. H. F. **An overview of Water Sensitive Urban Design practices in Australia.** *Water Practice & Technology*, v. 1, n. 1, p. 1–8, 2006.

ZHANG, L.; SUN, X.; XUE, H.. **Identifying critical risks in Sponge City PPP projects using DEMATEL method: A case study of China.** *Journal of Cleaner Production*, v. 226, p. 949–958, 2019.

ZHENG, Z.; DUAN, X.; LU, S.. **The application research of rainwater wetland based on the Sponge City.** *Science of the Total Environment*, 2021.