



Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes

Technical and Scientific Journal Green Cities

ISSN 2317-8604 Suporte Online / Online Support

Edição em Português e Inglês / Edition in Portuguese and English/- Vol. 13, N. 47, 2025

Soluções Baseadas na Natureza como ferramenta para Drenagem Urbana Sustentável: Conexões com ODS da Agenda 2030 da ONU e implicações para cidades

Juliana Moura Santos

Mestrando em Engenharia Civil, PPGEC | USJT, Brasil

julianamst20@gmail.com

Ana Paula Branco do Nascimento

Docente e Pesquisadora do Mestrado Profissional em Engenharia Civil PPGEC | USJT, Brasil

prof.ananascimento@ulife.com.br



Soluções Baseadas na Natureza como ferramenta para Drenagem Urbana Sustentável: Conexões com ODS da Agenda 2030 da ONU e implicações para cidades

RESUMO

Objetivo – Compreender como as Soluções Baseadas na Natureza (SbN) se configuram como ferramentas para promover uma drenagem urbana mais sustentável, analisando também a sua relação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU.

Metodologia – Revisão Sistemática da Literatura (RSL), com seleção de 20 artigos indexados na base de dados Scopus. A análise combinou aspectos quantitativos (distribuição das publicações, periódicos, áreas) e qualitativos (métodos, desafios, tendências), mapeando a conexão com ODS.

Relevância – O estudo avança ao mapear não apenas os ODS diretamente relacionados, mas também conexões indiretas com a drenagem urbana sustentável, oferecendo uma visão sistêmica ainda pouco explorada na literatura nacional. O caráter de inovação deste estudo está na transversalidade entre SbN e ODS, revelando interfaces entre as políticas ambientais, sociais e urbanísticas.

Resultados – Os resultados destacaram os ODS 6 (Água Potável e Saneamento), 11 (Cidades Sustentáveis) e 13 (Ação Climática), que estão relacionados à drenagem urbana sustentável. Já os ODS 3 e 12 mostraram conexões indiretas. Os artigos destacaram múltiplos benefícios das SbN, incluindo redução de enchentes, melhoria da qualidade da água e valorização de áreas urbanas.

Contribuições Teóricas – Amplia o entendimento das SbN como estratégia transversal para os ODS, consolidando uma perspectiva que integra infraestrutura verde-azul, governança, resiliência climática e justiça socioambiental, esferas pouco abordadas no Brasil.

Contribuições Sociais e Ambientais – Demonstra que a aplicação de SbN reduz picos de cheia, melhora recursos hídricos e proporciona cobenefícios sociais, como áreas recreativas e maior aceitação comunitária, sua conexão aos ODS 6, 11 e 13 e a outros objetivos interligados da Agenda 2030 ao mesmo tempo que abre caminho para indicadores mensuráveis que auxiliem os gestores na tomada de decisão em políticas públicas.

Palavras-Chave – Soluções Baseadas na Natureza, Drenagem urbana, ODS, Cidades Sustentáveis

Nature-Based Solutions as a Tool for Sustainable Urban Drainage: Connections with the UN 2030 Agenda SDGs and Implications for Cities

ABSTRACT

Objective – To understand how Nature-Based Solutions (NBS) function as tools to promote more sustainable urban drainage, while also analyzing their relationship with the Sustainable Development Goals (SDGs) of the UN 2030 Agenda.

Methodology – Systematic Literature Review (SLR), with the selection of 20 articles indexed in the Scopus database. The analysis combined quantitative aspects (distribution of publications, journals, fields) and qualitative aspects (methods, challenges, trends), mapping the connection with the SDGs.

Relevance – The study advances by mapping not only the SDGs directly related to the topic, but also indirect connections with sustainable urban drainage, offering a systemic perspective that is still little explored in the national literature. The innovative character of this study lies in the cross-cutting approach between NBS and SDGs, revealing interfaces among environmental, social, and urban policies.

Results – The findings highlighted SDGs 6 (Clean Water and Sanitation), 11 (Sustainable Cities), and 13 (Climate Action), which are directly related to sustainable urban drainage. SDGs 3 and 12 showed indirect connections. The articles emphasized multiple benefits of NBS, including flood reduction, water quality improvement, and the enhancement of urban areas.

Theoretical Contributions – Expands the understanding of NBS as a cross-cutting strategy for the SDGs, consolidating a perspective that integrates green-blue infrastructure, governance, climate resilience, and socio-environmental justice, areas that remain underexplored in Brazil.

Social and Environmental Contributions – Demonstrates that the application of NBS reduces flood peaks, improves water resources and provides social co-benefits, such as recreational areas and greater community limitations, its



connection to SDGs 6, 11 and 13 and other interconnected objectives of the 2030 Agenda while paving the way for measurable indicators that assist managers in public decision-making.

Keywords – Nature-Based Solutions, Urban Drainage, SDGs, Sustainable Cities

Soluciones Basadas en la Naturaleza como Herramienta para el Drenaje Urbano Sostenible: Conexiones con los ODS de la Agenda 2030 de la ONU e Implicaciones para las Ciudades

RESUMEN

Objetivo – Comprender cómo las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) se configuran como herramientas para promover un drenaje urbano más sostenible, analizando también su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la agenda 2030 de la ONU.

