

ESTRATÉGIAS DE SUSTENTABILIDADE NA APLICAÇÃO DA TRAMA AZUL E SUA VISIBILIDADE NO PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL

 <https://doi.org/10.56238/sevened2025.001-051>

Valéria Borges Yonegura

Doutoranda PROPUR-UFRGS

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

E-mail: projetobyvaleria@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3892-0825>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5184364734002065>

François Laurent

Professor Le Mans Université - UMR ESO

E-mail: Francois.Laurent@univ-lemans.fr

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3833-2022>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9969382109875336>

André Luiz Lopes da Silveira

Professor PROPUR-UFRGS

E-mail: andre@iph.ufrgs.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9875-879X>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9174721769328279>

RESUMO

No conceito de Infraestrutura Verde (IV) estão inseridas diferentes estratégias, ou abordagens relacionadas à sustentabilidade, como: espaços verdes, Cidades Esponja (*Sponge Cities Program*, SCP), Soluções Baseadas na Natureza (SBN) e gestão hídrica, como Melhores Práticas de Gestão (*Best Management Practices*, BMPs) e Desenvolvimento de Baixo Impacto (*Low Impact Development*, LID). Incluída neste conceito está a Trama Azul (TA), ou Infraestrutura Azul (IA), que está implícita ou até mesmo ausente na produção científica referente à IV. Esta pesquisa investiga a integração da Trama Azul na relação entre a Infraestrutura Verde (IV) e o planejamento urbano e regional (PUR), como importante estratégia de sustentabilidade e resiliência. Por meio da análise de artigos científicos publicados entre 2018-2024, buscou-se observar a visibilidade da Trama Azul em estratégias de PUR sustentável utilizando IV, em diversas aplicações, como também em *Écoquartiers*, ou Ecobairros. As publicações mostram níveis variados de exposição e ênfase desta trama, além de barreiras para sua implementação. O objetivo deste estudo é demonstrar que o papel da Trama Azul vai além da gestão de recursos hídricos, controle de enchentes e soluções de mitigação e que, para aumentar a sustentabilidade e a resiliência urbana, sua interconexão com outros elementos de planejamento deve ser considerada desde o início dos projetos e intervenções. Para isso, se propõe um breve *framework* para implementação da IV no PUR baseado nos autores da amostra pesquisada. Uma vez que para alcançar o PUR sustentável é necessária uma abordagem holística, considerando planejamento estratégico, inovação tecnológica, considerando os serviços ecossistêmicos e sobretudo a equidade socioambiental.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável; Gestão da água; Infraestrutura Verde Azul; Infraestrutura Verde; Planejamento Urbano e Regional; Trama verde azul; Uso do solo.

1 INTRODUÇÃO

Apesar do reconhecimento crescente da infraestrutura verde (IV) como um instrumento para fortalecer a resiliência urbana, sua implementação ainda esbarra em desafios financeiros, institucionais, sociais e tecnológicos, dificultando sua consolidação nas políticas de Planejamento Urbano e Regional (PUR) (Elderbrock *et al.*, 2020; Matsler *et al.*, 2021; Reu Junqueira; Serrao-Neumann; White, 2023; Wilfong *et al.*, 2023). Essa dificuldade se torna ainda mais evidente diante da intensificação dos desastres climáticos e do avanço da urbanização, que impõem uma pressão crescente sobre os ecossistemas e a infraestrutura das cidades. A IV se apresenta como uma solução capaz de mitigar os impactos ambientais, fortalecer a conectividade ecológica e contribuir para a sustentabilidade urbana (Ahern, 2013; Mell, 2010, 2015; Pauleit *et al.*, 2017). No entanto, um dos principais entraves para sua adoção efetiva é a lacuna entre a produção acadêmica e sua aplicação prática, dificultando a disseminação do conhecimento e a tradução do conceito para gestores e tomadores de decisão (Sinnott *et al.*, 2018).

No conceito pioneiro de IV de Benedict e McMahon (2006), “*an interconnected network of protected land and water that supports native species, maintains natural ecological processes, sustains air and water resources and contributes to the health and quality of life for communities and people*” (em Pellegrino; Ahern, 2023)¹, está inclusa a infraestrutura azul e a importância de seus serviços ecossistêmicos no suporte a esses processos. A conectividade presente neste conceito, princípio caro ao planejamento ecológico da paisagem, reforça a interdependência entre os sistemas naturais e humanos (Fletcher *et al.*, 2014; Mell, 2010; Ndubisi, 2002). Além disso, é importante haver um consenso sobre o conceito e seus termos, para existir uma conexão eficiente entre planejadores, comunidades, formuladores de políticas, partes interessadas e outros agentes tanto no planejamento quanto na implementação da IV (Fletcher *et al.*, 2014; Matsler *et al.*, 2021; Mell, 2010).

A divergência na nomenclatura, definições e objetivos da IV, dependendo da área ou localização geográfica, pode dificultar sua aplicação, planejamento, manutenção e seus benefícios (Matsler *et al.*, 2021; Mell, 2010). Ao mesmo tempo, em que o termo "Infraestrutura verde" é costumeiramente usado de forma ampla e genérica, abrangendo sua multipotencialidade, a infraestrutura azul (IA) é ocultada, ignorada ou tratada separadamente. O oposto ocorre na França, onde o termo *Trame verte et Bleue* (TVB), ou Trama verde azul (TVA) em português, se refere a um conceito e diretrizes extraídos da Lei Grenelle I de 2009 (Centre de Ressources Trame Verte et Bleue, sd), aumentando a visibilidade da infraestrutura azul e garantindo igualdade com a verde nos

¹ “uma rede interconectada de terras e águas protegidas que sustenta espécies nativas, mantém processos ecológicos naturais, sustenta recursos de ar e água e contribui para a saúde e qualidade de vida de comunidades e pessoas” (em Pellegrino; Ahern, 2023, tradução livre).

procedimentos de planejamento urbano e regional. O termo *Blue Green Infrastructure* (BGI), ou Infraestrutura Verde Azul (IVA), tem sido usado recentemente para se referir também à TVB.² Isso nos leva à pergunta: como a Trama Azul (TA) é considerada em estudos que abordam o processo de criação ou regeneração de paisagens urbanas e regionais?

Esta pergunta poderia ser inicialmente respondida com as cidades-esponja e os *écoquartiers*. Estas são abordagens exemplares dentro do planejamento urbano, promovendo a integração da infraestrutura azul como estratégia fundamental para a sustentabilidade. O conceito de cidades-esponja surge como uma resposta à necessidade de reconfigurar o meio urbano para melhor gerenciar a água, um planejamento além da mitigação de enchentes. O Programa Cidade Esponja (SCP) propõe a incorporação da água como elemento estruturante do espaço urbano, proporcionando uma drenagem eficiente, promovendo a recarga dos aquíferos, a melhoria da qualidade hídrica e a ampliação de espaços verdes, com impactos positivos na regulação climática e na redução de emissões de carbono (Nguyen *et al.*, 2019). A aplicação da IV, sobretudo de sua Trama Azul, é o eixo central desse modelo, permitindo que as cidades aumentem sua resiliência hídrica e ecológica de forma integrada ao tecido urbano.

Paralelamente, os *écoquartiers* franceses se mostram como um experimento urbanístico potencialmente sustentável, ao estruturar bairros que conciliam demandas ambientais, sociais e econômicas. Esses projetos funcionam como laboratórios para o desenvolvimento de soluções urbanas sustentáveis, adotando certificações ambientais, processos participativos e estratégias de governança multiescalar (Bonard; Matthey, 2010; Chastenet *et al.*, 2016). A importância da gestão descentralizada da água nesses bairros é reforçada, enfatizando a integração da TA, associando-a ao desenho urbano e ao envolvimento comunitário. Assim, tanto as cidades-esponja quanto os *écoquartiers* demonstram que a Trama Azul pode ser um eixo estruturante do planejamento urbano, favorecendo a adaptação climática e a qualidade de vida nas cidades.

Este estudo busca compreender como a Trama Azul é abordada e incorporada na relação PUR e IV. Identificando desafios e possibilidades para a inclusão da Trama Azul (TA) no planejamento espacial e na regeneração urbana. A metodologia adotada baseia-se em uma revisão de literatura que analisou publicações entre 2018 e 2024, focadas na intersecção entre “gestão da água” ou “recursos hídricos” e planejamento urbano e regional. Esse recorte permitiu mapear como a TA, integrada ao conceito de IV, tem sido discutida na literatura acadêmica. A escolha desse método justifica-se pela necessidade de traçar um panorama atualizado do conhecimento sobre o tema, identificar tendências emergentes e destacar lacunas críticas para pesquisas futuras e para formulação de políticas. A opção

² O conceito de BGI recentemente difundido foi inicialmente baseado em Benedict e McMahon (2006), que mais tarde foi ampliado globalmente e consolidado como Infraestrutura Verde (IV) (Mell; Scott, 2023).

por uma revisão de literatura, em vez de uma abordagem sistemática rígida, possibilitou a seleção de estudos mais diretamente conectados à relação entre TA e PUR, conforme os filtros utilizados nas próprias bases de dados.

Os resultados revelam que, apesar do aumento da frequência e gravidade dos desastres climáticos e do crescimento da produção acadêmica na área, a TA ainda recebe pouca atenção no planejamento urbano. Sua presença é mais evidente em estudos sobre gestão hídrica e controle de enchentes, mas raramente aparece como um elemento estruturante do planejamento urbano e regional. Essa omissão compromete a capacidade das cidades de enfrentar os desafios das mudanças climáticas e reduz o potencial da IV como ferramenta de equidade socioambiental (Pauleit *et al.*, 2017). A literatura sobre gestão da água permanece centrada na concepção de infraestruturas e sistemas técnicos, muitas vezes desconsiderando a organicidade dos processos e a necessidade de uma abordagem integrada. É preciso que a continuidade espacial e funcional no PUR seja analisada em termos de conectividade física das paisagens, mas também é necessário verificar a fluidez no relacionamento entre atores envolvidos e nos desdobramentos dos projetos. Nesse sentido, a ideia de um *continuum*, como proposto por Spirn (1995), se conecta à abordagem de conectividade explorada por Ndubisi (2002) e Benedict e McMahon (2006), ampliando a compreensão da TA dentro do tecido urbano.

A relevância deste estudo reside em sua contribuição para evidenciar o papel da TA em pesquisas que tratam da relação entre IV e PUR, preenchendo uma lacuna na literatura. Ao integrar diferentes perspectivas e oferecer uma análise crítica, pretende-se, além de informar, estimular debates acadêmicos e práticos, impulsionando políticas mais abrangentes e eficazes que reconheçam a TA como um elemento central na construção de cidades resilientes.

2 A ABORDAGEM METODOLÓGICA

Para atingir o objetivo deste estudo, adotou-se uma abordagem de revisão bibliográfica, essencial para uma compreensão aprofundada do tema e para a integração crítica dos resultados mais relevantes encontrados na literatura. A pesquisa foi conduzida a partir de artigos das áreas de infraestrutura verde e planejamento urbano, nas bases de dados Web of Science (WOS) e Scopus.

A busca inicial foi realizada utilizando o termo “Green Infrastructure” (Infraestrutura Verde), abrangendo tanto os tópicos quanto os títulos, resumos e palavras-chave dos artigos publicados de 1995 a 2024. Com o recorte temporal do período de 2018 a 2024, a seleção foi restrita a artigos revisados por pares. Ao todo, foram identificados 4.712 artigos na WOS e 4.353 artigos na Scopus.

Para refinar os resultados, filtros específicos foram aplicados. Na WOS, a pesquisa foi limitada às categorias de Estudos Ambientais (*Environmental Studies*), Estudos Urbanos (*Urban Studies*), Ecologia (*Ecology*), Recursos Hídricos (*Water Resources*), Planejamento Urbano e Regional (*Regional Urban Planning*), Conservação da Biodiversidade (*Biodiversity Conservation*), Estudos de



Desenvolvimento (*Development Studies*) e Engenharia Ambiental (*Environmental Engineering*), resultando em 725 artigos. A partir dessa amostra, foram selecionados 116 artigos com foco em Recursos Hídricos (*Water Resources*) e 64 artigos relacionados ao Planejamento Urbano Regional (*Regional Urban Planning*). Para assegurar a qualidade da amostra, duplicatas foram eliminadas e a seleção final de 22 artigos foi feita com base na relevância de seus títulos, resumos e palavras-chave, com destaque para a confluência da infraestrutura verde com recursos hídricos e planejamento regional.

