



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial  
na Gestão de Operações:**  
Limitações e possibilidades



# **AS CIDADES-ESPONJA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: ANÁLISES PARA APLICAÇÃO DO CONCEITO EM MINAS GERAIS**

**ARTHUR ALVES COSTA LIGNANI DE MIRANDA** - arthur.lignani@arquitetura.ufjf.br  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA - UFJF

**ERCILIA DE STEFANO** - ercilia.stefano@ufjf.br  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA - UFJF

**TATIANA TAVARES RODRIGUEZ** - tatiana.rodriguez@ufjf.br  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA - UFJF

**JOSÉ ALBERTO BARROSO CASTAÑÓN** - jose.castanon@ufjf.br  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA - UFJF

**ALBERTO EDUARDO BESSER FREITAG** – alberto.besser@professor.ucam.edu.br  
UNIVERSIDADE CÂNDIDO MENDES - UCAM

**ÁREA:** 9. ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE  
**SUBÁREA:** 9.1 - GESTÃO AMBIENTAL

**RESUMO:** A BUSCA PELA POSSIBILIDADE DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL É ALMEJADA DE FORMA MUNDIAL, INCLUINDO-SE PORTANTO O BRASIL. EM UMA REALIDADE NA QUAL OS DESASTRES NATURAIS E OS PROVOCADOS PELAS INTEMPÉRIES SÃO UMA PROBLEMÁTICA PREOCUPANTE, CONSIDERANDO-SE INCLUSIVE O FATO DE SE TRATAR DE ALGO RECORRENTE E RELACIONADO À HISTÓRIA DO CRESCIMENTO URBANO EM DIVERSOS CONTEXTOS, NOS QUAIS TENTAVA-SE ADAPTAR A NATUREZA À EXPANSÃO DAS ÁREAS CONSTRUÍDAS, E NÃO O CONTRÁRIO, OU SEJA, NÃO HAVENDO A ATUAÇÃO DE FORMA PREVENTIVA. DESSA FORMA, UMA MANEIRA DE TENTAR “CORRIGIR” OS PROBLEMAS JÁ VERIFICADOS E EVITAR A SUA PERPETUAÇÃO, BEM COMO PLANEJAR AMBIENTES MAIS SUSTENTÁVEIS, CONSISTE NA UTILIZAÇÃO DE SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA ATRELADAS AO DESENVOLVIMENTO DAS CIDADES E À GESTÃO AMBIENTAL, SENDO UMA DESSAS ESTRATÉGIAS AS “CIDADES-ESPONJA”, QUE TÊM SE DIFUNDIDO POR TODO O MUNDO A PARTIR DE SUA APLICABILIDADE COMPROVADA. POR CONSEQUENTE, O PRESENTE TRABALHO DESCRITIVO, POR MEIO DE PESQUISA BIBLIOGRÁFICA, TEM O OBJETIVO GERAL DE ANALISAR AS ESPECIFICIDADES, FUNDAMENTANDO OS BENEFÍCIOS POSSÍVEIS DA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DO CONCEITO NO ESTADO DE MINAS GERAIS. POR FIM, FOI POSSÍVEL PERCEBER QUE A POSSIBILIDADE DE APLICAÇÃO DO CONCEITO DE FORMA GRADUAL, CONCOMITANTEMENTE COM A QUALIFICAÇÃO E A DIFUSÃO DA TEMÁTICA, CONFEREM-A GRANDE POTENCIAL.

**PALAVRAS-CHAVES:** CIDADES-ESPONJA; CORPOS HÍDRICOS;  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.

## 1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos, indispensáveis para a sobrevivência da espécie humana, têm sua relevância para o desenvolvimento espacial exemplificada desde os primórdios do desenvolvimento das civilizações que, ao longo da história, se perpetuaram majoritariamente ao longo de rios ou outros corpos hídricos, com o papel da água ultrapassando o atendimento dos indivíduos, como também fortalecendo as relações comerciais e de comunicação, dentre outros, conforme enumerado por Baptista e Cardoso (2013).

Consequentemente, lidar com a água sempre foi algo imprescindível para o desenvolvimento das cidades. Porém, destaca-se as modificações ocorridas nesta relação no decorrer do tempo, especialmente em contextos mais recentes, com o rápido (e muitas vezes desordenado) crescimento urbano, aumento do desmatamento, e interesses econômicos: fatores inter-relacionados e que conjuntamente contribuíram para que os rios ou outros recursos hídricos perdessem o “protagonismo” nas paisagens e, em uma vasta gama de localidades, passassem a ser tratados sem o devido planejamento, ou seja, de forma secundária ou até mesmo descuidada, resultando em graves consequências para a sociedade, uma vez que:

As respostas dos sistemas fluviais urbanos – naturais ou construídos – não tardaram a vir: em um cenário pontuado pela concentração da população em cidades e pela densificação populacional em grandes metrópoles, com a frequente ocupação de áreas de risco por habitações subnormais, os prejuízos ambientais e danos socioeconômicos severos decorrentes de inundações colocam em questão os modelos de urbanização e sanitários vigentes (Baptista; Cardoso, 2013, p. 126).