Metodología – Revisión Sistemática de la Literatura (RSL), con la selección de 20 artículos indexados en la base de datos Scopus. El análisis combinó aspectos cuantitativos (distribución de publicaciones, revistas, áreas) y cualitativos (métodos, desafíos, tendencias), mapeando la conexión con los ODS.

Relevancia – El estudio avanza al mapear no solo los ODS directamente relacionados, sino también las conexiones indirectas con el drenaje urbano sostenible, ofreciendo una visión sistémica aún poco explorada en la literatura nacional. El carácter innovador de este estudio radica en la transversalidad entre SbN y ODS, revelando interfaces entre las políticas ambientales, sociales y urbanísticas.

Resultados – Los resultados destacaron los ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento), 11 (Ciudades Sostenibles) y 13 (Acción por el Clima), que están relacionados con el drenaje urbano sostenible. Los ODS 3 y 12 mostraron conexiones indirectas. Los artículos destacaron múltiples beneficios de las SbN, incluyendo la reducción de inundaciones, la mejora de la calidad del agua y la valorización de las áreas urbanas.

Contribuciones Teóricas – Amplía la comprensión de las SbN como una estrategia transversal para los ODS, consolidando una perspectiva que integra infraestructura verde-azul, gobernanza, resiliencia climática y justicia socioambiental, esferas aún poco abordadas en Brasil.

Contribuciones Sociales y Ambientales – Demuestra que la aplicación de SbN reduce los picos de inundaciones, mejora los recursos hídricos y brinda cobeneficios sociales, como áreas recreativas y mayores limitaciones comunitarias, su conexión con los ODS 6, 11 y 13 y otros objetivos interconectados de la Agenda 2030 al tiempo que allana el camino para indicadores mensurables que ayudan a los administradores en la toma de decisiones públicas..

Palabras Clave – Soluciones Basadas en la Naturaleza, Drenaje Urbano, ODS, Ciudades Sostenibles



1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm ampliado a frequência e intensidade de eventos extremos, como chuvas intensas, inundações e elevação do nível do mar, impactando de maneira crescente a segurança socioeconômica das cidades (Artaxo, 2020). No Brasil, a urbanização acelerada, que levou mais de 80% da população a viver em áreas urbanas a partir da segunda metade do século XX, resultou em expansão desordenada, ocupação de áreas ambientalmente frágeis e aumento da impermeabilização do solo (Santos, 2023). Esse processo reduziu a capacidade de infiltração natural das águas pluviais e aumentou os picos de escoamento superficial, intensificando riscos de alagamentos, degradação ambiental e desigualdades sociais nas cidades.

Tradicionalmente, os sistemas de drenagem urbana foram concebidos para remover rapidamente o excedente de água pluvial das superfícies urbanas, utilizando infraestrutura predominantemente rígida (“infraestrutura cinza”), como galerias subterrâneas e canalizações de concreto (Farr, 2008). Embora eficazes no curto prazo, esses sistemas foram dimensionados com base em séries históricas que não refletem os padrões climáticos atuais e apresentam custos elevados de expansão e manutenção. O resultado é a redução da resiliência urbana frente às mudanças climáticas, a perda de serviços ecossistêmicos e a perpetuação de modelos de gestão hídrica pouco integrados às políticas de uso do solo.

Nesse contexto, as Soluções Baseadas na Natureza (SbN) surgem como uma abordagem inovadora que utiliza processos naturais para mitigar os impactos da urbanização e promover benefícios ambientais, sociais e econômicos (IUCN, 2020). Estudos recentes demonstram que intervenções como pavimentos permeáveis, bacias de retenção, jardins de chuva, wetlands construídas e valas de infiltração podem reduzir o escoamento superficial, melhorar a qualidade da água, atenuar ilhas de calor e proporcionar paisagens urbanas mais atrativas (Saeedi et al., 2023; Pacetti et al., 2022; Alves et al., 2020). Além disso, a combinação de infraestrutura verde-azul com infraestrutura cinza apresenta melhores resultados em termos de cobenefícios, incluindo maior aceitação social e ganhos de biodiversidade (Alves et al., 2020; Silveira; Rodrigues; Dornelles, 2025).

Apesar da crescente adoção das SbN no contexto internacional, ainda são escassos os estudos que analisam de forma sistematizada sua relação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, especialmente no que se refere à drenagem urbana sustentável. Compreender essa conexão é essencial para orientar políticas públicas, inovação tecnológica e práticas urbanas mais resilientes, especialmente no que diz respeito à drenagem urbana sustentável e à sua viabilidade social. No Brasil, ações recentes em cidades como São Paulo, Recife e Rio de Janeiro já iniciam testes para a inclusão de jardins de chuva, telhados verdes e parques inundáveis, porém sem um marco sólido de governança e envolvimento social. Entender essa conexão é fundamental para direcionar políticas públicas, inovação tecnológica e práticas urbanas mais sustentáveis.