Na Scopus, a pesquisa também foi direcionada para a área de Ciências Ambientais (*Environmental Sciences*) e filtrada para as subcategorias de Planejamento Urbano (*Urban Planning*), Desenvolvimento Urbano (*Urban Development*), Projeto Urbano (*Urban Design*) e Planejamento da Cidade (*City Planning*), resultando em uma amostra de 219 artigos. A análise subsequente, com base nos títulos, resumos e palavras-chave, levou à seleção de 32 artigos que exploravam a interseção entre infraestrutura verde, planejamento urbano e recursos hídricos.

Em um segundo ciclo de análise na Scopus, a pesquisa foi restringida à categoria Gestão Hídrica (*Water Management*), que originou 150 artigos. Com foco específico em planejamento urbano (*Urban Planning*), 82 artigos foram selecionados com base em palavras-chave relacionadas, como área urbana (*urban area*), uso do solo (*land use*), desenvolvimento sustentável (*sustainable development*), urbanização (*urbanization*) e cidade (*city*). Após uma triagem cuidadosa, 23 artigos foram selecionados e, finalmente, 50 publicações de relevância significativa foram selecionadas para análise mais detalhada.

Esta pesquisa também foi ampliada com a inclusão de livros, teses e manuais que tratam da interseção entre infraestrutura verde e planejamento urbano. Esses materiais foram identificados por meio de bases de dados adicionais e redes acadêmicas, como ResearchGate, Academia e Google Acadêmico. Essa estratégia de inclusão contínua assegurou que a revisão da literatura fosse abrangente, atualizada e refletisse tanto as contribuições anteriores quanto as mais recentes sobre o tema. Encontra-se em anexo o quadro com as referências e títulos dos artigos, fornecendo uma breve visão geral dos artigos selecionados.

3 A TRAMA AZUL NA RELAÇÃO ENTRE A INFRAESTRUTURA VERDE E O PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL

Os autores pesquisados veem a incorporação da IV no planejamento urbano como uma ferramenta para a regeneração urbana na busca de sustentabilidade e de benefícios sociais. A IV é tida como uma estratégia capaz de aumentar a resiliência das cidades diante das mudanças climáticas e da rápida urbanização; incluindo o uso de IV na gestão da água.

A gestão das águas pluviais está ligada às práticas de IV vistas como abordagens de resiliência, como na produção de alimentos em áreas urbanas (Nasr; Potteiger, 2023). Sugestões, como converter estradas em espaços verdes (Lee; Kim, 2023) e áreas de gramado em áreas de plantio (Elderbrock *et al.*, 2020), são vistas pelos autores como soluções para aumentar a infiltração de águas pluviais, a biodiversidade, a conectividade e a estética da paisagem. A renaturalização dos sistemas hídricos também é sugerida de forma que imite a drenagem natural e restaure os ecossistemas aquáticos (Gougeon *et al.*, 2023; Matsler *et al.*, 2021), assim como o uso da própria infraestrutura natural, ou uso da BGI, no combate às inundações (Hamel *et al.*, 2021) e para promover a equidade e a justiça ambiental (Hoover *et al.*, 2021).

3.1 A MULTIFUNCIONALIDADE DOS SERVIÇOS PROVENIENTES DA IV

Conforme afirmado anteriormente, os autores reforçam essa perspectiva de multifuncionalidade ao sugerir que a IV seja usada para fornecer uma variedade de serviços como: controle de enchentes, melhoria da qualidade do ar e oportunidades recreativas, além de integrar comunidades historicamente sub-representadas e vulneráveis, as envolvendo em seu projeto (Hasala; Supak; Rivers, 2020). A incorporação da IV (tanto suas áreas verdes que contribuem para a drenagem quanto sua infraestrutura azul) no PUR tem o potencial de estimular a justiça social ao dissolver desigualdades históricas e racismo sistêmico no planejamento urbano (Hoover *et al.*, 2021), favorecendo a equidade, protegendo comunidades de inundações e da falta de gestão de águas pluviais (Conway *et al.*, 2022).

Autores recomendam que essas comunidades sejam revitalizadas com financiamento público, incorporando IV de pequena escala, como telhados verdes (Song; Hemingway; Park, 2024), ou mediante outras Soluções Baseadas na Natureza (SBN, ou *Nature-based Solutions*, NbS) (Liu; Wu, 2022) em áreas degradadas e vulneráveis (Hasala; Supak; Rivers, 2020), proporcionando o bem-estar humano, restaurando a conexão das pessoas com a natureza (Sinnott *et al.*, 2018). Vários autores (Kooy; Furlong; Lamb, 2020; Kvamsås, 2021; Rojas *et al.*, 2022; Wilfong *et al.*, 2023) defendem o uso de SBN, abordagem parte da IV (Fletcher *et al.*, 2014), independentemente da escala, além da observação de Serviços Ecossistêmicos (SE, ou *Ecosystem Services*, ES), ou serviços ecológicos, na integração de IV e PUR.

Conforme as pesquisas desta amostra de artigos, para que essas iniciativas sejam bem-sucedidas, são necessárias regulamentação e o desenvolvimento de padrões claros para sua implementação. Cidades como Malmö, Suécia (Schubert *et al.*, 2017), com telhados verdes e espaços verdes ou *wetlands* construídas, como no Parque Nacional Krueger, África do Sul (Staddon *et al.*, 2018), demonstram que regulamentações que exigem a inclusão de IV em novos empreendimentos podem garantir que ela seja integrada aos planos de desenvolvimento urbano de forma sustentável. No

entanto, os formuladores de políticas devem ser incluídos no processo de pesquisa, acessando seus resultados, para que os mesmos possam ser traduzidos em políticas de forma eficiente.

Os autores pesquisados identificaram algumas lacunas que também precisam ser abordadas, como a falta de pesquisa longitudinal sobre os resultados da relação saúde e IV, além da escassez de ênfase no design no planejamento destas infraestruturas (Sinnott *et al.*, 2018). Somadas a estas lacunas e às preocupações com o gerenciamento dos recursos hídricos e mitigação de inundações, estudos propõem o uso da multifuncionalidade da IV em iniciativas de políticas urbanas, partindo pelo planejamento do uso do solo. Alguns autores desta amostra sugerem a incorporação da IV no planejamento urbano e regional, com referência direta ou indireta à política de uso do solo. Para garantir um maior sucesso em sua implantação, a IV deveria ser incluída desde o início dos projetos de desenvolvimento urbano, ou a partir da análise de cenários em caso de regenerações urbanas, considerando os requisitos distintos de cada local (Liu; Wu, 2022).

3.2 A INCLUSÃO DA IV NO PLANEJAMENTO URBANO E EM SEU USO DO SOLO

O potencial da inclusão da IV nas políticas de uso do solo é raramente discutido na literatura acadêmica. Muitos artigos enfatizam a importância de se incorporar a IV ao planejamento, mas nem sempre associam o uso do solo nesta dinâmica. Além da menção ao uso do solo na construção e previsões de cenários (Liu; Wu, 2022), apenas outro item de nossa amostra de artigos, Axelsson *et al.* (2020), lida de forma mais incisiva com a questão do uso do solo, direcionando a forma urbana em conjunto com a infraestrutura verde e azul. Este artigo também examina o uso de sistemas de IV naturais e seminaturais para a obtenção de maior controle das consequências do desenvolvimento do ambiente urbano e do combate às inundações pluviais e ilhas de calor.

A integração da IV na política do uso do solo reforça a necessidade de usá-la como ferramenta na proteção de ecossistemas e para mudanças de paradigmas. A gestão das águas pluviais, por exemplo, poderia ser melhorada por meio de esforços de mitigação, como a criação de uma legislação que impedisse o aumento de superfícies impermeáveis, além do controle da gestão de densificação urbana, reduzindo preocupações ambientais (Muller; Mitova, 2023). A valorização de regiões como *wetlands* e planícies de inundação, áreas que contribuem para o ciclo hidrológico (Hamlin; Nielsen-Pincus, 2020), seria favorecida por tais políticas, facilitando a conservação do que é frequentemente visto como uma barreira à expansão urbana (Rojas *et al.*, 2022).

4 INSERÇÃO DA IV NA LEGISLAÇÃO DE USO DO SOLO PARA PROMOÇÃO DA CONECTIVIDADE ECOLÓGICA E JUSTIÇA SOCIOAMBIENTAL: ATORES, ESCALA E CARACTERÍSTICAS LOCAIS

A conectividade ecológica é essencial para a eficácia da IV no desenvolvimento urbano, pois promove a resiliência do ecossistema e melhora a qualidade ambiental. O estabelecimento de corredores ecológicos conecta partes de ecossistemas naturais e áreas verdes urbanas, garantindo a continuidade dos processos ecológicos. Esses corredores promovem o movimento de espécies e a troca de genes entre populações, aumentando a biodiversidade urbana e auxiliando na preservação de ecossistemas naturais em áreas urbanizadas (Heim LaFrombois *et al.*, 2022). A restauração de planícies de inundação também enriquece a conectividade por meio da interconexão com rios e outros corpos d'água, ao mesmo tempo, em que fomenta serviços ecossistêmicos importantes, como mitigação de enchentes e disponibilidade de água (Hamlin; Nielsen-Pincus, 2020).

Considerando esses temas, conectividade e uso do solo, os autores acreditam que a incorporação da IV ao planejamento urbano promove a resiliência ambiental ao favorecer a mobilidade das espécies e a manutenção de processos ecológicos essenciais (Heim LaFrombois *et al.*, 2022). O estabelecimento de corredores ecológicos e a restauração de planícies de inundação melhoram a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. Mas, para tornar isso exequível e bem-sucedido, estes, devem ser incorporados às regulamentações de uso do solo (Hamlin; Nielsen-Pincus, 2020; Hoover *et al.*, 2021; Liu; Wu 2022; Johns, 2019), com foco nas características locais e nas necessidades da comunidade (Kooy; Furlong; Lamb, 2020; Kvamsås, 2021; Wilfong *et al.*, 2022).

A conectividade também precisa ser definida em termos de redes coesas de infraestrutura verde urbana (IVU), nas quais vários elementos, como telhados verdes, *bioswales* e jardins pluviais, estejam interconectados e trabalhem juntos. Utilizando Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e teorias estabelecidas de conectividade de paisagens, é possível detectar áreas propensas à fragmentação e priorizar ações que reconectem esses elementos verdes (Zheng; Barker, 2021). Embora a adoção dessas estratégias pelas populações locais esteja frequentemente ligada ao valor recreativo e à acessibilidade às novas áreas verdes, os profissionais de planejamento geralmente as direcionam para obter ganhos na biodiversidade e na vida selvagem (Morris; Tippett, 2023). Trabalhando de forma integrada, se aumenta a resiliência ecológica, permitindo que as funções do ecossistema sejam mantidas mesmo em contextos urbanos complexos.

Ao conciliar a IV com a legislação de uso do solo urbano, são desenvolvidas redes produtivas e integrativas que conectam vários usos do solo e iniciativas de BGI, aumentando assim o impacto positivo da IV. Com isso, os resultados vão além da sustentabilidade, com conectividade e ganhos de serviços ecossistêmicos; eles criam um ambiente urbano resiliente, capaz de lidar com tensões sociais e ecológicas. Como exemplo, a adição de hortas comunitárias e hortas urbanas neste contexto



maximiza os benefícios sociais, ao mesmo tempo, em que melhora a inclusão da comunidade no processo de planejamento (Nasr; Potteiger, 2023).

A implementação da IV no planejamento urbano, combinada com políticas de uso do solo, requer uma abordagem holística. Segundo Hamlin e Nielsen-Pincus (2020), há 3 dimensões da IV: tecnológica, social e ecológica, e entre as intervenções políticas que podem incentivar o seu uso, os autores mencionam a mudança de regras como regulamentações contábeis, incluindo nestas os valores não monetários da natureza. Sobre esses valores, observa-se que as percepções sobre as áreas úmidas mudaram, o que era visto anteriormente como locais de expansão do mercado imobiliário, tornou-se um ativo com valor ambiental, com potencial para reduzir a dependência de infraestrutura cinza. Essa benéfica mudança protege as *wetlands* do desenvolvimento indiscriminado, favorecendo suas funções ambientais na gestão de águas pluviais e na resposta a riscos naturais (Johns, 2019; Rojas *et al.*, 2022). Hoover *et al.* (2021) acrescentam que a IV deve ser incorporada às políticas de uso do solo como um importante componente do planejamento urbano, para garantir que os espaços verdes e as SBNs sejam integrados ao processo de desenvolvimento, em vez de serem considerados posteriormente. O gerenciamento dos recursos hídricos pelas cidades pode ser realizado de forma mais satisfatória, reduzindo os efeitos das superfícies impermeáveis, através do desenvolvimento de regras do uso do solo, auxiliada por práticas de modelagem para avaliar as alterações da superfície urbana (Muller; Mitova, 2023).