Diante disso, foca-se o olhar ao contexto do Brasil, país no qual não são raras as ocorrências de enchentes e no qual já foram vivenciadas uma série de catástrofes, que relacionam as intempéries climáticas às ações antrópicas e/ou falta de planejamento urbano, que são capazes de intensificá-las. Cita-se como exemplo recente a tragédia ocorrida em 2024 no Rio Grande do Sul, deixando centenas de mortos e cidades devastadas. Ressalta-se aqui que, devido à atualidade do acontecimento, os dados oficiais seguem sendo atualizados e não é possível precisar com exatidão os números finais do desastre, porém sendo, desde o princípio, perceptível a gravidade e a urgência do assunto. Estendendo novamente a análise para a escala nacional, evidencia-se que tal tipo de ocorrência (considerando-se também as de menores portes) não é novidade, o que foi comprovado pelo Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres, que apontou que, no Brasil, “[...] as inundações repentinas são o tipo de desastre natural com maior incidência” (Cred, 2021, *apud* Wink Junior *et al.*, 2023, p.

2, tradução nossa).

Objetivando-se, não só mitigar o efeito de desastres naturais, como também evitar a ocorrência de mais possíveis tragédias desta natureza, é constante a busca por gerir o espaço urbano e os respectivos corpos hídricos. Recentemente, no contexto nacional, têm se difundido o conceito das “Cidades-Esponja”, pauta de pesquisa em países de todo o mundo, com origem na China que, conforme descreve Li *et al.* (2017), passou por um acelerado processo de crescimento urbano, ocasionando também em uma série de questões relacionadas ao meio ambiente.

Conceituando o termo “Cidade-Esponja”, ainda na perspectiva de Li *et al.* (2017, p. 2, tradução nossa), é possível verificar que:

Uma cidade-esponja refere-se ao desenvolvimento urbano sustentável, incluindo controle de inundações, conservação de água, melhoria da qualidade da água e proteção do ecossistema natural. Ela visa uma cidade com um sistema hídrico que funciona como uma esponja para absorver, armazenar, infiltrar e purificar a água da chuva, liberando-a para reutilização quando necessário.

Por influência disso, o objetivo geral do presente trabalho é analisar e explorar o conceito supracitado, correlacionando com o panorama no Brasil, mais especificamente no estado de Minas Gerais. Aspirando alcançar tal objetivo, utilizam-se critérios específicos que englobam a análise da evolução da pesquisa no assunto, conjuntamente com a exposição das peculiaridades do local de estudo.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Pretendendo compreender de maneira mais efetiva as Cidades-Esponja e seu funcionamento, especificidades e efeitos para o espaço urbano e certamente para a sociedade, é imprescindível o entendimento de como esta ideia foi construída ao longo do tempo e os estudos já desenvolvidos, permitindo e fundamentando o aprofundamento sobre a temática.

O presente trabalho propõe-se, quanto a esta seção, analisar o conceito e seus processos, permitindo compreender a relevância do assunto.

### 2.1 As soluções baseadas na natureza

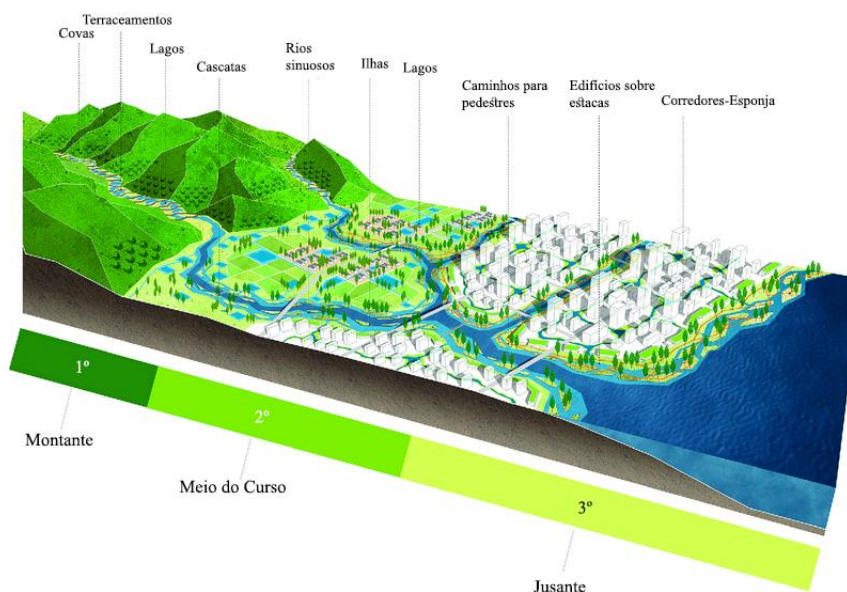
A relação humanidade-natureza, historicamente, sempre ocorreu de maneiras diversas, sendo necessário, idealmente, balancear as intervenções antrópicas e o meio ambiente. Contudo, tal relação é marcada por séries de desequilíbrios ao longo do tempo, podendo-se citar as intervenções que visam a expansão das áreas construídas e impermeabilizadas em

detrimento da natureza e tentativas (muitas vezes falhas) de controlar ou impedir o fluxo natural das águas e de outros elementos.