Desta forma, a pergunta norteadora deste trabalho foi “De que forma as Soluções Baseadas na Natureza podem contribuir para a promoção da drenagem urbana sustentável, em alinhamento com os Objetivos da Agenda 2030?” Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática da literatura para analisar como as SbN têm sido abordadas em estudos acadêmicos, identificando padrões, lacunas e potenciais contribuições para a sustentabilidade urbana.

2 OBJETIVOS

Compreender como as Soluções Baseadas na Natureza (SbN) podem ser relacionadas como ferramentas para a promoção de uma drenagem urbana mais sustentável, analisando também a sua relação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU.

3 METODOLOGIA

Este estudo foi delineado para investigar de que forma como as Soluções Baseadas na Natureza (SbN) têm sido abordadas como ferramenta de drenagem urbana sustentável e como esta abordagem se alinha com os temas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). Para atingir esse propósito, adotou-se uma revisão sistemática de literatura, caracterizada por um processo rigoroso de busca, seleção, categorização e análise crítica de artigos científicos publicados em periódicos revisados por pares.

A análise dos artigos incorporou critérios quantitativos e qualitativos, focados em SbN e drenagem urbana. No enfoque quantitativo, analisou-se a distribuição das publicações, os periódicos mais frequentes e as áreas com maior representatividade científica. No qualitativo, por outro lado, o foco foi na identificação das metodologias utilizadas e dos principais obstáculos mencionados. A metodologia é estruturada em três fases: coleta e seleção dos artigos (Seção 3.1), triagem e análise dos dados (Seção 3.2) e estabelecimento dos critérios de exclusão (Seção 3.3).

3.1 Coleta de dados e seleção dos artigos

A coleta de dados foi realizada exclusivamente na base de dados Scopus, reconhecida pela abrangência e confiabilidade de seus registros científicos. A busca ocorreu no mês de agosto de 2025, utilizando a combinação das palavras-chave "Nature based solutions" OR NBS AND "Urban drainage" AND Sustainable cities, nos campos "Article title, Abstract, Keywords". Desta forma, buscou-se garantir que fossem somente as publicações que abordassem a relação entre SbN e drenagem urbana sustentável. O operador lógico "AND" foi utilizado para assegurar que ambos os termos pesquisados estivessem presentes nos registros apresentados, garantindo



que a relação entre drenagem urbana e sustentabilidade fosse contemplada em todos os artigos. O termo “OR” NBS foi utilizado para permitir coletar variações com relação à utilização da contração do termo.

Além disso, os termos “urban drainage” e “sustainable cities” atuaram como outros captadores para análise dos estudos.

Para refinar a amostra e garantir a atualidade e relevância do material analisado, foram aplicados cinco filtros: (i) recorte temporal entre 2018 e 2025; (ii) área temática “Engineering”; (iii) tipo de documento “Article”; (iv) idiomas: inglês ou espanhol; e (v) disponibilidade integral em regime open access. Esses critérios permitiram refletir o estado da arte sobre o tema no período pós-adoção da Agenda 2030, assegurando consistência metodológica e transparência nos resultados

3.2 Triagem e Análise dos dados

O processo de triagem iniciou-se pela leitura dos títulos e resumos para verificar a relevância temática de cada estudo. Essa etapa preliminar resultou na exclusão de um artigo que não atendia aos critérios estabelecidos. Os artigos selecionados foram tabulados em planilha eletrônica com informações essenciais, como ano, periódico, país de origem, SbN analisadas e ODS abordados, para subsidiar a etapa de análise. A denominada “Parte 1” resultou na exclusão de apenas um artigo: estava em idioma francês mesmo com a indexação dos filtros na plataforma. Os artigos selecionados foram então catalogados em uma planilha, com informações pertinentes ao estudo, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Dados da etapa 1 - Triagem

Questionamento	Resposta
Referência completa (autor, ano, título, periódico)	Resposta Discursiva
DOI	Resposta Discursiva
Número de citações	Resposta Discursiva
O artigo menciona o tema Drenagem Urbana?	Sim ou Não
SbN presente?	Sim ou Não
A área temática é a Engenharia?	Sim ou Não
Relaciona-se com tema de ODS?	Sim ou Não
Objetivo do artigo	Resposta Discursiva
País ou região do estudo	Resposta Discursiva

Fonte: Autores, 2025.