Para que haja uma implementação eficaz da IV, tanto os fatores locais quanto os legados históricos das regiões urbanas devem ser levados em consideração. Os autores enfatizam que o planejamento da IV deve ser adaptado às circunstâncias climáticas e às características físicas do local, como tipos de superfícies urbanas e sensibilidade a inundações, utilizando modelagem hidrológica e conhecimento da comunidade local (Kooy; Furlong; Lamb, 2020; McFarland *et al.*, 2019), ecoando o método de Ian McHarg³. Essa abordagem integrada permite decisões mais acertadas sobre o uso do solo com base nas características ambientais e sociais de cada local, garantindo que a IV atenda às necessidades individuais da comunidade. Entretanto, em alguns países em desenvolvimento, a parceria entre instituições e iniciativas de IV pode ser influenciada por práticas históricas de racismo institucionalizado, como ocorreu em cidades americanas, demonstrando que os impactos da IV podem variar significativamente dependendo de como e onde ela é implementada, podendo, em certos contextos, perpetuar desigualdades socioespaciais (Heck, 2021; Hoover *et al.*, 2021).

A governança urbana e as regulamentações municipais desempenham um papel importante na priorização e gestão da IV. A criação de regulamentações municipais baseadas em diretrizes de projeto

³ Em sua visão ecológica, o “Método McHarg” ou “Método da Universidade da Pensilvânia” via a cidade como um ecossistema formado pela soma de processos históricos, biológicos, físicos e sociais (McHarg, 2000; Ndubisi, 2002).

é capaz de criar um ambiente regulatório que promove a implementação equitativa e eficiente da IV (Staddon *et al.*, 2018; Walker, 2021). Dividindo as áreas urbanas em zonas funcionais, como as zonas de controle de risco de inundações, pode-se colher o máximo de benefícios da IV. Mais uma vez, aqui é reforçada a importância de se considerar as características de cada local.

Em termos de governança e formação de políticas, a amostra demonstra duas abordagens distintas nos Estados Unidos, onde o *ethos* político local impulsiona as políticas de uso do solo e prioriza projetos sustentáveis em Portland e Phoenix. Enquanto Portland adota uma estratégia progressiva e integrada, Phoenix, que se concentra no desenvolvimento econômico, com interferência mínima do governo, incentivando a eficiência acima da sustentabilidade (Fink, 2018). Ainda sobre governança, os autores apontam que o envolvimento social maximiza vantagens sociais e ambientais. Iniciativas participativas, que envolvem o público no projeto, implementação e monitoramento, desempenham um papel importante na aceitabilidade de novos espaços verdes (Fink, 2018; Nasr; Potteiger, 2023; Song; Hemingway; Park, 2024).

Ao contrário da produção de trabalhos referentes à participação pública, a interconexão ecológica e o uso do solo recebem atenção mínima na amostra de artigos estudados.

4.1 COLABORAÇÃO INSTITUCIONAL, GOVERNANÇA, PARTICIPAÇÃO POPULAR E JUSTIÇA SOCIAL NA IMPLEMENTAÇÃO DA IV

A natureza multidisciplinar e multiescalar, combinada com abordagens holísticas, melhora a implementação da IV. Barreiras técnicas e sociais são superadas por meio da colaboração entre planejadores, pesquisadores e profissionais de diversas áreas (ecologia, engenharia e planejamento urbano) para desenvolver soluções urbanas mais eficazes, mitigar problemas como inundações, restaurar ecossistemas e melhorar a qualidade de vida urbana (Hamel *et al.*, 2021; Hamlin; Nielsen-Pincus, 2020; Matsler *et al.*, 2021; Probst *et al.*, 2022; Zuniga-Teran *et al.*, 2019). Programas colaborativos como o BiodiverCity⁴ demonstram o bom impacto da cooperação interinstitucional no fomento da biodiversidade e na extensão de áreas verdes urbanas (Schubert *et al.*, 2017).

O desenvolvimento de soluções integradas que combinem infraestruturas verdes e azuis para fomentar a resiliência urbana é facilitado pelo trabalho colaborativo entre agências municipais responsáveis pelo planejamento urbano, água e meio ambiente (Kvamsås, 2021). A comunicação eficiente entre os profissionais envolvidos, como engenheiros e planejadores, garante a validade técnica das sugestões (Giner *et al.*, 2019) e, considerando as necessidades e preferências da comunidade, a aceitação e o envolvimento dessas iniciativas aumentam. A participação popular na

⁴O projeto teve como objetivo promover a biodiversidade e aumentar a sustentabilidade em áreas urbanas por meio da identificação de novas abordagens, colaboração com instituições e empresas e incorporação de SE no design urbano (Schubert *et al.*, 2017).

tomada de decisões resulta em práticas adaptáveis às demandas locais, fortalece a legitimidade das iniciativas (Heim LaFrombois *et al.*, 2022; Kvamsås, 2021), aumentando a confiança na eficácia das medidas adotadas, com a abordagem de “aprender fazendo” (Morris; Tippet, 2023). Isso promove o senso de pertencimento e a responsabilidade compartilhada, além de incentivar a criação e manutenção colaborativa de espaços verdes (Song; Hemingway; Park, 2024).

A participação ativa da comunidade no projeto e implementação (Elderbrock *et al.*, 2020) pode garantir o sucesso e a distribuição equitativa das intervenções de IV. Mesmo em bairros temporários, ou transitórios, é importante dar mais voz aos moradores, impulsionando iniciativas de base (Zheng; Barker, 2021). É preciso conscientizar e educar o público sobre a importância da IV, a fim de reduzir a poluição e os efeitos das mudanças climáticas. Novas tecnologias ajudam a comunicar os impactos e visualizá-los na paisagem local, mesmo aqueles antes invisíveis, como a poluição, contribuindo para a compreensão da comunidade sobre técnicas e possíveis soluções (Dean *et al.*, 2022). Apoiar atividades de base, treinar a população e aumentar o conhecimento sobre os benefícios da IV são fatores essenciais para incentivar a aceitação local da BGI, impulsionar o envolvimento dos cidadãos e apoiar a tomada de decisões descentralizadas. Após décadas de gestão centralizada, é necessária uma reformulação de como membros da sociedade veem suas responsabilidades e deveres para gerenciar águas pluviais (Wilfong *et al.*, 2023). Embora o significado da BGI varie entre os atores envolvidos, seus objetivos na promoção da sustentabilidade podem servir como um ponto de convergência (Willems *et al.*, 2020).

Portland é um exemplo de estratégia participativa que usa tomada de decisão colaborativa para desenvolver estratégias climáticas inovadoras e inclusivas (Fink, 2018). Já Phoenix, adotou uma abordagem oposta, centralizada e mais típica de governança de cima para baixo, que se concentra na eficiência e nos interesses corporativos, tornando suas iniciativas climáticas tecnocráticas e reativas, mais preocupadas com as necessidades econômicas imediatas do que com a sustentabilidade a longo prazo. Como é demonstrado nestes dois exemplos, diferenças culturais e políticas podem impactar a governança (Fink, 2018).

Para garantir que a IV seja plenamente incorporada ao planejamento urbano, é fundamental articular estratégias tanto de cima para baixo (*top-down*) quanto de baixo para cima (*bottom-up*), a inovação nos modelos de governança é essencial, facilitando assim a adaptação da cidade às mudanças climáticas (Staddon *et al.*, 2018). Além disso, a adoção da IV deve ser complementada por leis que previnam a gentrificação, frequentemente associada à revitalização urbana. Para garantir que as vantagens da IV sejam distribuídas de forma justa e não piorem as desigualdades atuais ou históricas (Hoover *et al.*, 2021), são necessárias também propostas de regulamentações sobre especulação imobiliária, controle de aluguéis e apoio à habitação cooperativa (Walker, 2021).



Em St. Louis (EUA), por exemplo, o legado de segregação racial e as práticas de planejamento discriminatórias resultaram em desigualdades consideráveis no fornecimento de infraestrutura e de investimento (Heck, 2021). Isso pode ser combatido via consultas públicas e workshops, garantindo que essas comunidades minoritárias e historicamente marginalizadas sejam atendidas, incentivando um desenvolvimento urbano mais equitativo e inclusivo (Hoover *et al.*, 2021). Os processos participativos permitem que a população expresse suas opiniões e identifique áreas prioritárias para intervenções de IV, abordando questões ambientais específicas e promovendo soluções que reflitam as preocupações locais (Elderbrock *et al.*, 2020). Comunidades de baixa renda também podem ser integradas por meio de programas de incentivo, como subsídios e isenções fiscais, garantindo distribuição equitativa de benefícios ligados à IV.

A diversidade de relações hidrossociais⁵ (Wilfong *et al.*, 2023), incluindo diversas perspectivas sobre a descentralização da gestão de águas pluviais, é essencial para que as soluções de IV funcionem como catalisadores de justiça social e equidade urbana, em vez de apenas atender às demandas imediatas (Wilfong *et al.*, 2022). Para incluir a IV em um contexto maior de sustentabilidade, são necessárias estratégias de planejamento urbano que priorizem a qualidade ambiental e a justiça social (Zheng; Barker, 2021). Para isso, os custos de instalação e manutenção dos moradores devem ser reduzidos, removendo barreiras financeiras que excluem populações desfavorecidas, promovendo a coesão social e melhorando a qualidade de vida (Kooy; Furlong; Lamb, 2020; Matsler *et al.*, 2023; Walker, 2021).

A implementação da IV para enfrentar os desafios ambientais e sociais contemporâneos requer uma forte colaboração interinstitucional, somada à simplificação dos processos administrativos para direcionar os investimentos de forma inclusiva, aumentar a acessibilidade do programa, evitar a gentrificação e promover a gestão integrada de áreas verdes e águas urbanas (Matsler *et al.*, 2023; Walker, 2021; Wilfong *et al.*, 2022). Mesmo no setor privado, é preciso que sejam elaboradas medidas para incentivar os proprietários a tornarem suas terras mais acessíveis para estabelecer espaços verdes (Song; Hemingway; Park, 2024), fortalecendo assim as conexões comunitárias. Considera-se que tanto a IV como a TA atendem às demandas culturais e estéticas das pessoas que habitam no ambiente urbano, ajudando no estabelecimento de áreas públicas agradáveis e na valorização do patrimônio histórico e paisagístico (Gašparović; Sopina; Zeneral, 2022).

O envolvimento interdisciplinar e colaborativo entre diversas partes interessadas, incluindo comunidades locais, ONGs, agências governamentais e o setor privado, desenvolve uma compreensão compartilhada dos benefícios da IV (McFarland *et al.*, 2019; Willems *et al.*, 2020). A pesquisa de Johns (2019) expõe o quanto conhecer a IV e seus papéis no planejamento urbano facilita o avanço de

⁵“Hydrocitizenship relations”: descentralização da gestão das águas pluviais e promoção da cidadania hídrica, ou o aumento da responsabilidade cidadã, alcançada pela compreensão dos papéis envolvidos e da função das autoridades públicas, assim como da própria posição como cidadão ao aceitar suas obrigações (Wilfong *et al.*, 2023).

sua implementação. Em sua pesquisa, os entrevistados eram pessoas envolvidas em políticas de IV e estes chegaram a um consenso de que os municípios precisam fazer mais sobre IV na gestão de águas pluviais.

A eficácia da IV depende do envolvimento público e de sua capacidade de fomentar uma mudança cultural que reconheça a sua relevância no planejamento urbano. Isso é possível por meio de medidas de base, como educação e atividades de conscientização, que capacitam os cidadãos e incentivam a adoção voluntária de comportamentos sustentáveis (Fink, 2018; Morris; Tippet, 2023). A coordenação entre os setores público e privado, ONGs e comunidades locais promove o compartilhamento de conhecimento e a otimização de recursos, enquanto a participação de instituições acadêmicas contribui para a troca de informações e a identificação de melhores práticas a serem implementadas (Heim LaFrombois *et al.*, 2022; Johns, 2019) em um ambiente de aprendizagem social promovido pelo envolvimento contínuo das partes interessadas (Hamel *et al.*, 2021).