Na base norteadora das Cidades-Esponja, tal problemática é reduzida, uma vez que a utilização dos princípios da natureza está presente no cerne do conceito, tendo-se em vista que a mesma foi utilizada como base para a abordagem de tais cidades e o gerenciamento das questões das águas em suas áreas, conforme documentado por Peng *et al.* (2022) acerca da bibliografia sobre gestão de enchentes.

Ademais, extrapola-se as fronteiras da cidade, sendo a integração com a natureza parte indispensável para a atuação pois, essa abordagem “[...] implementa medidas de resiliência a inundações em toda a bacia, em vez da abordagem tradicional de engenharia, que geralmente se concentra no núcleo urbano construído do sistema” (Peng *et al.*, 2022, p. 24, tradução nossa). Ou seja, é interessante a inclusão da bacia hidrográfica como um todo para resultados otimizados, conforme ilustrado na Figura 1. Na perspectiva de Peng *et al.* (2022), a Figura 1 ilustra e exemplifica tal afirmação em três diferentes pontos da bacia: no primeiro, correspondente à montante, destacam-se as estratégias de retenção da água em sua fonte; no segundo, o meio do curso do corpo hídrico, aplicam-se técnicas relacionadas à redução de seus respectivos fluxos, bem como da velocidade do escoamento; enquanto no terceiro momento, que por sua vez se refere à jusante, destacam-se as adaptações capazes de otimizar o processo e os ciclos.

FIGURA 1 - Exemplo da integração de toda a bacia no conceito “Esponja”



Fonte: Peng *et al.* (2022, p. 4, tradução nossa).

Resumidamente, a adoção das estratégias guiadas pela natureza potencializa aspectos técnicos e sensoriais, com consequências positivas para a sustentabilidade, que incluem não só o combate a enchentes, inundações, enxurradas e a melhoria da qualidade da água no espaço urbano, como também as consequências diretas e indiretas disso, como a melhoria da qualidade do ar e do conforto ambiental e mais equilíbrio. Outrossim, esse potencial se conecta às pessoas, explorando a conexão da cidade com a natureza e trazendo benefícios psicológicos e físicos (Herzog; Freitas; Wiedman, 2022).

## 2.2 As Cidades-Esponja no contexto chinês

Na China, “berço” do conceito e local onde mais se investe no desenvolvimento do mesmo, bem como precursor de grande parte das pesquisas e bibliografias que abarcam o assunto até o presente momento, as soluções baseadas na natureza introduzidas na subseção anterior, estiveram e se mantêm na mentalidade social e profissional desde épocas antecedentes.

Tradicionalmente, de acordo com Yin *et al.* (2022), o ideal vinculado às Cidades-Esponja de utilização de estratégias naturais de infiltração, armazenamento e purificação da água está relacionado a antigas sabedorias chinesas, desde a dinastias de séculos anteriores, com utilizações relacionadas à agricultura, como por exemplo terraceamentos. Por conseguinte, evitava-se ainda erosões e aproveitava-se melhor a topografia dos terrenos. Portanto percebe-se que, naquele contexto, desde muito tempo, buscava-se:

combinar o ambiente de vida com o ambiente natural para realizar a reciclagem das águas pluviais. No desenvolvimento dos assentamentos, os antigos chineses também aproveitaram o poder natural para coletar águas pluviais para utilização e para drená-las com segurança (Yin *et al.*, 2022, p. 4, tradução nossa).

Destarte, a partir do emprego das estratégias e da constante melhoria no decorrer dos anos, a implementação na China pode ser melhor configurada, o que será abordado mais detalhadamente a seguir.

## 2.3 Gestão de Cidades-Esponja

Obviamente, a implantação das Cidades-Esponja deve ser planejada e gerida de forma criteriosa e cuidadosa, considerando tratar-se, imprescindivelmente, de um trabalho interdisciplinar e que deve envolver uma vasta gama de atores do poder público, técnicos e desejavelmente a sociedade.

Sinteticamente, tomando como base experiências de implantação na China, segundo



Yin *et al.* (2022), nas etapas de implementação, tem-se o governo como figura principal, assumindo a responsabilidade inicial e atuando na promoção. Adiante, é vital apontar a presença da tecnologia na fase do planejamento em todos os respectivos níveis, bem como nas etapas projetuais, construtivas e operacionais. Destaca-se nestes três últimos tópicos o incentivo para as parcerias público-privadas que, além de enriquecer e envolver a gestão a partir da integração entre os envolvidos, visa otimizar o processo como um todo.

Ainda na perspectiva de Yin *et al.* (2022), quanto à realidade da atuação chinesa na gestão urbana, percebeu-se o crescente interesse na utilização efetiva do conceito, sendo perceptível as conquistas e benefícios alcançados até o momento, o que impulsiona o interesse na temática por todo o mundo.