A análise combinou abordagens quantitativas e qualitativas. Na análise quantitativa foi executada a distribuição temporal das publicações, os periódicos de maior incidência e a frequência de menção dos ODS. No componente qualitativo, foram examinadas as abordagens metodológicas empregadas, os desafios relatados e as tendências emergentes, permitindo mapear padrões, lacunas e intensidade de conexão entre SbN, drenagem urbana e ODS. Essa



estratégia permitiu a compreensão tanto da ênfase dos estudos mais citados quanto o direcionamento das pesquisas mais recentes

Em seguida, a denominada “Parte 2” marcou a segunda fase do processo. Nela, os artigos pré-selecionados foram lidos integralmente para confirmar sua total aderência aos critérios de inclusão. Durante essa leitura, os textos foram analisados, interpretados e categorizados por temas, o que proporcionou uma análise mais sistemática do material. A partir dessa organização, foi aplicado um critério de exclusão adicional para assegurar que apenas os artigos alinhados ao escopo do trabalho fossem incluídos no conjunto final. Os dados relevantes para essa etapa foram compilados, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Dados da etapa 2 – Leitura na íntegra

Questionamento	Resposta
Metodologia adotada no estudo	Resposta Discursiva
A Drenagem urbana foi (1) utilizada ou apenas (2) discutida?	1 ou 2
Existe alinhamento com os ODS de forma direta?	Sim ou Não
Existe alinhamento com os ODS de forma indireta?	Sim ou Não
Qual ODS?	17 opções de ODS
Qual meta?	169 opções de metas
Quais dispositivos de drenagem foram mencionados?	Resposta Discursiva
Impactos positivos da drenagem urbana sustentável	Resposta Discursiva
Principais resultados e contribuições	Resposta Discursiva
Principais conclusões dos autores	Resposta Discursiva
Categoria	6 opções de categorias

Fonte: Autores, 2025.

3.3 Categorização e critério de exclusão

Com o intuito de assegurar a aderência dos materiais coletados ao objetivo da pesquisa, procedeu-se à categorização sistemática dos artigos selecionados. Essa etapa teve como finalidade diferenciar os estudos segundo seu grau de alinhamento temático, possibilitando a construção de um conjunto analítico mais coerente. Foram estabelecidas seis categorias que reuniram os artigos conforme suas características predominantes identificadas: (1) Aplicação prática de SbN (soluções combinadas): Artigos que descrevem experiências reais com dois ou mais sistemas aplicados juntos; (2) Aplicação prática de SbN (solução individual): Estudo de caso prático com um único tipo de SbN; (3) Estudo teórico: apresentam modelagens, indicadores ou revisões sem implantação real; (4) Desenvolvimento tecnológico: propõem técnicas ou métodos para aplicação de SbN; (5) Viabilidade econômica: avaliam custos, benefícios e cenários de implantação de SbN; (6) Políticas públicas e participação social: Estudos sobre aceitação social, integração institucional, governança e alinhamento com ODS.

Dentro dessa classificação, os artigos que embora mencionassem SbN porém não tinham uma conexão direta com drenagem urbana sustentável, abordando, por exemplo, aplicações em contextos rurais, conservação ambiental ou restauração de ecossistemas sem relação com sistemas de drenagem foram excluídos dessa análise. Também foram excluídos



estudos que se concentravam estritamente em aspectos sociais ou econômicos, sem interface com questões hidrológicas, urbanísticas ou de infraestrutura de drenagem, pois não respondem à pergunta central desta pesquisa. Essa filtragem foi feita para garantir que o conjunto final de artigos realmente representasse a interseção entre SbN, drenagem urbana e Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, assegurando maior rigor e relevância à nossa análise. A Figura 1 ilustra a distribuição.

Figura 1 – Categorização dos artigos



Fonte: Autores, 2025.

Dentro dos 19 artigos catalogados, foram excluídos 7 artigos que não atenderam aos critérios, resultando em um conjunto final de 12 artigos, que compuseram a base de análise dos resultados. Essa etapa metodológica reforçou a objetividade e transparência dos critérios aplicados, garantindo que os resultados ficassem alinhados ao objetivo deste estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da leitura integral e da análise sistemática dos artigos selecionados, foi construída uma tabela-síntese (Tabela 3) que organiza os dados levantados. Na tabela são apresentadas, de forma estruturada as SbN identificadas nos estudos e que foram de alguma forma relacionadas à drenagem urbana sustentável aplicadas ou teoricamente analisadas, bem como as metas específicas de cada ODS que apresentam relação com o tema abordado em cada estudo.

Os resultados foram organizados em três eixos principais: a Seção 4.1 identifica as mais citadas, a Seção 4.2 apresenta o mapeamento das metas específicas dos ODS correlacionadas e a Seção 4.3 demonstra a relevância de cada ODS no contexto dos trabalhos analisados. Essa abordagem permitiu compreender não apenas as soluções mais abordadas, mas também as relações que a literatura científica tem feito com a drenagem urbana sustentável e às metas de sustentabilidade das Nações Unidas.