Mesmo no monitoramento, a abordagem participativa para a supervisão da IV se mostra essencial para alinhar as percepções das diversas partes interessadas envolvidas e garantir a distribuição equitativa dos recursos, buscando soluções além dos problemas de precipitação (Axelsson *et al.*, 2020) ou medidas de gestão dos recursos naturais (Morris; Tippet, 2023). Como dito anteriormente, a participação legítima da comunidade deve ser abordada durante todo o processo, do planejamento às operações contínuas, com táticas ajustadas para refletir os resultados e desenvolver novos requisitos (Matsler *et al.*, 2023).

4.2 A IMPORTÂNCIA DA ESCALA E DOS FATORES LOCAIS

Os autores pesquisados ainda destacam o papel da IV no planejamento urbano na resolução de problemas de acessibilidade (Morris; Tippet, 2023) e outros problemas causados pela rápida urbanização (Zheng; Barker, 2021). Eles enfatizam a necessidade de se trabalhar em pequenas escalas (Wilfong *et al.*, 2022), ou em escala de bairro (Zheng; Barker, 2021), para entender melhor as características locais e, de acordo com Wilfong *et al.* (2022), para imitar de forma mais eficiente processos naturais como infiltração e evapotranspiração. Os pesquisadores ressaltam que a IV deve ser usada para gerenciar águas pluviais e melhorar a qualidade da água, especialmente em áreas vulneráveis a inundações (Gašparović; Sopina; Zeneral, 2022) ou em regiões com eventos climáticos extremos (Gougeon *et al.*, 2023).

Alguns acadêmicos enfatizam a necessidade de focar nas especificidades da geografia e nas peculiaridades locais. Seguindo o exemplo da água do degelo em países atingidos pela neve, células de biorretenção são propostas como uma estratégia para melhorá-la, reduzindo contaminantes da precipitação e melhorando a qualidade ambiental urbana (Gougeon *et al.*, 2023; Kooy; Furlong; Lamb, 2020; Morris; Tippet, 2023; Nguyen *et al.*, 2019; Walker, 2021). Além da qualidade da água, os

autores enfatizam a relevância da quantidade de água, destacando a necessidade de combinar políticas de IV com os atuais esquemas de infraestrutura cinza, assim como em cidades costeiras (Johns 2019; Rojas *et al.*, 2022).

O sucesso na sustentabilidade e manutenção da aplicação de IV na UP depende não apenas das características locais (Carter *et al.*, 2017; Dean *et al.*, 2022; Zheng; Barker, 2021), mas também das demandas das comunidades incluídas no planejamento, particularmente no Sul Global que enfrenta desafios severos (Zuniga-Teran *et al.*, 2019). Para isso, é necessário desenvolver novos estatutos que estimulem a adoção da IV, regulamentações, como realocar recursos financeiros para priorizar investimentos voltados à sustentabilidade e resiliência das cidades (Axelsson *et al.*, 2020; Cousins; Hill, 2021; Walker, 2021). Também é importante incentivar a educação e o conhecimento sobre a IV para obter o apoio da comunidade e garantir que os projetos satisfaçam seus requisitos (Dean *et al.*, 2022), evitando a gentrificação verde (Walker, 2021), enquanto melhora sua aceitação, resultando em uma nova relação de responsabilidade cidadã (Wilfong *et al.*, 2023).

5 FERRAMENTAS, ABORDAGENS E BARREIRAS NA APLICAÇÃO DA IV

5.1 FERRAMENTAS PARA DAR SUPORTE AO DESIGN DE IV

Na amostra estudada, pesquisas e ferramentas foram desenvolvidas para melhorar a implementação da IV. Por exemplo, a pesquisa de Wang *et al.* (2023) sobre a otimização de infraestrutura verde, infraestrutura cinza e infraestrutura azul, com base em zonas funcionais espaciais. Nesta, é sugerido que esta abordagem oferece uma solução mais confiável e adaptável para o gerenciamento de águas pluviais urbanas, ao mesmo tempo em que estas zonas funcionais servem como referência para o projeto e layout de IV em áreas urbanas. Esta abordagem poderia ser acompanhada por ferramentas desenvolvidas por outros autores, tais como: o Índice de Avaliação de Custo-Eficácia da Infraestrutura Verde (GICRI)⁶ (Reu Junqueira; Serrao-Neumann; White, 2023), uma ferramenta que pode auxiliar os tomadores de decisão a priorizar investimentos em IV, informando onde e como implementar essas soluções de forma mais eficaz, ou uma ferramenta de configuração espacial que podem auxiliar gestores a priorizar investimentos em IV, uma ferramenta de otimização multiobjetivo⁷, informando onde e como implementar soluções assertivas, desenvolvida por Chen *et al.* (2024).

⁶*Green Infrastructure Cost-Effectiveness Rating Index (GICRI)*: Ajuda a priorizar investimentos em IV, levando em consideração cenários climáticos e incertezas associadas, e buscando assertividade na implementação com base em análises que levem em conta as projeções variações nas circunstâncias climáticas, como frequência e intensidade das chuvas. Em seu ensaio, os autores abordam a importância de abordagens inovadoras e proativas para a gestão de riscos de inundações, nas quais a infraestrutura azul pode desempenhar um papel significativo (Reu Junqueira; Serrao-Neumann; White, 2023).

⁷ A ferramenta combina o Modelo de Gestão de Águas Pluviais (*Storm Water Management Model*, SWMM) e o Algoritmo Evolutivo de Pareto com Força, ou, *Strength Pareto Evolutionary Algorithm* (Chen *et al.*, 2024).

Com foco em TA, esta última ferramenta examina as relações hidrológicas entre vários tipos de infraestrutura verde, incluindo telhados verdes e pavimentos permeáveis. O objetivo é determinar a configuração ideal de infraestrutura verde em uma área-alvo, considerando a eficiência hídrica e os custos ao longo do ciclo de vida, enfatizando a importância de considerar as especificidades do local onde os sistemas de IV serão implementados, bem como sugerir o uso de SBNs na gestão de águas urbanas (Chen *et al.*, 2024).

5.2 TÉCNICAS APONTADAS PELOS AUTORES PARA APLICAÇÃO DE IV NA GESTÃO DA ÁGUA

A amostra também inclui trabalhos que abordam o tema de uma forma mais técnica e focada na engenharia do que no planejamento urbano, destacando a importância de avaliar as interações entre as diversas estruturas e sistemas empregados na gestão da água. Mas, ao projetar a paisagem com IV, eles seguem o mesmo raciocínio de autores mais voltados ao planejamento urbano e regional. Estes, levam em consideração outros fatores, como localização, características hidrológicas e tipo de uso do solo para melhorar a eficácia da implementação da IV (Chen *et al.*, 2024; McFarland *et al.*, 2019), integrando infraestruturas verdes, azuis e cinzas, maximizando a absorção de água da chuva e reduzindo o escoamento superficial (Chen; Wang; Wu, 2024) e mitigando a poluição térmica que degrada os ecossistemas aquáticos (Simpson; Winston, 2022).

Esta parte da amostra de artigos se concentra em abordagens de IV, onde seu uso se dá por meio de valas vegetadas e outras práticas de controle de águas pluviais, recomendadas para reduzir o volume e a vazão do escoamento em bacias hidrográficas em escala suburbana e de bairro, ao mesmo tempo em que fornecem serviços ecossistêmicos (Woznicki; Hondula; Jarnagin, 2018). No entanto, estudos demonstram que as Medidas Descentralizadas de Controle de Águas Pluviais (SCMs)⁸ são mais eficazes do que a infraestrutura tradicional (sistemas de meio-fio e sarjeta) em eventos de precipitação com menos de 20 mm, que são mais frequentes, mas podem não ser suficientes quando não integradas com outras infraestruturas em eventos maiores (Woznicki; Hondula; Jarnagin, 2018). Estudos também sugerem que os SCMs podem não fornecer tratamento suficiente para proteger os ecossistemas de águas frias do desenvolvimento urbano, exigindo uma limitação de áreas impermeáveis e o uso de LIDs, entre outras estratégias (Simpson; Winston, 2022).

Três termos com maior foco em recursos hídricos são encontrados na amostra: Sistemas Verde-Azul (ou *Blue Green Systems*, BGS), Sistema Verde-Cinza-Azul Integrado (*Integrated Green-Gray-Blue System*, IGGB) e Cidades Esponja (*Sponge Cities Program*, SCP). Na aplicação do BGS, elementos verdes e azuis (vegetação e água) são combinados para maximizar os serviços ecossistêmicos e melhorar a conectividade entre os espaços naturais, mitigando o calor urbano e

⁸ *Decentralized stormwater control measures* (SCMs).

proporcionando múltiplos benefícios ambientais (Probst *et al.*, 2022). Já o IGGB para gestão de águas pluviais, propõe um modelo para avaliar a interação de infraestruturas verde-cinza-azul e determinar o arranjo espacial que maximiza a absorção de água da chuva, minimizando o escoamento superficial, aumentando a capacidade de drenagem e melhorando a circulação natural da água em áreas urbanas (Chen; Wang; Wu, 2024). O Programa SCP foi lançado pelo governo chinês, associando técnicas tradicionais de gestão da água ao conceito LID (Chikhi *et al.*, 2023).

5.3 CIDADES DE ESPONJA E ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA DA IV

A construção de cidades esponja, ou o *Sponge Cities Program* (SCP), desenvolvido na China em 2013 é um modelo urbanístico que propõe uma gestão integrada da água urbana, inspirada na capacidade dos ecossistemas naturais de absorver, armazenar e filtrar a água da chuva (Chan *et al.*, 2018; Chikhi *et al.*, 2023; Ahmed *et al.*, 2024; Wang, 2024a), uma medida de enfrentamento contra inundações, escassez hídrica e degradação ambiental.

Baseando-se em princípios de Infraestrutura Verde (IV) e Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID), as cidades esponja priorizam soluções baseadas na natureza (Chan *et al.*, 2018), como parques inundáveis, telhados verdes, pavimentos permeáveis, jardins de chuva e *wetlands* artificiais (Chan *et al.*, 2018; Ahmed *et al.*, 2024; Wang, 2024). Essas estruturas reduzem o escoamento superficial e mitigam inundações, além de melhorar a qualidade da água, recarregam aquíferos e promovem a biodiversidade urbana (Nguyen *et al.*, 2019; Wang, 2024).

A Figura 1 ilustra o funcionamento de uma cidade esponja, destacando como a água da chuva é coletada, filtrada e reutilizada. Infraestruturas como telhados verdes, jardins de chuva e pavimentos permeáveis contribuem para a redução do escoamento superficial, minimização de alagamentos e mitigação do efeito de ilha de calor, promovendo uma gestão sustentável dos recursos hídricos urbanos (Chen; Chen, 2020).

Figura 1: Esquema de funcionamento de uma Cidade Esponja



Fonte: Adaptado de Chen e Chen, 2020

A viabilidade econômica e a eficácia de soluções como esta podem ser validadas por meio de ferramentas como o *Storm Water Management Model* (SWMM)⁹, utilizado na modelagem hidrológica para prevenção de inundações (Mei *et al.*, 2018). Além disso, a análise do custo do ciclo de vida desta abordagem, assim como em outras abordagens da IV, pode assegurar a sustentabilidade financeira dos investimentos, considerando custo de implantação, operação e benefícios de longo prazo (Kvitsjøen *et al.*, 2021).

A colaboração entre setores sociais (Kvitsjøen *et al.*, 2021) e regulamentações locais em conformidade com as características hidrológicas, climáticas e do solo (Nguyen *et al.*, 2019) fazem com que as iniciativas de IV sejam bem-sucedidas e sustentáveis nas cidades. O planejamento estratégico de um Sistema Integrado de Gestão de Águas Pluviais (*Integrated Stormwater Management System*, ISMS) incorporando tecnologias IV e LID otimizaria seus benefícios e reduziria os riscos de inundações. Uma vez que o uso intensivo de sistemas de IV em eventos não extremos pode minimizar a profundidade da inundação e a velocidade do escoamento (Kvitsjøen *et al.*, 2021), proporcionando uma gestão hídrica mais eficiente.

5.4 A EXPERIÊNCIA DOS ÉCOQUARTIERS FRANCESES

⁹ O Modelo de Gestão de Águas Pluviais (SWMM) foi desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) visando reduzir o escoamento por infiltração e retenção, bem como reduzir descargas que prejudicam os corpos aquáticos. Ele pode avaliar medidas de gerenciamento de águas pluviais de infraestrutura cinza, como canos e bueiros, e é uma ferramenta eficaz para desenvolver sistemas híbridos de controle de águas pluviais verdes/cinzas com boa relação custo-benefício (U.S. EPA, 2014).