É importante destacar a necessidade de que os gestores atuem de maneira conjunta e integrada, considerando as especificidades do local e de seus cidadãos, conforme declara Li (2024), que comprova os benefícios da construção das Cidades-Esponja para a população e para a saúde, contudo, ressaltando que a heterogeneidade presente nas áreas urbanas é algo que representa um desafio, cuja superação tende a levar para cidades saudáveis. O correto direcionamento das políticas públicas promove, nesse contexto, resultados igualitários e positivos.

## **2.4 Aspectos técnicos para implantação das estratégias**

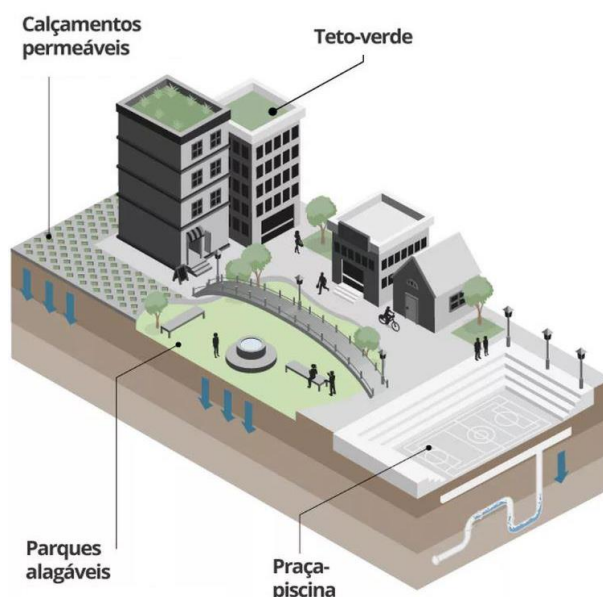
Previamente aos aprofundamentos acerca dos aspectos técnicos e estratégias presentes nas Cidades-Esponja, é inevitável ressaltar o caráter multidisciplinar e sua fundamentalidade para o sucesso das implantações, bem como as qualificações e treinamentos para os profissionais, como é sugerido por Yin *et al.* (2022), ressaltando-se a importância do trabalho de arquitetos, urbanistas, engenheiros e equipe da construção civil em geral, bem como designers, gestores, dentre outros, que devem trabalhar concomitantemente em busca de alcançar os objetivos almejados.

De maneira geral, conforme introduzido anteriormente, no âmbito dos espaços naturais, nos quais a abordagem e o cuidado já devem estar presentes, podem-se citar algumas medidas já conhecidas para o fortalecimento da implantação, que englobam todos os trechos pelos quais os corpos hídricos perpassam, conforme enumerado por Peng *et al.* (2022), como o florestamento, utilização de plataformas ou terraços nos campos, respeito aos relevos diversos, bem como as formas dos rios, entre outras. Em resumo, técnicas já conhecidas amplamente e relacionadas à promoção da sustentabilidade ambiental são indispensáveis para o conceito.

Na escala urbana, Li *et al.* (2020) aponta algumas das principais estratégias das Cidades-Esponja na mitigação das inundações, que englobam a utilização de elementos como: coberturas verdes, utilizando elementos naturais para cobrir as edificações e consequentemente explorar a relação presente na natureza no ambiente construído e ademais “[...] proporcionar um espaço verde atraente nas áreas centrais da cidade” Li *et al.* (2020, p.2, tradução nossa); pisos permeáveis, tanto em calçadas como em áreas tradicionalmente pavimentadas, permitindo à água “[...] infiltrar-se das camadas superficiais para as camadas de base de agregados de alta porosidade, e então percolar para o subsolo para apoiar a recarga de água subterrânea ou ser encaminhada através de sistemas de drenagem subterrânea” (Li *et al.*, 2020, p. 2-3, tradução nossa); jardins de chuva, que são projetados “[...] para receber o excesso de água da chuva dos telhados de edifícios próximos e superfícies duras, e filtrá-la através de camadas de areia vegetadas” (Li *et al.*, 2020, p. 3, tradução nossa), sendo ainda uma técnica que demanda pouca manutenção; e por fim a presença de áreas úmidas ou alagáveis, com atuação correlata à melhoria da qualidade da água, além de corresponder a “[...] um valioso ativo natural para uma cidade, pois proporcionam áreas de espaço aberto com benefícios recreativos” (Li *et al.*, 2020, p. 3, tradução nossa), como por exemplos espaços usados como piscinas.

Esses elementos abordados no parágrafo anterior têm sido objeto de ampla discussão em bibliografias e mídias por todo o mundo, especialmente as áreas da gestão ambiental e do urbanismo, tendo em vista a aplicabilidade e os resultados comprovadamente positivos para o ambiente. A Figura 2 ilustra de forma resumida e esquemática a aplicação desses tópicos, demonstrando em um pequeno recorte de um modelo de cidade, a aplicação de técnicas como as supracitadas e a integração de soluções que levam em consideração a natureza e a permeabilidade, em diferentes escalas. Em tal Figura, apresentam-se de maneira idealmente conjunta, podendo, porém, aplicá-las separadamente.