Tabela 3 – Dados obtidos dos 12 artigos selecionados

Referências	SbN	Metas dos ODS
01 Saeedi, I.; Mikaeili Tabrizi, A. R.; Bahremand, A.; Salmanmahiny, A. (2023)	PP, TI, VI, WT, BR	6.3, 6.6, 11.1, 11.3, 11.4, 11.5, 11.7, 12.2, 13.2, 15.1
02 Sánchez Almodóvar, E.; Martí Talavera, J.; Olcina Cantos, J. (2022)	PI, IVA, PI	1.5, 6.3, 11.1, 11.3, 11.4, 11.5, 11.7, 12
03 Pacetti, T.; Cioli, S.; Castelli, G.; Bresci, E.; Pampaloni, M.; Pileggi, T.; Caporali, E. (2022)	TI, JC, BD, PP	3.3, 3.9, 6.6, 11.1, 11.4, 11.5, 11.7, 13.1, 15.1
04 Suárez-Inclán, A. M.; Allende-Prieto, C.; Roces-García, J.; Rodríguez-Sánchez, J. P.; Sañudo-Fontaneda, L. A.; Rey-Mahía, C.; Álvarez-Rabanal, F. P. (2022)	TV, PP, JC, TI, BD	1.5, 3.3, 3.9, 11.1, 11.3, 11.4, 11.5, 11.7, 13.1
05 Sagala, S.; Murwindarti, A.; Avila, B. E.; Rosyidie, A.; Azhari, D. (2022)	TV, PP, JC	9.1, 11.4, 11.5, 12.2
06 Sánchez Almodóvar, E.; Martí Talavera, J.; Olcina Cantos, J. (2022)	PP, VI, EV	6.3, 9.1, 11.1, 11.5, 12.2
07 Bouzouidja, R.; Cannavo, P.; Bodéan, P.; Gulyás, Á.; Kiss, M.; Kovács, A.; Béchet, B.; Chancibault, K.; Chantoiseau, E.; Bournet, P.-E.; Bouzidi, R.; Guénon, R.; Lebeau, T.; Musy, M.; Rodríguez, F. (2021)	TV, PP, JC	6.3, 11.1, 11.3, 11.5, 12.2, 13.1
08 Ncube, S.; Arthur, S., (2020)	TV, PP, JC, WT, BD, BR	6.3, 6.6, 11.1, 11.3, 11.4, 11.5, 11.7, 12.2, 13.1, 15.1
09 Shkaruba, A.; Skryhan, H.; Likhacheva, O.; Katona, A.; Maryshevych, O.; Kireyeu, V.; Sepp, K.; Shpakivska, I. (2021)	TV, PP, JC, WT, BD, BR	3.3, 6.6, 11.4, 11.5, 15.1
10 Kozak, D.; Henderson, H.; De Castro Mazarro, A.; Rotbart, D.; Aradas, R., (2020)	IVA	3.9, 11.1, 11.4, 11.5
11 Alves, A.; Vojinovic, Z.; Kapelan, Z.; Sánchez, A.; Gersonius, B. (2020)	IVA, PP	11.1, 11.4, 11.5
12 Gearey, M., 2018	PP, TV, EV, WT	3.3, 11.1, 11.4, 11.5
PP = Pavimento Permeável TV = Telhado Verde JC = Jardins de Chuva PI = Parques Inundáveis	VI = Valas de Infiltração EV = Espaços Verdes BD = Bacia de Detenção WT = Wetlands	IVA = Infraestrutura Verde Azul BR = Bacia de Retenção TI = Trincheira de Infiltração

Fonte: Autores, 2025.

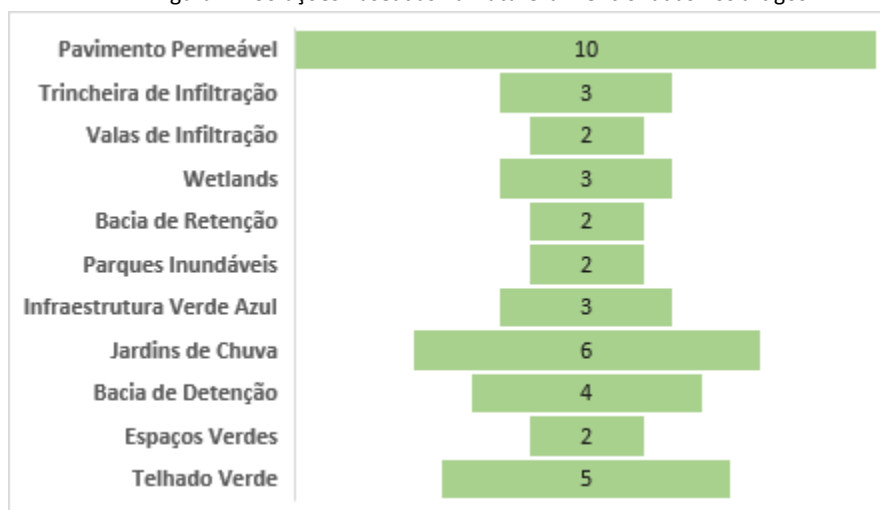
4.1 Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana

A Figura 2 apresenta a frequência de menções dos sistemas sustentáveis de drenagem urbana identificados nos artigos. Entre as 11 tipologias catalogadas, destacam-se Pavimento Permeável (10 citações), Jardins de Chuva (6 citações) e Telhado Verde (5 citações), representando 50% de todas as ocorrências. Outras soluções significativas foram as Bacias de retenção (4 citações), seguidas pela presença do termo Infraestrutura Verde e Azul, Wetlands e Trincheiras de Infiltração (com 3 citações cada) e as Valas de Infiltração, Bacia de Retenção, Parques Inundáveis e Espaços Verdes (com 2 citações cada). Todas as SbN citadas foram usadas como técnicas de drenagem urbana sustentável, tanto de forma associativa a outras técnicas



SbN ou a Infraestrutura cinza tanto como técnica solo em pequenos espaços. Sua presença também foi associada a mitigação do escoamento superficial, principalmente.