Os *ÉcoQuartiers*, ou ecobairros, modelo de planejamento urbano surgido na França, são considerados como laboratórios para a cidade do futuro, eles buscam integrar elementos urbanos e rurais, equilibrando necessidades ambientais, sociais e econômicas (Bonard; Matthey, 2010; Chastenet *et al.*, 2016). O Clichy-Batignolles em Paris, por exemplo, foi desenvolvido em uma antiga área industrial e ferroviária. O projeto recebeu a certificação *ÉcoQuartier* ao incorporar moradias sociais, espaços comerciais e um extenso parque público e tecnologias sustentáveis, como energia solar e geotérmica, sistemas de captação de água da chuva e telhados verdes (Flurin, 2017; Bazard, 2016).

As inovações aplicadas contribuem para a mitigação de ilhas de calor e promovem a mobilidade sustentável, com ênfase no transporte público e vias compartilhadas para mobilidade ativa (Bazard, 2016). No entanto, como observado por Bonard e Matthey (2010), projetos como esse podem gerar externalidades negativas, como o aumento do tráfego nas áreas circundantes e a pressão imobiliária, que podem levar à gentrificação. Medir seu impacto pós-implementação, especialmente em inclusão social e viabilidade econômica, ainda é um desafio (Chastenet *et al.*, 2016).

A certificação *ÉcoQuartier* na avaliação dos eco-bairros, utiliza indicadores ambientais, sociais e econômicos, como emissões de gases de efeito estufa, diversidade social e gestão hídrica (Chastenet *et al.*, 2016). Estes, frequentemente, ocupam terrenos intraurbanos subutilizados, como áreas industriais ou portuárias, limitando sua capacidade de combater a expansão urbana desordenada. Para evitar este espraiamento das cidades, é preciso adotar estratégias complementares, como a densificação de áreas existentes e a requalificação de espaços subaproveitados (Bonard; Matthey, 2010).

A governança também desempenha um importante papel no funcionamento deste modelo de planejamento urbano, sendo necessária, segundo Boquet *et al.* (2020), uma abordagem integrada, que envolva a participação dos cidadãos e a colaboração entre setores público e privado. Outro grande diferencial neste modelo são as ferramentas de avaliação, manuais de diretrizes e incentivo à economia colaborativa, que fortalecem a gestão participativa e a construção de comunidades mais coesas e solidárias (Boquet *et al.*, 2020).

6 DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DA IV NO PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL

Segundo os autores, existem barreiras financeiras, institucionais, sociais e técnicas (Quadro 1) que dificultam a implementação da IV e a adoção de práticas sustentáveis na gestão dos recursos hídricos em ambientes urbanos.

Quadro 1 – Barreiras na implementação de IV na PUR

Barreiras	Autores e Descrições
Financeiro	Falta de adoção de taxas de águas pluviais e financiamento para cumprir com as regulamentações e renovar a infraestrutura antiga de água, esgoto e águas pluviais. (Cousins; Hill, 2021);
	Aceitação das taxas de gestão de águas pluviais (Johns 2019);
	Desigualdades no investimento em infraestrutura hídrica (Kooy; Furlong; Lamb, 2020);
	Barreiras financeiras, como a comprovação da propriedade de imóveis que excluem comunidades carentes (Dean <i>et al.</i> , 2022; Matsler <i>et al.</i> , 2023), também constituem uma barreira social;
	Dificuldade em quantificar os benefícios da IV, limitando os recursos municipais, inibindo o investimento (Reu Junqueira; Serrao-Neumann; White, 2023);
	Falta de informação sobre monetização e custo-benefício da IV para incorporadores imobiliários, engenheiros e autoridades locais (Sinnott <i>et al.</i> , 2018).
Institucional	Histórico de investimentos desproporcionais em infraestrutura cinza (Johns, 2019);
	A falta de participação da comunidade e a desconexão da identidade local podem dificultar a aceitação e a implementação da IV (Hamlin e Nielsen-Pincus, 2020);
	Injustiças ambientais e disparidades no acesso aos serviços hídricos com base na raça e na localização geográfica (Heck, 2021), uma barreira institucional e social;
	Processos de tomada de decisão política que não priorizam as considerações ambientais ou os benefícios de longo prazo da IV (Reu Junqueira; Serrao-Neumann; White, 2023);
	Modelos de governança centralizados e de cima para baixo (<i>bottom-down</i>) (Wilfong <i>et al.</i> , 2023).
Social	Barreiras à participação, como custos e espaço limitado, exigindo estratégias inclusivas (Conway <i>et al.</i> , 2022);
	A não consideração das percepções das partes interessadas, ao identificar estratégias que superem os desafios e maximizem os benefícios na implementação da IV (Elderbrock <i>et al.</i> , 2020);
	Na análise de cobenefícios, a redução do escoamento é frequentemente considerada em detrimento de outros benefícios, como a qualidade da água, a recreação e a saúde pública (Reu Junqueira; Serrao-Neumann; White, 2023);
	Gentrificação gerada pela valorização imobiliária devido a melhorias estéticas e outros ganhos do IV (Walker, 2021).
Técnico	Barreiras regulatórias e legislativas, estruturação burocrática, que podem dificultar a implementação de estratégias inovadoras de gestão de águas pluviais. Regulamentações complexas devido ao crescimento das cidades e às incertezas climáticas, exigindo adaptações (Axelsson <i>et al.</i> , 2020);
	Desafios na integração com a infraestrutura existente (Cousins; Hill, 2021);
	Dependência das percepções às características climáticas locais, estéticas, às necessidades e valores pessoais sobre a adequação de tecnologias sensíveis à água, influenciando sua aceitação e as variações necessárias (Dean <i>et al.</i> , 2022);
	A falta de conscientização sobre a importância dos espaços verdes na saúde pública dificulta a convicção dos gestores na integração da IV no planejamento urbano (Giner <i>et al.</i> , 2019);
	Falta da promoção de conscientização pública, por parte de planejadores e formuladores de políticas, sobre o papel da IV na qualidade de vida e na mitigação das desigualdades (Hoover <i>et al.</i> , 2021);
	Desigualdades na infraestrutura hídrica e complexidade política que influenciam a eficácia das soluções naturais (Kooy; Furlong; Lamb, 2020);
	Incerteza sobre o desempenho hidrológico da IV, gerando resistência e limitando sua ampla adoção (Kvamsås, 2021);
	A variação de terminologia e de conceitos de acordo com diferentes regiões geográficas altera sua compreensão e implementação, além de características locais e contextos culturais; gerando diferentes focos de pesquisa, metodologias e métricas de eficiência que podem não ser universalmente aplicáveis (Matsler <i>et al.</i> , 2021);
	As incertezas climáticas e socioeconômicas que dificultam o planejamento de sistemas de gestão de águas pluviais por parte dos formuladores de políticas (Mei <i>et al.</i> , 2018);
	Percepções discrepantes entre profissionais e comunidade que impactam a sustentabilidade devido à falta de confiança nas soluções técnicas sugeridas (Morris; Tippett, 2023);

Barreiras	Autores e Descrições
	Falta de compreensão das fontes e dissipadores de calor nas cidades e zonas climáticas locais; falta da criação de mapas de calor urbano de alta resolução espacial e temporal (Probst <i>et al.</i> , 2022);
	Falta de informação sobre a viabilidade técnica e econômica de alternativas de IV, especialmente em áreas de modernização. Lacunas na análise dos custos de construção e manutenção de diferentes tipos de IV e sua eficácia na gestão da precipitação (Reu Junqueira; Serrao-Neumann; White, 2023);
	Baixa adoção de IV devido a obstáculos de implementação local (Willems <i>et al.</i> , 2020).

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025

A necessidade de coordenação entre diferentes níveis administrativos de governança, o desenvolvimento de novos instrumentos de política específicos para a integração da infraestrutura verde na infraestrutura cinza e a realocação de investimentos tradicionalmente alocados, bem como a remoção de barreiras institucionais, continuam sendo grandes desafios na transição do cinza para o verde. A colaboração entre ONGs, setor público e o setor empresarial pode impulsionar uma mudança cultural ao aumentar a capacidade e a compreensão dos benefícios da IV, envolvendo comunidades e partes interessadas e aumentando a aceitabilidade das soluções propostas (Johns, 2019).

7 FRAMEWORK COM ESTRATÉGIAS PARA INSERÇÃO DA TVA NO PUR

Com base nos artigos pesquisados, propõe-se um breve *framework* para implementação das Tramas verde e azul no planejamento urbano e regional (Quadro 2).

Quadro 2 – *Framework* para implementação das Tramas verde e azul no planejamento urbano e regional

Itens	Estratégias
Planejamento Estratégico e Integração no Planejamento Urbano e Regional	<p>Incorporar a IV desde o início dos projetos de planejamento urbano e regional (Liu; Wu, 2022; Axelsson <i>et al.</i>, 2020; Carter <i>et al.</i>, 2017);</p> <p>Utilizar inventários para proteger e aprimorar espaços verdes, prevenindo urbanização descontrolada (Feltynowski; Kronenberg, 2020; Schubert <i>et al.</i>, 2017; Nasr; Potteiger, 2023);</p> <p>Valorizar as <i>wetlands</i> e sua relação com o ciclo hidrológico (Hamlin; Nielsen-Pincus, 2020; Rojas <i>et al.</i>, 2022; Willems <i>et al.</i>, 2020);</p> <p>Criar legislações municipais que incentivem IV, incluindo códigos de desenvolvimento urbano sustentáveis (Giner <i>et al.</i>, 2019; Johns, 2019; Muller; Mitova, 2023).</p>
Conectividade e Trama Verde e Azul	<p>Criar corredores ecológicos para conectar espaços naturais e urbanos (Heim Lafrombois <i>et al.</i>, 2022; Kooy; Furlong; Lamb, 2020; Gašparović; Sopina; Zeneral, 2022);</p> <p>Utilizar SIGs para mapear fragmentações e priorizar ações de reconexão (Zheng; Barker, 2021; Probst <i>et al.</i>, 2022; Hasala; Supak; Rivers, 2020);</p> <p>Integrar telhados verdes, jardins de chuva e <i>bioswales</i> para aumentar a resiliência climática (Song; Hemingway; Park, 2024; Simpson; Winston, 2022; Walker, 2021).</p>

Itens	Estratégias
<p>Governança, Participação Popular e Justiça Socioambiental</p>	<p>Estabelecer colaboração interinstitucional entre planejamento urbano, recursos hídricos e meio ambiente (Kvamsås, 2021; Elderbrock <i>et al.</i>, 2020; Reu Junqueira; Serrao-Neumann; White, 2023);</p> <p>Envolver comunidades locais desde a concepção até a manutenção da IV (Heim Lafrombois <i>et al.</i>, 2022; Wilfong <i>et al.</i>, 2023; Conway <i>et al.</i>, 2022; Mcfarland <i>et al.</i>, 2019);</p> <p>Criar políticas que evitem gentrificação e garantam distribuição equitativa dos benefícios (Walker, 2021; Hoover <i>et al.</i>, 2021; Heck, 2021; Fink, 2018).</p> <p>Fomentar participação popular através de educação ambiental e decisão participativa (Dean <i>et al.</i>, 2022; Nasr; Potteiger, 2023; Wilfong <i>et al.</i>, 2023).</p>
<p>Monitoramento, Tecnologia e Adaptação</p>	<p>Desenvolver ferramentas para otimizar localização e eficiência da IV (Chen <i>et al.</i>, 2024; Liu; Wu, 2022), como o <i>Green Infrastructure Cost-Effectiveness Rating Index</i> (GICRI) (Reu Junqueira; Serrao-Neumann; White, 2023);</p> <p>Utilizar modelagem hidrológica para avaliar impactos e custo-benefício das soluções de IV (Chen <i>et al.</i>, 2024; Mcfarland <i>et al.</i>, 2019; Probst <i>et al.</i>, 2022);</p> <p>Criar diretrizes baseadas em evidências para padronizar o uso da IV em planos urbanos (Sinnott <i>et al.</i>, 2018; Matsler <i>et al.</i>, 2021; Elderbrock <i>et al.</i>, 2020);</p> <p>Monitorar a evolução da TVA através de sensores e imagens de satélite (Probst <i>et al.</i>, 2022; Gašparović; Sopina; Zeneral, 2022; Kooy; Furlong; Lamb, 2020).</p>

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025

A integração da infraestrutura verde (IV) e da Trama Azul no PUR pode contribuir com a construção de cidades resilientes e sustentáveis. Múltiplas estratégias, como as mencionadas no quadro acima, devem ser incorporadas no planejamento e na regeneração de espaços urbanos e regionais, para que a sustentabilidade da IV não se limite aos benefícios ecológicos, mas atenda toda a população, evitando discriminação e desigualdade.