FIGURA 2 - Elementos aplicáveis nas Cidades-Esponja.



Adaptado de: G1 (2020).

Conclusivamente acerca deste tópico, aponta-se que devido à aplicabilidade e possibilidade de uso do conceito para melhorias urbanas, que pode ocorrer de maneiras mais amplas ou parciais, tem extrapolado fronteiras e obtido resultados positivos em todo o mundo, conforme reportado por Médici; Macedo (2020), citando como exemplo as adoções em cidades como Berlim, Nova York, Copenhague, Roterdã, dentre outras.

### 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A metodologia adotada no presente trabalho englobou uma análise do conceito de Cidades Esponja e da evolução da pesquisa relacionada à temática, especialmente nos contextos mais recentes, considerando a constante atualização temática. Visando alcançar os objetivos, adota-se uma abordagem qualitativa e um caráter exploratório, considerando as definições de Gil (2022) para o delineamento da pesquisa bibliográfica, utilizando-se como fontes de consulta predominantemente artigos científicos publicados em periódicos e livros.

Para a realização da pesquisa bibliográfica, de maneira mais aprofundada, realizou-se a identificação das fontes relevantes, que incluíram as buscas em bases de dados como o Portal de Periódicos CAPES, o *Google Scholar* e o *ScienceDirect*. Ademais, propondo-se a compreender as especificidades e o histórico em Minas Gerais, acrescentaram-se às buscas documentos presentes em repositórios institucionais de universidades locais, bem como periódicos que aprofundam quanto a tal contexto, o que também leva em conta os



procedimentos de Gil (2022).

Adotou-se um recorte temporal que priorizou a utilização de materiais recentes, especialmente no que tange as Cidades-Esponja, cuja difusão tem ocorrido de maneira constantemente atualizada. Para tanto, tal recorte temporal adotado nas bases de dados considerou predominantemente as produções e pesquisas publicadas entre os anos de 2019 a 2024. A exceção quanto ao prazo dos últimos cinco anos ocorreu em casos específicos, correlatos a análises históricas, como é o caso das relações entre as cidades e os corpos hídricos no passado, cuja definição histórica se mantém.

Visando otimizar a pesquisa, utilizaram-se principalmente os termos “*Sponge Cities*” e “*Nature-based solutions*”, bem como as respectivas traduções, que são “Cidades-Esponja” e “Soluções baseadas na Natureza”, inicialmente de maneira independente, considerando-se que são amplamente relacionados. Ademais, as buscas englobaram as transformações ao longo do tempo e diferentes contextos, com destaque para a “China”, onde a aplicação ocorre da forma mais intensa, utilizando-se em seguida este termo de maneira combinada com os citados anteriormente. Para contextualizar com o estado de Minas Gerais, incluíram-se fontes de consulta específicas do local, principalmente bibliografias acerca da urbanização e da sustentabilidade. Ademais, levaram-se em consideração alguns dos princípios do protocolo denominado *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* – PRISMA 2020 (Page *et. al*, 2020), que se relaciona com as revisões dos materiais previamente publicados, ou seja, da evolução da pesquisa e sua revisão, bem como na exclusão de registros duplicados ou que não se relacionavam diretamente com o tema do presente trabalho.

## 4. DISCUSSÕES E RESULTADOS

Após a etapa de exploração das Cidades-Esponja e de fundamentação teórica, na qual pode-se comprovar a atualidade e a relevância do tema, de maneira conjunta com as respectivas especificidades e demandas, busca-se correlacionar o assunto com o estado de Minas Gerais, o qual enfrenta desde tempos passados até os dias atuais, uma série dos problemas os quais podem ser mitigados ou resolvidos a partir da implantação do conceito, explorando as possibilidades e também limitações e desafios a serem enfrentados.

### 4.1 Contextualização acerca do estado de Minas Gerais

Situado na região sudeste do Brasil, o estado de Minas Gerais compartilha características em comum com outras áreas da nação, sendo uma delas a falta de planejamento

durante os processos de urbanização em uma vasta gama de municípios, com muitas áreas que cresceram de forma espontânea e descontrolada, o que ocasiona uma série de desafios. Ademais, até mesmo as cidades planejadas presentes no estado enfrentam problemas urbanos, muitas vezes relacionados ao rápido crescimento e a reduzida empregabilidade de técnicas de resiliência e baseadas na natureza. Tais considerações podem ser explicadas considerando-se que:

[...] processos de urbanização sustentável são uma realidade ainda distante e utópica para muitos países e regiões, especialmente no sul global, onde comumente as cidades refletem a negligência e o descaso histórico com o meio ambiente e são espaços de desigualdade e de segregação da população (Nascimento *et al.*, 2023, p. 197).