Figura 2 – Soluções Baseadas na Natureza mencionadas nos artigos



Fonte: Autores, 2025.

As três soluções que mais se destacam têm grande potencial para serem implementadas em áreas urbanas densas, que são justamente os locais mais expostos a riscos e que enfrentam desafios maiores na gestão de cheias. A forte presença dos pavimentos permeáveis mostra que eles são uma alternativa viável em áreas já consolidadas, pois permitem integrar a drenagem sustentável diretamente na infraestrutura viária existente, sem a necessidade de grandes obras.

O destaque dos telhados verdes reflete um crescente interesse por soluções baseadas na natureza, que vão além do controle do escoamento, trazendo benefícios adicionais como a regulação do microclima e a melhoria da qualidade paisagística. Por sua vez, os jardins de chuva se destacam por combinarem eficiência no controle do escoamento superficial com uma variedade de serviços ecossistêmicos, podendo ser aplicados em diferentes tipos de espaços públicos e privados, o que facilita sua adoção como uma solução multifuncional.

4.2 Metas dos ODS Relacionadas à Drenagem Urbana

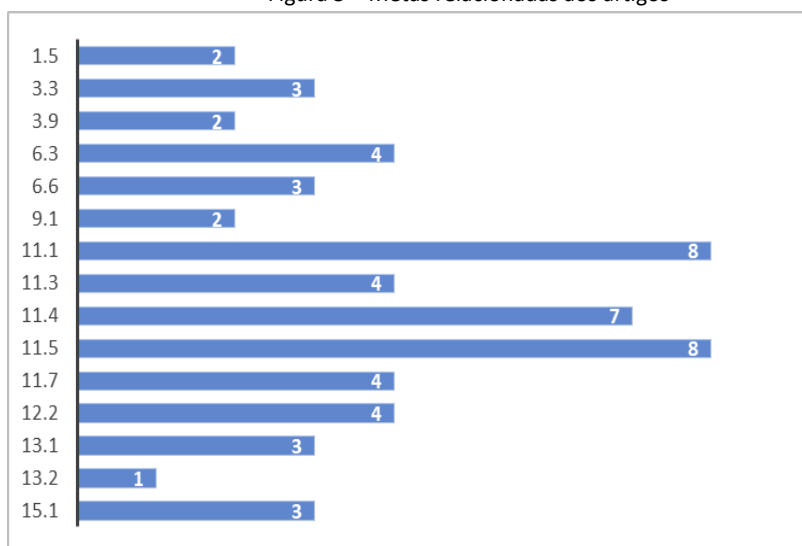
Com o intuito de representar os resultados referentes à identificação das metas específicas dos ODS correlacionadas a cada artigo, elaborou-se a Figura 3, que demonstra a frequência de ocorrência das metas, evidenciando a conectividade das soluções baseadas na natureza como forma de cumprimento das metas. Durante a análise, observou-se a predominância de metas vinculadas ao ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis). Essa meta está muito alinhada ao objetivo de drenagem urbana sustentável.



As principais metas que se destacaram foram: 11.1 (8 ocorrências), 11.5 (8), 11.4 (7), 11.3 (4), 11.7 (4) e 12.2 (4). Essas metas estão ligadas ao acesso à habitação e a serviços básicos adequados, à redução de mortes e ao número de pessoas afetadas por desastres, à preservação do patrimônio natural, à promoção de uma urbanização inclusiva e sustentável, ao acesso universal a espaços públicos seguros e verdes e à gestão sustentável dos recursos naturais. Essa concentração revela que a drenagem urbana sustentável, considerando os temas abordados nos artigos, está fortemente conectada à construção de cidades mais resilientes e habitáveis.

Outras metas que também se relacionam são 6.3 (4 ocorrências), que foca no tratamento e na melhoria da qualidade da água, e 13.1 (3), que diz respeito à capacidade de adaptação a riscos climáticos. Isso mostra a interconexão entre drenagem urbana, gestão hídrica e mudanças climáticas. Metas como a 1.5 (2 ocorrências), que aborda a redução da vulnerabilidade de populações em situação de pobreza, 3.3 (3) e 3.9 (2), que estão ligadas à saúde, 9.1 (2), que trata de infraestrutura resiliente, 6.6 (3) e 15.1 (3), que se concentram na proteção de ecossistemas, além de 13.2 (1), que busca integrar as mudanças climáticas nas políticas públicas, apareceram com menos frequência. Isso indica que ainda há potenciais pouco explorados para vincular a drenagem urbana sustentável a estratégias de justiça social, saúde pública e conservação ambiental.

Figura 3 – Metas relacionadas aos artigos



Fonte: Autores, 2025.