A combinação de estratégias como a incorporação da IV desde os primeiros estágios dos projetos urbanos, a aplicação de soluções baseadas na natureza (SBN) e a renaturalização de sistemas hídricos contribui para a gestão eficiente das águas pluviais, a preservação da biodiversidade e a mitigação dos impactos das mudanças climáticas e do crescimento desenfreado das cidades. A Trama Azul, composta pelos sistemas hídricos urbanos, como rios, córregos e *wetlands*, torna-se um eixo central para fortalecer a conectividade ecológica e aumentar a resiliência urbana. Para atingir os benefícios sociais igualitários, é necessária a criação de legislações específicas, o incentivo à participação popular, mas também o bom entrosamento entre demais agentes. A academia pode contribuir na governança, favorecendo a educação e o acompanhamento destas estratégias, facilitando



o uso de tecnologias avançadas, como modelagens hidrológicas e o monitoramento por sensores, essenciais para garantir a eficácia dessas iniciativas. A colaboração entre os setores envolvidos e uma governança inclusiva, que valorize a justiça socioambiental, é o diferencial para construir uma urbanização sustentável, equitativa e adaptada às necessidades ambientais e sociais.

8 ANÁLISE E REFLEXÕES

A infraestrutura verde (IV) é vista pelos autores como a chave para abordar as dificuldades urbanas contemporâneas, promovendo a multifuncionalidade e a resiliência em muitas escalas e cenários. Entre as soluções propostas, o uso da IV no planejamento urbano tem se mostrado uma opção viável para abordar a gestão da água juntamente com questões de sustentabilidade ambiental e de equidade na sociedade.

As estratégias de sustentabilidade da IV, passíveis de aplicação no planejamento urbano, segundo os autores analisados, envolvem abordagens multifuncionais que integram aspectos ambientais, sociais e econômicos. A começar pela integração da IV ao planejamento urbano desde as fases iniciais dos projetos, possibilitando políticas assertivas do uso do solo e a conservação de áreas naturais, prevenindo a urbanização desordenada (Liu; Wu, 2022; Feltynowski; Kronenberg, 2020). Essa integração pode ser facilitada por meio de políticas públicas e regulamentos municipais, sobretudo nos novos empreendimentos urbanos (Staddon *et al.*, 2018; Johns, 2019).

A Trama Azul poderia direcionar as medidas de regeneração ou no planejamento de novas áreas urbanas. Começando pelo inventário dos recursos hídricos e características hidromorfológicas para a criação de áreas de proteção permanentes e direcionar a urbanização, não apenas buscar soluções tardias para problemas relacionados às inundações. Entre as estratégias sugeridas pelos autores, a implementação de infraestrutura verde azul (IVA) tem sido apontada como uma solução eficaz para mitigar enchentes e aumentar a equidade ambiental, garantindo que comunidades vulneráveis tenham acesso aos benefícios desses espaços (Hamel *et al.*, 2021; Hoover *et al.*, 2021; Wilfong *et al.*, 2022). Ainda relacionado aos recursos hídricos, a renaturalização dos sistemas hídricos é uma estratégia indicada para a restauração de ecossistemas aquáticos e a melhoria da drenagem urbana (Gougeon *et al.*, 2023; Matsler *et al.*, 2021).

Nas zonas urbanas, várias estratégias para aumentar a infiltração de águas pluviais são sugeridas, incluindo a conversão de áreas urbanas degradadas em locais multiuso e recreativos, telhados verdes e valas vegetadas. Elas melhoram a qualidade da água e impulsionam os serviços ecossistêmicos em ambientes urbanos (Hamel; Tan, 2022; McFarland *et al.*, 2019; Morris; Tippett, 2023; Woznicki; Hondula; Jarnagin, 2018). Medidas descentralizadas de controle de águas pluviais (SCMs) são particularmente eficazes durante eventos de precipitação moderada, ajudando a mitigar

consequências em locais vulneráveis criadas pela pressão do desenvolvimento urbano (Woznicki; Hondula; Jarnagin, 2018).

O planejamento de infraestrutura rodoviária sustentável como na Coreia (Lee; Kim, 2023) e outras infraestruturas lineares com IV buscam integrar conectividade ecológica e a funcionalidade urbana, como visto na renaturalização de sistemas hídricos e no aumento da biodiversidade em áreas urbanas densas (Gašparović; Sopina; Zeneral, 2022). A implementação desses métodos enfatiza o papel da IV na restauração dos processos naturais e na minimização das dificuldades causadas pela urbanização desordenada.

Além das questões hidrológicas, a incorporação da IV no planejamento urbano e regional (PUR) é vista como uma ferramenta para justiça social e equidade ambiental. Populações vulneráveis, historicamente afetadas pela falta de gestão de águas pluviais, podem se beneficiar da implementação de pequenas intervenções. Revitalizações patrocinadas publicamente de espaços públicos, bem como a incorporação de espaços verdes em projetos urbanos, ajudam a reduzir disparidades estruturais (Hasala; Supak; Rivers, 2020; Staddon *et al.*, 2018).

Os autores também destacam a importância de uma regulamentação clara e de ferramentas de políticas públicas para viabilizar e dimensionar soluções baseadas em IV (Staddon *et al.*, 2018). Os regulamentos em Toronto (Canadá), Basel (Suíça) e Portland (EUA), que exigem telhados verdes em novos empreendimentos, mostram como as políticas locais podem garantir uma implementação bem-sucedida e de longo prazo (Staddon *et al.*, 2018). Para concretizar plenamente a promessa da IV, as políticas devem estar alinhadas com instrumentos de gestão do uso do solo, com a orientação para o crescimento concentrado (Muller; Mitova, 2023), apoiando respostas urbanas mais integradas e resilientes, como estratégias de proteção contra inundações costeiras e fluviais. (Axelsson *et al.*, 2020).

O desenvolvimento de ferramentas específicas, como o Índice de Classificação de Custo-Efetividade de Infraestrutura Verde (GICRI) e análises espaciais da configuração hidrológica, tem sido proposto como estratégias eficazes para priorizar investimentos e identificar oportunidades de integração de GI com infraestruturas tradicionais (Reu Junqueira; Serrao-Neumann; White, 2023; Chen *et al.*, 2024). Essa abordagem enfatiza a importância de considerar as circunstâncias locais ao desenvolver soluções, o que melhora os benefícios ambientais, sociais e econômicos da IV. O fator social está fortemente atrelado às questões de sustentabilidade urbanística, seja na distribuição ou manutenção da IV.

Alguns autores investigam o potencial social da IV, enquanto outros não o fazem e, em vez disso, se concentram em sistemas mais técnicos, como desenvolvimento de ferramentas, SCMs, BMPs, LID e implementação de NbS. No entanto, há um amplo consenso de que a IV está se estabelecendo como um componente essencial na mudança dos paradigmas do planejamento urbano contemporâneo e na busca por adaptação, sustentabilidade e equidade. Situações de mercantilização nos processos de

apropriação e qualificação de orlas, como Minneapolis (Minnesota), Cincinnati (Ohio), San Antonio (Texas) e Fort Lauderdale (Flórida), demonstram a gentrificação como um ativo significativo empregado por investidores públicos e privados (Chevalier, 2004).

Os *écoquartiers* representam uma tentativa de alinhar desenvolvimento urbano à sustentabilidade, mas, assim como em muitas outras abordagens com a IV, enfrentam desafios como gentrificação e integração com o tecido urbano existente. Assim como na IV, para garantir sua eficiência, é necessário pensar no *continuum* da paisagem urbana e regional. É importante que essas iniciativas sejam parte de uma estratégia urbana mais ampla, capaz de transformar não apenas bairros isolados, mas pensando em toda a paisagem urbana e suas conexões. Ainda como a IV, e como destacado por Chastenet *et al.* (2016), é preciso uma avaliação contínua e, quando necessário, a adaptação dos projetos para garantir que os ecobairros cumpram seu papel na sustentabilidade urbana e regional, tirando partido da Trama Azul. Já as cidades esponjas, ao combinar práticas tradicionais chinesas de gestão hidrológica com modernas técnicas LID (Chikhi *et al.*, 2023), estão mais alinhadas ao planejamento urbano sustentável, com a Trama Azul como protagonista. Assim como na aplicação de qualquer abordagem de IV, segundo Nguyen *et al.* (2019), é preciso considerar as características locais neste processo, climáticas, hidrológicas, geológicas e culturais, assim como é desejável uma colaboração entre os vários agentes envolvidos, da comunidade assistida ao governo.

Ao examinar esta amostra de artigos, os quais tratam da integração entre IV e TA no planejamento urbano, diferentes visões sobre a Trama Azul e seu papel nas estratégias de construção da sustentabilidade são reveladas, surgindo três diferentes visões sobre este assunto.

O primeiro ponto de vista enfatiza que IV e TA podem ser considerados sistemas complementares ou mesmo interconectados. Embora a TA esteja frequentemente implícita no escopo mais amplo da IV, com vários graus de visibilidade entre os autores, o planejamento urbano que incorpora ambas as infraestruturas é considerado essencial para se alcançar a sustentabilidade e a resiliência urbana. Neste contexto, SBN ou IV devem ser usadas como redes multifuncionais que contêm espaços livres e sistemas de gestão de água para tratar de questões como a poluição da água urbana e as inundações (Dean *et al.*, 2022; Rojas *et al.*, 2022). O papel da TA é tido nesta visão como uma solução complementar, fortalecendo as funções do IV, particularmente quanto à gestão de recursos hídricos, controle de enchentes e melhoria da qualidade da água. Mesmo assim, embora isso seja tema amplamente discutido, a expressão TA ou infraestrutura azul pode nem aparecer nas buscas, como em Carter *et al.* (2017), ou ainda não estar nominada como IV, mas como Desenho Urbano Sensível à Água (WSUD) como em Dean *et al.* (2022).

O segundo ponto de vista também menciona a IV e a TA como uma estratégia importante para o planejamento urbano sustentável. Embora a TA nem sempre esteja evidente, o grande potencial de seus SEs na gestão hídrica e urbana é demonstrado (Elderbrock *et al.*, 2020). No entanto, sua integração

com a IV é clara, particularmente na gestão de enchentes, purificação de água e melhoria da qualidade de vida urbana (Elderbrock *et al.*, 2020; Hamel *et al.*, 2021; Sinnett *et al.*, 2018). A interação entre a vegetação e a água, e seu SE (Liu; Wu 2022), proporciona soluções multifuncionais que mitigam inundações e regulam o ciclo hidrológico, ao mesmo tempo em que proporciona benefícios como melhoria da biodiversidade e construção de espaços recreativos (Schubert *et al.*, 2017). Esta abordagem também contempla os desafios da infraestrutura cinza, incluindo a supressão de cursos de água naturais, destacando a função transformadora do TA na restauração de ecossistemas aquáticos (Gašparović; Sopina; Zeneral, 2022).

O terceiro ponto de vista manifesta a IV e a TA como componentes de um sistema maior de gestão urbana, ao mesmo tempo em que se concentra mais em metodologias e abordagens de sistemas relacionados à água. Embora regiões e suas bacias hidrográficas e a macropaisagem sejam consideradas, com estes autores, soluções pontuais são exploradas, pouco se atentando à conectividade necessária ao projeto e à revitalização de paisagens no planejamento urbano e regional. A TA, que consiste em *wetlands*, lagos e corpos de água urbanos, aqui é vista como um mecanismo importante para reter e melhorar a qualidade da água urbana (Hamel; Tan, 2022; Chen; Wang; Wu, 2024). A integração com soluções descentralizadas, como LID, é enfatizada como uma técnica para aumentar as ligações hidrológicas (Chen *et al.*, 2024) e restaurar ecossistemas aquáticos (Simpson; Winston, 2022). Os autores destacam que essa abordagem alivia os sistemas de drenagem tradicionais, aumentando a resiliência urbana, promovendo a sustentabilidade e a adaptabilidade às futuras mudanças climáticas.