Durante os processos de urbanização de muitas cidades mineiras, os rios cumpriram papel estruturador, retomando as abordagens de Baptista e Cardoso (2013), com a urbanização se perpetuando ao redor destes, inclusive em áreas inundáveis, o que, em conjunto com o aumento das áreas impermeabilizadas e o aumento da poluição, contribuiu simultaneamente para a piora da qualidade da água e para o aumento do risco e da frequência de inundações, exemplificando maneiras nas quais a urbanização impactou (e ainda impacta) os meios naturais. Ademais, a realização da canalização, ocorrida em vários cursos hídricos, faz com que o quadro se agrave e os impactos sejam ainda mais devastadores.

Toma-se como exemplo, em um primeiro momento, a experiência de Belo Horizonte, capital e cidade mais populosa do estado e que, apesar de ser uma cidade cuja urbanização foi planejada, enfrenta tais problemas, especialmente devido ao grande crescimento populacional e urbano, com canalizações e impermeabilização dos solos, conforme estudado por Rodrigues (2020). Ademais, é interessante ressaltar que, em decorrência das particularidades citadas, pode-se dizer que a cidade passou “[...] a apresentar seu movimento próprio, no qual a atuação controladora do Estado continua a ter importância, mas não age sozinha” (Melo, 2019, p. 20). Ou seja, passando por séries de transformações e adaptações.

Isto posto, Rodrigues (2020, p. 55) conclui que “[...] as transformações urbanísticas no município priorizaram as medidas estruturais intensivas através da abertura de canais ou galerias, impermeabilização do solo e a aceleração do escoamento superficial”. Tal constatação pode ser resumida como um caso no qual a urbanização intensa ocorreu em detrimento do respeito aos cursos d’água e da natureza, característica comum a outras cidades do mesmo estado e país, e que embasam o objetivo de explorar a possibilidade da adoção de técnicas de Cidades-Esponja, a qual aborda-se a seguir.

## 4.2 Potencialidades, aplicabilidade, desafios e limitações

Yu (2020), cuja atuação precursora é destaque no conceito das Cidades-Esponja, reitera o potencial das soluções guiadas pelos elementos naturais e o caráter benéfico dessas para o enfrentamento de enchentes, poluição e outros problemas climáticos intensificados historicamente por abordagens que colocaram o crescimento urbano intenso à frente do ambiente natural. Dessa forma, a utilização do desenvolvimento sustentável contribui inevitavelmente para a resiliência urbana e para melhorar a qualidade de vida, demandando, porém, avanços tecnológicos e atualizações em muitas ideologias até o momento predominantes. Ressalta-se também a necessidade da adoção de tais técnicas, inclusive de forma global, na jornada em busca por desenvolvimento sustentável e saudável.

Sendo perceptível a demanda pelo respeito e integração da natureza na gestão ambiental, em substituição às abordagens que lutem contra elas, Baptista e Cardoso (2013, p. 136) já apontavam para atualização da mentalidade, sabendo-se que “[...] atuais tendências de intervenção apontam para a adoção de abordagens mais integradas, incorporando aspectos de cunho ambiental e social às análises tecnológicas e de custo-benefício”. Essas abordagens são tendência mundial, que buscam integrar a água ao desenvolvimento, tornando os espaços urbanos “sensíveis à água”, dando sequência a análises acerca do planejamento ambiental e urbano.

Em um estudo acerca da gestão ambiental e da urbanização sustentável, que englobou 88 municípios do estado de Minas Gerais, Nascimento *et al.* (2023, p. 206), identificou-se que os principais e mais recorrentes desafios consistiram em: “falta de recursos”, “falta de pessoal”, “falta de um projeto político de longo prazo” e “descontinuidade de gestão”. Apesar de tal complexidade, é perceptível quanto ao desenvolvimento e urbanização sustentáveis que “contam a favor diversos mecanismos e instrumentos previstos na legislação brasileira [...]” (Nascimento *et al.*, 2023, p. 197). Isso permite inferir quanto ao potencial da aplicabilidade deste tipo de conceito, considerando-se que, apesar de nem sempre a utilização das políticas públicas ocorrer de forma totalmente efetiva, estas são favoráveis à busca por melhorias e inovações.

Quanto aos desafios citados acima e à existência de políticas públicas que visam o enfrentamento, cita-se, para além da legislação ambiental e urbana, o Decreto nº 10.534, de 28 de outubro de 2020, que “institui a Política Nacional de Inovação e dispõe sobre a sua governança” (Brasil, 2020, n.p.). Esse Decreto, ultrapassando o viés econômico, corresponde a um incentivo para a qualificação dos profissionais e a “[...] busca de novas estratégias e

alternativas de soluções tecnológicas” (Brasil, 2020, n.p.), podendo-se traçar um paralelo na questão do estímulo ao desenvolvimento e à sustentabilidade. A atualidade de tal legislação não só comprova a demanda por tecnologias capazes de otimizar os diversos ambientes, como também pode ser usada para fundamentar estratégias como as Cidades-Esponja, conjuntamente com estímulos a relações desejáveis entre os atores da gestão ambiental e pública, além de parcerias e pesquisas.