4.3 Relevância Global dos ODS no Contexto da Drenagem Urbana

A Figura 4 traz uma visão das metas relacionadas aos ODS, mostrando como cada um deles se destaca. O ODS 11, Cidades e Comunidades Sustentáveis, por exemplo, se sobressai com 54% das correlações encontradas, o que indica sua importância nos estudos sobre

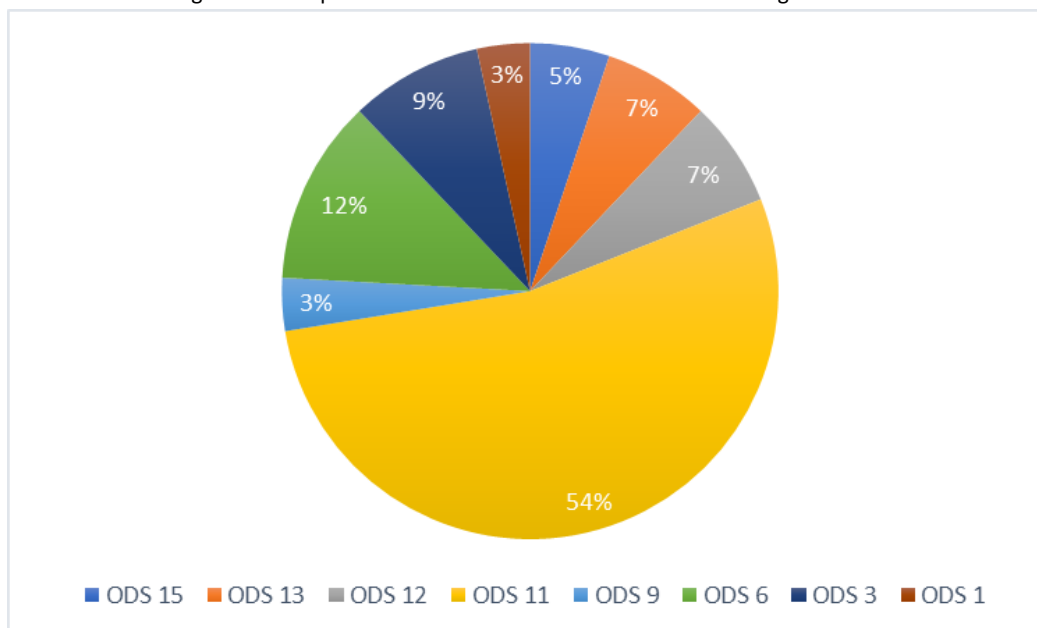


drenagem urbana sustentável. Na sequência, observa-se o ODS 6, Água Potável e Saneamento com 12%, e o ODS 13, Ação contra a Mudança Global do Clima, com 7%. Esses três objetivos formam a base das pesquisas analisadas, ressaltando a importância do foco em infraestrutura resiliente, gestão da água e na mitigação dos impactos climáticos aos sistemas de drenagem.

A abordagem da drenagem urbana sustentável ganha destaque no contexto do ODS 6, Água Limpa e Saneamento, ressaltando a importância de associar a gestão das águas pluviais ao saneamento básico. Apesar dos avanços no abastecimento e tratamento de esgoto, ainda se nota a ausência de alternativas integradas que englobem práticas de infiltração, retenção e reaproveitamento da água como parte de uma estratégia de sustentabilidade. No que se refere ao ODS 11, Cidades e Comunidades Sustentáveis, a presença em mais da metade das avaliações (54%), fica evidenciada a urgência de modernizar a infraestrutura urbana com foco na adaptação climática e na expansão de espaços verdes. Soluções como pavimentos permeáveis, jardins de chuva e telhados verdes se mostram opções importantes, capazes de diminuir inundações, melhorar a qualidade dos espaços públicos e aumentar a resiliência das cidades.

O ODS 13, Ação Contra a Mudança Global do Clima, possui uma relação de 7%, reforça a relevância das soluções de drenagem sustentável diante dos impactos das mudanças climáticas, como chuvas mais fortes e aumento do nível do mar. Nesse cenário, tais estratégias são importantes tanto para a adaptação quanto para a mitigação desses desafios climáticos.

Figura 4 – Comparativo dos ODS mais correlacionados aos artigos selecionados



Fonte: Autores, 2025.

Além desses três objetivos principais, foram identificadas correlações moderadas com outros ODS. O ODS 3 – Saúde e Bem-Estar (9%) se relacionam ao papel da drenagem no controle



de doenças transmitidas pela água. O ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis (7%) destaca-se pela valorização do uso eficiente dos recursos e do reaproveitamento da água da chuva. Em menor escala, o ODS 15 – Vida Terrestre (5%) se refere à proteção dos ecossistemas urbanos, enquanto o ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura (3%) estão ligadas às inovações tecnológicas na drenagem urbana. Já o ODS 1 – Erradicação da Pobreza (3%) apresentou representatividade baixa, indicando uma menor ligação das Soluções baseadas na Natureza (SbN) com questões sociais mais amplas.

Os ODS 2, 4, 5, 7, 8, 10, 14, 16 e 17 não exibiram correlações significativas e, por isso, foram excluídos da análise final. Esse panorama demonstra que a drenagem urbana sustentável, mesmo conectada a diversas agendas, é majoritariamente tratada sob a ótica da infraestrutura urbana, da gestão hídrica e da adaptação climática, revelando um foco mais técnico do que social.