Ao analisar a colaboração entre agências governamentais, instituições e participação popular, a justiça social não é um tema forte na amostra geral de artigos estudados, mas a importância da colaboração institucional é universal. A comunicação positiva e fluida entre os agentes que participam da pesquisa, planejamento e execução da IV, bem como a disseminação suficiente, são vistas como essenciais para o sucesso do projeto a longo prazo. De acordo com Kambites e Owen (apud Mell, 2010), a conectividade entre pessoas, espaços e diversas fronteiras físicas e administrativas são componentes essenciais de um bom planejamento de IV. No entanto, um processo de planejamento não integrativo ou fragmentado dificulta a adaptação bem-sucedida da política federal ao nível local (Elderbrock *et al.*, 2020; Mell, 2010; Wilfong *et al.*, 2023).

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A PRESENÇA DA TA COMO ESTRATÉGIA DE SUSTENTABILIDADE NA BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Após a análise efetuada neste estudo, se conclui que a principal estratégia na busca da sustentabilidade no PUR é a integração da GI no mesmo. Esta se desdobra em demais e importantes estratégias, como o uso da Trama Azul no direcionamento do próprio planejamento, somado a uma

maior visibilidade da mesma neste processo. Estratégias como a renaturalização dos sistemas hídricos, promoção de soluções baseadas na natureza já ocorrem, mas de forma desconexa e fragmentada. É necessária, além da costumeira divulgada abordagem holística, uma maior integração, que pode ser facilitada por meio de políticas públicas e regulamentos municipais, participação popular e da governança interinstitucional. A participação da academia nesta dinâmica tem grande peso, sobretudo na divulgação, multiplicação, educação e auxílio no monitoramento contínuo e modelagem hidrológica, conectando o corpo técnico aos demais agentes envolvidos.

A presença do TA e os principais temas tratados se apresentaram de forma diferenciada nesta amostra dos artigos e os recursos hídricos não foram identificados como um fator norteador no planejamento urbano e regional. Poucos trabalhos examinaram o potencial do uso da TA como força motriz no PUR. Sua presença nos artigos examinados estava atrelada a esforços reativos e de mitigação de catástrofes como inundações. A amostra também poderia ser dividida em subgrupos com base em seus assuntos principais, como governança, gestão da água no planejamento urbano, justiça ambiental, planejamento e desenvolvimento urbano relacionados aos desafios de sustentabilidade, serviços ecossistêmicos urbanos e SBN.

A IV é um conceito amplo e multidisciplinar que, quando incorporado de forma estratégica e holística à prática, pode lidar com uma ampla gama de preocupações urbanas, desde a gestão da água e mitigação das mudanças climáticas até o bem-estar humano e a sustentabilidade ambiental. Isso demonstra que é uma estratégia consistente e está alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU para o desenvolvimento de Cidades e Comunidades Sustentáveis (ODS 11) e Ação Climática (ODS 13) (Objetivos Globais, s.d., s.p.). Algumas barreiras à sua adoção, como aceitabilidade e manutenção, são causadas por variações em seu design, que podem diferir dependendo da região geográfica ou do campo científico de interesse. De acordo com as pesquisas dos autores estudados nesta amostra, muitos desses problemas podem ser superados levando-se em consideração o contexto local e as necessidades individuais das comunidades, ajudando assim na popularização da IV por meio de informação e educação.

Este estudo contribui para o debate científico internacional ao identificar questões de gestão de água que planejadores, formuladores de políticas e outros agentes enfrentam ao desenvolver ou revitalizar áreas urbanas e regionais com a IV, a fim de mitigar ou resolver problemas ambientais. No entanto, as complexidades desses processos destacam a necessidade de pesquisas adicionais sobre a Trama verde azul, ou BGI, e seus impactos socioambientais, a eficácia de seus sistemas e soluções, a governança e, principalmente, a percepção do Trama Azul como uma força motriz no desenvolvimento de espaços urbanos e periurbanos.



REFERÊNCIAS

AHERN, Jack. Urban landscape sustainability and resilience: the promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design. **Landscape ecology**, v. 28, n. 6, p. 1203–1212, 2013.

AHMED, Hewr Gailani *et al.* Application of Sponge City for Controlling Surface Runoff Pollution. **Asian Journal of Environment & Ecology**, v. 23, n. 9, p. 1-23, 2024.

AXELSSON, Charles *et al.* Urban policy adaptation toward managing increasing pluvial flooding events under climate change. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 64, n. 8, p. 1408–1427, 2020.

BAZARD, J. The Eco-District a reference in sustainable urban development in paris. 2016.

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

BONARD, Yves; MATTHEY, Laurent. Les éco-quartiers: laboratoires de la ville durable. Changement de paradigme ou éternel retour du même?. **Cybergeog: European Journal of Geography**, 2010.

BOQUET, Kathleen *et al.* Eco-districts in France: What tools to ensure goals achievement?. **Science China Earth Sciences**, v. 63, p. 865-874, 2020.

CARTER, Jeremy G. *et al.* Adapting cities to climate change—exploring the flood risk management role of green infrastructure landscapes. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 61, n. 9, p. 1535-1552, 2017.

CENTRE DE RESSOURCES TRAME VERTE ET BLEUE. **Références juridiques**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/references-juridiques>. Acesso em: 15 de jun. de 2024.

CHAN, Faith Ka Shun *et al.* “Sponge City” in China—a breakthrough of planning and flood risk management in the urban context. **Land use policy**, v. 76, p. 772-778, 2018.

CHASTENET, Cédissia *et al.* The French eco-neighbourhood evaluation model: Contributions to sustainable city making and to the evolution of urban practices. **Journal of Environmental Management**, v. 176, p. 69-78, 2016.

CHEN, Jiaxuan; WANG, Sisi; WU, Ruobing. Optimization of the integrated green–gray–blue system to deal with urban flood under multi-objective decision-making. **Water Science & Technology**, v. 89, n. 2, p. 434-453, 2024a.

CHEN, Wenjie *et al.* Multi-objective decision-making for green infrastructure planning: Impacts of rainfall characteristics and infrastructure configuration. **Journal of Hydrology**, v. 628, p. 130572, 2024b.

CHEN, Yan; CHEN, Hongmei. The collective strategies of key stakeholders in sponge city construction: a tripartite game analysis of governments, developers, and consumers. **Water**, v. 12, n. 4, p. 1087, 2020.

CHEVALIER, Jacques. L’appropriation des fronts de rivière/fleuve urbains aux États-Unis: entre marchandisation et valorisation de la nature. **ESO travaux et documents**, n. 22, p. 21-29, 2004.



CHIKHI, Faiza *et al.* Review of Sponge City implementation in China: Performance and policy. **Water Science & Technology**, v. 88, n. 10, p. 2499-2520, 2023.

CONWAY, Tenley M. *et al.* Who participates in green infrastructure initiatives and why? Comparing participants and non-participants in Philadelphia's GI programs. **Journal of Environmental Policy & Planning**, v. 25, n. 3, p. 327-341, 2022.

COUSINS, Joshua J.; HILL, Dustin T. Green infrastructure, stormwater, and the financialization of municipal environmental governance. **Journal of environmental policy & planning**, v. 23, n. 5, p. 581-598, 2021.

DEAN, Angela J. *et al.* Accelerating the adoption of water sensitive innovations: Community perceptions of practices and technologies to mitigate urban stormwater pollution. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 66, n. 4, p. 759-778, 2022.

ELDERBROCK, Evan *et al.* A guide to public green space planning for urban ecosystem services. **Land**, v. 9, n. 10, p. 391, 2020.

FELTYNOWSKI, Marcin; KRONENBERG, Jakub. Urban green spaces—an underestimated resource in third-tier towns in Poland. **Land**, v. 9, n. 11, p. 453, 2020.

FINK, Jonathan H. Contrasting governance learning processes of climate-leading and-lagging cities: Portland, Oregon, and Phoenix, Arizona, USA. **Journal of Environmental Policy & Planning**, v. 21, n. 1, p. 16-29, 2018.

FLETCHER, Tim D. *et al.* SUDS, LID, BMPs, WSUD and more—The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban water journal**, v. 12, n. 7, p. 525-542, 2014.

FLURIN, Claire. Eco-districts: Development and evaluation. A European case study. **Procedia Environmental Sciences**, v. 37, p. 34-45, 2017.

GAŠPAROVIĆ, Sanja; SOPINA, Ana; ZENERAL, Anton. Impacts of Zagreb's urban development on dynamic changes in stream landscapes from mid-twentieth century. **Land**, v. 11, n. 5, p. 692, 2022.

GINER, María-Elena *et al.* Promoting green infrastructure in Mexico's northern border: The Border Environment Cooperation Commission's experience and lessons learned. **Journal of environmental management**, v. 248, p. 109104, 2019.

GOUGEON, Garance *et al.* Impact of bioretention cells in cities with a cold climate: modeling snow management based on a case study. **Blue-Green Systems**, v. 5, n. 1, p. 1-17, 2023.

HAMEL, Perrine *et al.* Blending ecosystem service and resilience perspectives in planning of natural infrastructure: lessons from the San Francisco Bay Area. **Frontiers in Environmental Science**, v. 9, p. 601136, 2021.

HAMEL, Perrine; TAN, Leanne. Blue-green infrastructure for flood and water quality management in Southeast Asia: evidence and knowledge gaps. **Environmental Management**, v. 69, n. 4, p. 699-718, 2022.

HAMLIN, Samantha L.; NIELSEN-PINCUS, Max. From gray copycats to green wolves: policy and infrastructure for flood risk management. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 64, n. 9, p. 1599-1621, 2020.



HASALA, Dresden; SUPAK, Stacy; RIVERS, Louie. Green infrastructure site selection in the Walnut Creek wetland community: A case study from southeast Raleigh, North Carolina. **Landscape and Urban Planning**, v. 196, p. 103743, 2020.

HECK, Sarah. Greening the color line: Historicizing water infrastructure redevelopment and environmental justice in the St. Louis metropolitan region. **Journal of Environmental Policy & Planning**, v. 23, n. 5, p. 565-580, 2021.

HEIM LAFROMBOIS, Megan E. *et al.* Planning for green infrastructure along the Gulf Coast: an evaluation of comprehensive plans and planning practices in the Mississippi-Alabama coastal region. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 66, n. 11, p. 2352-2372, 2022.

HOOVER, Fushcia-Ann *et al.* Environmental justice implications of siting criteria in urban green infrastructure planning. **Journal of Environmental Policy & Planning**, v. 23, n. 5, p. 665-682, 2021.

JOHNS, Carolyn M. Understanding barriers to green infrastructure policy and stormwater management in the City of Toronto: a shift from grey to green or policy layering and conversion?. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 62, n. 8, p. 1377-1401, 2019.

KOOY, Michelle; FURLONG, Kathryn; LAMB, Vanessa. Nature Based Solutions for urban water management in Asian cities: integrating vulnerability into sustainable design. **International Development Planning Review**, v. 42, n. 3, p. 381-390, 2020.

KVAMSÅS, Hanna. Addressing the adaptive challenges of alternative stormwater planning. **Journal of Environmental Policy & Planning**, v. 23, n. 6, p. 809-821, 2021.

KVITSJØEN, Julia *et al.* Intensifying rehabilitation of combined sewer systems using trenchless technology in combination with low impact development and green infrastructure. **Water Science and Technology**, v. 83, n. 12, p. 2947-2962, 2021.

LEE, Eunjoung; KIM, Gunwoo. Green space ecosystem services and value evaluation of three-dimensional roads for sustainable cities. **Land**, v. 12, n. 2, p. 505, 2023.

LIU, Lumeng; WU, Jianguo. Scenario analysis in urban ecosystem services research: Progress, prospects, and implications for urban planning and management. **Landscape and Urban Planning**, v. 224, p. 104433, 2022.

MATSLER, A. Marissa *et al.* A ‘green’ chameleon: Exploring the many disciplinary definitions, goals, and forms of “green infrastructure”. **Landscape and Urban Planning**, v. 214, p. 104145, 2021.

MATSLER, Marissa *et al.* Institutionalizing barriers to access? An equity scan of green stormwater infrastructure (GSI) incentive programs in the United States. **Journal of Environmental Policy & Planning**, v. 25, n. 4, p. 413-428, 2023.

MCFARLAND, Andrea R. *et al.* Guide for using green infrastructure in urban environments for stormwater management. **Environmental science: Water research & technology**, v. 5, n. 4, p. 643-659, 2019.

MCHARG, Ian L. **Proyectar con la naturaleza**. Editorial Gustavo Gili, 2000.

MEI, Chao *et al.* Integrated assessments of green infrastructure for flood mitigation to support robust decision-making for sponge city construction in an urbanized watershed. **Science of the Total Environment**, v. 639, p. 1394-1407, 2018.