Considerando-se que Cidades-Esponja e outras técnicas semelhantes encontram-se dentro de “[...] um amplo leque de possibilidades e intervenções inspiradas na natureza para tratar de alguns dos desafios globais mais urgentes, como a mudança do clima, segurança hídrica e alimentar, saúde e redução dos riscos de desastres” (Herzog; Freitas; Wiedman, 2022, p. 16), conclui-se que os benefícios de tais técnicas obviamente excedem as limitações, que apesar de existentes, devem ser superadas.

A característica da espontaneidade ou falta de planejamento em muitas cidades (ou áreas delas) constitui claramente um complicador para a implementação efetiva e otimizada de todos os critérios presentes no conceito, simultaneamente, especialmente ao se considerar que muitos dos rios apresentam atualmente dimensões e formas reduzidas ou modificadas, em alguns casos com a presença de construções, inclusive informais, em seus entornos imediatos. Neste quesito, a ampla gama de possibilidades supracitadas é uma das principais formas de iniciar a aplicação no contexto estudado.

Em uma revisão bibliográfica acerca deste tipo de cidade, Menezes *et al.* (2022, p. 12) conclui tratar-se de “[...] um caminho viável enquanto alternativa de planejamento urbano sustentável, em relação ao manejo de águas pluviais urbanas, resultando em redução das perdas e capacidades de resposta adaptativa para as inundações urbanas”, com enfoque para a urgência de considerar a realidade e as especificidades de cada cidade, bem como as políticas públicas e os incentivos nas regiões, para que a aplicação ocorra de maneira cuidadosa e não genérica.

Pensando-se no caso de Minas Gerais, em síntese, seria interessante que medidas correlatas às Cidades-Esponja começassem a ser incentivadas e introduzidas pelo poder público de forma gradual para que, mesmo não sendo plausível realizar de imediato reformas urbanas completas, esse tipo de tecnologia possa, paulatinamente, se tornar efetivamente parte da realidade local, iniciando-se por atuações mais simplificadas, como por exemplo o incentivo a calçamentos permeáveis e tetos-verdes, que podem ser incorporados nas edificações particulares e públicas de forma benéfica e aplicável, para então, ao longo do tempo e a partir de pesquisas e adaptações, englobar medidas em diferentes escalas, como a

criação dos parques e intervenções nos corpos hídricos em maior porte.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo de todo o trabalho, foi amplamente visível a relevância e a atualidade das Cidade-Esponjas. Apesar de se tratar de um conceito que tem emergido em contextos mais recentes, este surge como uma grande oportunidade em lidar com problemas recorrentes nos espaços urbanos em vários países, inclusive o Brasil.

Percebe-se a importância dos corpos hídricos para todo o espaço urbano e, concomitantemente, para toda a população, e que muitas técnicas construtivas aplicadas historicamente para tentar limitar ou impedir o fluxo natural da água, como barragens e canalizações, relacionam-se a resultados adversos tanto a longo quanto a curto prazo. Portanto, a adoção de soluções que se baseiam na natureza e a abordam de forma integrada e respeitosa, e que deveriam ter sido pensadas desde os primórdios do desenvolvimento urbano, é indicada como ideal para tentar mitigar e resolver muitos dos problemas citados.

O aproveitamento do poder da natureza para o desenvolvimento das cidades e infraestruturas de forma mais resiliente, sustentável e adaptada à realidade, como indicado por Yu (2021), consiste em objeto multidisciplinar e que corresponde a um desafio e, sobretudo, a uma grande oportunidade.

As técnicas utilizadas para a aplicação do conceito têm sido abordadas no campo do urbanismo e da gestão ambiental, o que corrobora a sua relevância. A possibilidade da aplicação das técnicas de forma progressiva e adaptada a cada local, fortalece a ideia da utilização, especialmente após a compreensão do sucesso ocorrido nas cidades na qual já têm sido adotadas.

Em conclusão acerca da situação no Brasil e mais especificamente em Minas Gerais, percebe-se o potencial da utilização do conceito, o que pode-se considerar inclusive como algo cujo incentivo ocorre a partir das políticas públicas e de inovação tecnológica. Ademais, a gestão ambiental adequada nesse contexto, que aspira-se proliferar a partir de incentivos à qualificação dos profissionais e da difusão da importância da temática, especialmente em um estado no qual problemas como enchentes, inundações e poluição dos corpos hídricos não são incomuns, tendem a incorporar a atuação, seja ela pública, privada ou até mesmo em parcerias público-privadas, contribuindo para que, mesmo não de forma imediata, as Cidades-Esponja passem a incorporar a realidade local, equivalente ao que ocorre comprovadamente em outros lugares do mundo.

Sobretudo, retoma-se enfaticamente a relevância da temática, mesmo ao levar-se em consideração os desafios e limitações presentes na pesquisa bibliográfica e especialmente na convergência entre o conceito e o estado de Minas Gerais, não somente devido às dimensões e especificidades do local, como também devido à difusão da ideia das Cidades Esponja estar ocorrendo inicialmente no Brasil somente em contextos mais recentes. Tal percepção é, por si própria, a indicação da atualidade do assunto e de seu potencial, sugerindo-se a continuidade dos presentes estudos, bem como o desenvolvimento de outros estudos futuros, visando corroborar a ideia acerca do conceito e sua aplicação.

## REFERÊNCIAS

BAPTISTA, Márcio Benedito; CARDOSO, Adriana Sales. Rios e cidades: uma longa e sinuosa história. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, v. 20, n. 2, p. 124-153, 2013.

BRASIL. **Decreto nº 10.534, de 28 de outubro de 2020**. Institui a Política Nacional de Inovação e dispõe sobre a sua governança. Brasília, DF, 2020a. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/decreto/D10534.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10534.htm). Acesso em: 03 jun. 2024.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7 ed. Barueri [SP]: Atlas, 2022. ISBN978-65-597-7164-6.

HERZOG, Cecilia; FREITAS, Tiago; WIEDMAN, Guilherme. **Soluções baseadas na natureza e os desafios da água** – Acelerando a transição para cidades mais sustentáveis. [S. l.]. 2022.

LI, Hui; DING, Liuqian; REN, Minglei; LI, Changzhi; WANG, Hong. Sponge city construction in China: A survey of the challenges and opportunities. **Water**, v. 9, n. 9, p. 594, 2017.

LI, Yan; LI, Hong Xian; HUANG, Jiaxin; LIU, Chunlu. An approximation method for evaluating flash flooding mitigation of sponge city strategies—a case study of Central Geelong. **Journal of Cleaner Production**, v. 257, p. 120525, 2020.

LI, Yue. Sponge city construction and population health. **Frontiers in Public Health**, v. 12, p. 1285568, 2024.

MÉDICI, Daniel; MACEDO, Letícia. Cidades-esponja: conheça iniciativas pelo mundo para combater enchentes em centros urbanos. **G1**, 16 fev. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/mundo/noticia/2020/02/16/cidades-esponja-conheca-iniciativas-pelo-mundo-para-combater-enchentes-em-centros-urbanos.ghtml>. Acesso em: 28 mai. 2024.

MELO, Ana Carolina Andrino de. Reflexões sobre a história social dos rios no processo de produção do espaço de Belo Horizonte. **Revista Eletrônica do Arquivo Público da Cidade**



**de Belo Horizonte**, Belo Horizonte, v. 6, n. 6, dez. 2019. p.11-33. Disponível em: [https://issuu.com/apcbh/docs/reapcbh\\_v.6\\_b4effdaa3f60a3](https://issuu.com/apcbh/docs/reapcbh_v.6_b4effdaa3f60a3). Acesso em: 10 jun. 2024.

MENEZES, L. A. A.; FERREIRA, R. M. de V.; SOUZA, T. M. A. de; CABRAL, J. J. da S. P.; RABBANI, E. R. K. Sponge city and its compensatory techniques: a systematic literature review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 10, p. e119111032606, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i10.32606. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/32606>. Acesso em: 29 mai. 2024.

NASCIMENTO, Alexandre Túlio Amaral; SANTOS, Thaís Mara Monteiro dos; OLIVEIRA, Anderson Rodrigues de; LOBO, Farley Rocha; MAGNO, Juliana Nascimento; CRISTOFOLI, Gustavo Tofanin. Desafios e oportunidades da urbanização sustentável e da gestão ambiental municipal em 88 cidades do estado de Minas Gerais, Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 62, 2023.

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, 372, n. 71, p. 1-9, 2021. DOI:<http://dx.doi.org/10.1136/bmj.n71>. Disponível em: <https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71>. Acesso em: 25 jun. 2024.

PENG, Xiao; HENG, Xianpei; LI, Qing; LI, Jianxia; YU, Kongjian. From sponge cities to sponge watersheds: Enhancing flood resilience in the Sishui River Basin in Zhengzhou, China. **Water**, v. 14, n. 19, p. 3084, 2022.

RODRIGUES, Lorrany Antunes Alves. **Impacto do processo de urbanização na formação de enchentes e alagamentos em Belo Horizonte, MG**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2020.

WINK JUNIOR, Marcos Vinício; DOS SANTOS, Lucas G.; RIBEIRO, Felipe Garcia; DA TRINDADE, Carolina S. Natural disasters and poverty: evidence from a flash flood in Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, p. 1-22, 2023.

YIN, Dingkun; XU, Changqing; JIA, Haifeng; YANG, Ye; SUN, Chen; WANG, Qi; LIU, Sitong. Sponge city practices in China: From pilot exploration to systemic demonstration. **Water**, v. 14, n. 10, p. 1531, 2022.

YU, Kongjian. Climate Adaptation and Resilience. **Landscape Architecture Frontiers**, v. 9, n. 6, 2021.

YU, Kongjian. The Conflict Between Two Civilizations: On Nature-Based Solutions. **Landscape Architecture Frontiers**, v. 8, n. 3, p. 7-9, 2020.