MELL, Ian Caleb. **Green infrastructure: concepts, perceptions and its use in spatial planning**. Tese de Doutorado. Newcastle University. 2010.

MELL, Ian. Green infrastructure planning: policy and objectives. In: **Handbook on green infrastructure**. Edward Elgar Publishing. p. 105-123, 2015.

MELL, Ian; SCOTT, Alister. Definitions and context of blue-green infrastructure. In: **ICE Manual of Blue-Green Infrastructure**. ICE Publishing. p. 3-22, 2023.

MORRIS, Stuart Alastair; TIPPETT, Joanne. Perceptions and practice in Natural Flood Management: unpacking differences in community and practitioner perspectives. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 67, n. 11, p. 2528-2552, 2023.

MULLER, Brian; MITOVA, Stefania. The Hardening of the American Landscape: Effects of Land Use Policy on the Evolution of Urban Surfaces. **Journal of the American Planning Association**, v. 90, n. 2, p. 349-366, 2023.

NASR, Joe; POTTEIGER, Matthew. Spaces, systems and infrastructures: From founding visions to emerging approaches for the productive urban landscape. *Land*, v. 12, n. 2, p. 410, 2023.

NDUBISI, Forster. **Ecological planning: a historical and comparative synthesis**. JHU Press, 2002.

NGUYEN, Thu Thuy *et al.* Implementation of a specific urban water management-Sponge City. **Science of the Total Environment**, v. 652, p. 147-162, 2019.

PAULEIT, Stephan *et al.* Urban landscapes and green infrastructure. In: **Oxford research encyclopedia of environmental science**. 2017.

PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita; AHERN, Jack. An Evolving Paradigm of Green Infrastructure: Guided by Water. In: **Planning with Landscape: Green Infrastructure to Build Climate-Adapted Cities**. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 51-69.

PROBST, Noémie *et al.* Blue Green Systems for urban heat mitigation: mechanisms, effectiveness and research directions. **Blue-Green Systems**, v. 4, n. 2, p. 348-376, 2022.

REU JUNQUEIRA, Juliana; SERRAO-NEUMANN, Silvia; WHITE, Iain. Developing and testing a cost-effectiveness analysis to prioritize green infrastructure alternatives for climate change adaptation. **Water and Environment Journal**, v. 37, n. 2, p. 242-255, 2023.

ROJAS, Octavio *et al.* Assessment of the flood mitigation ecosystem service in a coastal wetland and potential impact of future urban development in Chile. **Habitat International**, v. 123, p. 102554, 2022.

SCHUBERT, Per *et al.* Implementation of the ecosystem services approach in Swedish municipal planning. **Journal of environmental policy & planning**, v. 20, n. 3, p. 298-312, 2017.

SIMPSON, Ian M.; WINSTON, Ryan J. Effects of land use on thermal enrichment of urban stormwater and potential mitigation of runoff temperature by watershed-scale stormwater control measures. **Ecological Engineering**, v. 184, p. 106792, 2022.

SINNETT, Danielle *et al.* The translation and use of green infrastructure evidence. In: **Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Water Management**. Thomas Telford Ltd, 2018. p. 99-109.



SONG, Jiyoong; HEMINGWAY, Jessica; PARK, Chang Sug. Perspective Swap from Central Europe to East Asia: How Relevant Is Urban Environmental Acupuncture in Small-Scale Green Space Development in the Context of the Republic of Korea?. **Land**, v. 13, n. 3, p. 298, 2024.

SPIRN, Anne Whiston. **O Jardim de granito a natureza no desenho da cidade**. Edusp, 1995.

STADDON, Chad *et al.* Contributions of green infrastructure to enhancing urban resilience. **Environment Systems and Decisions**, v. 38, p. 330-338, 2018.

US EPA, O. Storm water management model (SWMM). 2014. Disponível em: <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>. Acesso em: 3 de set. de 2024.

WALKER, Rebecca H. Engineering gentrification: urban redevelopment, sustainability policy, and green stormwater infrastructure in Minneapolis. **Journal of Environmental Policy & Planning**, v. 23, n. 5, p. 646-664, 2021.

WANG, Tianhao. Urban planning and construction of Beijing area based on sponge city theory. **Science and Technology of Engineering, Chemistry and Environmental Protection**, v. 1, n. 10, 2024.

WANG, Yumeng. Sponge city construction based on comprehensive watershed management. **Science and Technology of Engineering, Chemistry and Environmental Protection**, v. 1, n. 10, 2024a.

WANG, Jia *et al.* Green infrastructure optimization considering spatial functional zoning in urban stormwater management. **Journal of Environmental Management**, v. 344, p. 118407, 2023.

WILFONG, Matthew *et al.* Shifting paradigms in stormwater management—hydrosocial relations and stormwater hydrocitizenship. **Journal of Environmental Policy & Planning**, v. 25, n. 4, p. 429-442, 2023.

WILFONG, Matthew *et al.* Diffusing responsibility, decentralizing infrastructure: hydrosocial relationships within the shifting stormwater management paradigm. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 67, n. 4, p. 830-851, 2022.

WILLEMS, Jannes J. *et al.* How actors are (dis) integrating policy agendas for multi-functional blue and green infrastructure projects on the ground. **Journal of environmental policy & planning**, v. 23, n. 1, p. 84-96, 2020.

WOZNICKI, Sean A.; HONDULA, Kelly L.; JARNAGIN, S. Taylor. Effectiveness of landscape-based green infrastructure for stormwater management in suburban catchments. **Hydrological processes**, v. 32, n. 15, p. 2346-2361, 2018.

ZHENG, Wei; BARKER, Adam. Green infrastructure and urbanisation in suburban Beijing: An improved neighbourhood assessment framework. **Habitat International**, v. 117, p. 102423, 2021.

ZUNIGA-TERAN, Adriana A. *et al.* Challenges of mainstreaming green infrastructure in built environment professions. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 63, n. 4, p. 710-732, 2019.

APÊNDICES

Quadro – Referência e títulos dos artigos analisados

Referência	Título
Axelsson <i>et al.</i> , 2020	Urban policy adaptation toward managing increasing pluvial flooding events under climate change.
Carter <i>et al.</i> , 2017	Adapting cities to climate change – exploring the flood risk management role of green infrastructure landscapes.
Conway <i>et al.</i> , 2022	Who participates in green infrastructure initiatives and why? Comparing participants and non-participants in Philadelphia’s GI programs.
Cousins e Hill, 2021	Green infrastructure, stormwater, and the financialization of municipal environmental governance.
Dean <i>et al.</i> , 2022	Accelerating the adoption of water sensitive innovations: community perceptions of practices and technologies to mitigate urban stormwater pollution.
Elderbrock <i>et al.</i> , 2020	A guide to public green space planning for urban ecosystem services.
Feltynowski e Kronenberg, 2020	Urban green spaces—an underestimated resource in third-tier towns in Poland.
Fink, 2018	Contrasting governance learning processes of climate-leading and -lagging cities: Portland, Oregon, and Phoenix, Arizona, USA.
Gašparović, Sopina e Zeneral, 2022	Impacts of Zagreb’s urban development on dynamic changes in stream landscapes from mid-twentieth century.
Giner <i>et al.</i> , 2019	Promoting green infrastructure in Mexico’s northern border: The Border Environment Cooperation Commission’s experience and lessons learned.
Gougeon <i>et al.</i> , 2023	Impact of bioretention cells in cities with a cold climate: modeling snow management based on a case study.
Hamel <i>et al.</i> , 2021	Blending ecosystem service and resilience perspectives in planning of natural infrastructure: Lessons from the San Francisco Bay Area.
Hamel e Tan, 2022	Blue–green infrastructure for flood and water quality management in Southeast Asia: Evidence and knowledge gaps.
Hamlin e Nielsen-Pincus, 2020	From gray copycats to green wolves: policy and infrastructure for flood risk management.
Hasala, Supak e Rivers, 2020	Green infrastructure site selection in the Walnut Creek wetland community: A case study from southeast
Heck, 2021	Greening the color line: historicizing water infrastructure redevelopment and environmental justice in the St. Louis metropolitan region.
Heim LaFrombois <i>et al.</i> , 2022	Planning for green infrastructure along the Gulf Coast: an evaluation of comprehensive plans and planning practices in the Mississippi-Alabama coastal region.
Hoover <i>et al.</i> , 2021	Environmental justice implications of siting criteria in urban green infrastructure planning.
Chen, Wang e Wu, 2024	Optimization of the integrated green–gray–blue system to deal with urban flood under multi-objective decision-making.
Johns, 2019	Understanding barriers to green infrastructure policy and stormwater management in the City of Toronto: a shift from grey to green or policy layering and conversion?
Kooy, Furlong e Lamb, 2020	Nature Based Solutions for urban water management in Asian cities: integrating vulnerability into sustainable design.
Kvamsås, 2021	Addressing the adaptive challenges of alternative stormwater planning.
Kvitsjøen <i>et al.</i> , 2021	Intensifying rehabilitation of combined sewer systems using trenchless technology in combination with low impact development and green infrastructure.
Lee e Kim, 2023	Green space ecosystem services and value evaluation of three-dimensional roads for sustainable cities.
Liu e Wu, 2022	Scenario analysis in urban ecosystem services research: Progress, prospects, and implications for urban planning and management.
Matsler <i>et al.</i> , 2021	A ‘green’ chameleon: Exploring the many disciplinary definitions, goals, and forms of “green infrastructure”.
Matsler <i>et al.</i> , 2023	Institutionalizing barriers to access? An equity scan of green stormwater infrastructure (GSI) incentive programs in the United States.
McFarland <i>et al.</i> , 2019	Guide for using green infrastructure in urban environments for stormwater management.

Referência	Título
Mei <i>et al.</i> , 2018	Integrated assessments of green infrastructure for flood mitigation to support robust decision-making for sponge city construction in an urbanized watershed.
Morris e Tippett, 2023	Perceptions and practice in Natural Flood Management: unpacking differences in community and practitioner perspectives.
Muller e Mitova, 2023	The Hardening of the American Landscape: Effects of Land Use Policy on the Evolution of Urban Surfaces.
Nasr e Potteiger, 2023	Spaces, systems and infrastructures: From founding visions to emerging approaches for the productive urban landscape.
Nguyen <i>et al.</i> , 2019	Implementation of a specific urban water management - Sponge City.
Probst <i>et al.</i> , 2022	Blue Green Systems for urban heat mitigation: mechanisms, effectiveness and research directions.
Reu Junqueira; Serrao-Neumann; White, 2023	Developing and testing a cost-effectiveness analysis to prioritize green infrastructure alternatives for climate change adaptation.
Rojas <i>et al.</i> , 2022	Assessment of the flood mitigation ecosystem service in a coastal wetland and potential impact of future urban development in Chile.
Schubert <i>et al.</i> , 2017	Implementation of the ecosystem services approach in Swedish municipal planning.
Simpson e Winston, 2022	Effects of land use on thermal enrichment of urban stormwater and potential mitigation of runoff temperature by watershed-scale stormwater control measures.
Sinnott <i>et al.</i> , 2018	The translation and use of green infrastructure evidence.
Song, Hemingway e Park, 2024	Perspective swap from central Europe to east Asia: How relevant is Urban Environmental Acupuncture in small-scale green space development in the context of the republic of Korea?
Staddon <i>et al.</i> , 2018	Contributions of green infrastructure to enhancing urban resilience.
Chen <i>et al.</i> , 2024	Multi-objective decision-making for green infrastructure planning: Impacts of rainfall characteristics and infrastructure configuration.
Walker, 2021	Engineering gentrification: urban redevelopment, sustainability policy, and green stormwater infrastructure in Minneapolis.
Wang <i>et al.</i> , 2023	Green infrastructure optimization considering spatial functional zoning in urban stormwater management.
Wilfong <i>et al.</i> , 2023	Shifting paradigms in stormwater management – hydrosocial relations and stormwater hydrocitizenship.
Wilfong <i>et al.</i> , 2022	Diffusing responsibility, decentralizing infrastructure: hydrosocial relationships within the shifting stormwater management paradigm.
Willems <i>et al.</i> , 2020	How actors are (dis)integrating policy agendas for multi-functional blue and green infrastructure projects on the ground.
Woznicki, Hondula e Jarnagin, 2018	Effectiveness of landscape-based green infrastructure for stormwater management in suburban catchments.
Zheng e Barker, 2021	Green infrastructure and urbanisation in suburban Beijing: An improved neighbourhood assessment framework.
Zuniga-Teran <i>et al.</i> , 2019	Challenges of mainstreaming green infrastructure in built environment professions.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025