Ao analisar as pesquisas sobre drenagem urbana sustentável e Soluções baseadas na Natureza (SbN), nota-se que os estudos tendem a focar em técnicas já conhecidas, como pavimentos permeáveis, telhados verdes e o reaproveitamento da água, geralmente ligados aos objetivos do ODS 11. Essa tendência segue as conclusões de Pacetti et al. (2022), de que os pavimentos permeáveis, jardins de chuva e bacias de retenção como meios importantes para diminuir enchentes em centros urbanos antigos, e de Saeedi et al. (2023), que demonstra a utilização de cisternas, valas de infiltração e áreas úmidas construídas em Teerã. Esses resultados mostram os problemas que cidades em rápida expansão enfrentam, onde diminuir inundações, controlar a poluição e melhorar a infraestrutura são as maiores preocupações.

No entanto, percebe-se duas lacunas significativas. A primeira é a falta de variedade e união entre as soluções baseadas na natureza e infraestruturas cinza. A maioria das pesquisas observa as SbN separadamente, sem investigar como alternativas que se complementem, podendo trabalhar juntas. Alves et al. (2020) já havia mencionado essa limitação, defendendo métodos mistos que combinem infraestruturas verde-azul e cinza para aumentar os benefícios para o meio ambiente e a sociedade. A segunda lacuna é a falta de análises a longo prazo. Poucos estudos medem o desempenho dos sistemas com o passar do tempo, o que dificulta a criação de indicadores de eficiência que durem. Saeedi et al. (2023) e Pacetti et al. (2022) também notaram essa lacuna, destacando a importância de acompanhar os sistemas após a instalação para confirmar se os benefícios esperados realmente acontecem.

Apesar dos progressos na expansão e utilização de SbN, a maioria das pesquisas foca ostensivamente na ótica técnica, negligenciando aspectos como gestão, envolvimento da comunidade e justiça social. Essa inclinação técnica pode restringir a eficácia da aplicação em cidades da América Latina, onde disparidades socioeconômicas demandam estruturas institucionais mais abrangentes. Casos brasileiros relatados por Silveira, Rodrigues e Dornelles (2025) mostram que a aprovação da comunidade e a coordenação com as políticas públicas locais são essenciais para o êxito das iniciativas, mostrando que a sustentabilidade social é tão vital quanto o desempenho hidrológico.



Além disso, nota-se uma falta de referências quantificáveis para avaliar o rendimento das SbN a longo prazo. Poucos estudos levam em conta critérios integrados que unam os aspectos ambientais (qualidade da água, redução de ilhas de calor), econômicas (análise de custo-benefício) e sociais (grau de aceitação da comunidade, impactos na saúde local e inclusão social). A formulação desses indicadores pode fortalecer a base de dados necessária para consolidar as SbN como política pública e subsidiar a tomada de decisão de gestores e tomadores de decisão.

5 CONCLUSÃO

A análise dos artigos selecionados mostra que a drenagem urbana sustentável, apoiada em Soluções Baseadas na Natureza (SbN) não é apenas uma alternativa técnica às infraestruturas tradicionais, mas sim uma estratégia abrangente que consegue integrar aspectos ambientais e socioeconômicos no planejamento urbano. A revisão da literatura revelou que, ainda que se observe a aplicação isolada de soluções, os melhores resultados surgem quando as SbN são utilizadas em conjunto com a infraestrutura cinza, criando modelos híbridos que potencializam a capacidade de retenção e infiltração das águas pluviais e os benefícios socioambientais.

Nesse contexto, fica evidente que os ODS 6 (Água potável e saneamento), 11 (Cidades e comunidades sustentáveis) e 13 (Ação climática) refletem a interconexão entre gestão hídrica, planejamento urbano e adaptação às mudanças climáticas. Também surgem nesse contexto contribuições indiretas para outros objetivos, como o ODS 3 (Saúde e bem-estar) e o ODS 12 (Consumo e produção responsáveis), o que indica que a drenagem urbana sustentável deve ser vista como um tema transversal na Agenda 2030. Apesar dos avanços, ainda existem lacunas significativas, especialmente em relação à baixa diversidade de sistemas integrados e à falta de estudos que analisem os impactos em prazos mais longos, prejudicando a criação de indicadores robustos e o planejamento de políticas públicas a longo prazo.

Este estudo destaca a relevância das Soluções Baseadas na Natureza (SbN) como um pilar fundamental para a drenagem urbana sustentável e um componente chave na implementação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) em nível local. O caráter inovador do trabalho está em tratar as SbN de forma transversal aos ODS, conectando dimensões técnicas, sociais e institucionais de maneira integrada.

Para que essa integração seja realmente eficaz, é essencial que pesquisas futuras se aprofundem na comparação de modelos híbridos, desenvolvam indicadores de desempenho socioeconômico e ambiental a longo prazo e incorporem processos participativos que garantam governança inclusiva e equidade social. A realidade latino-americana, marcada por desigualdades e vulnerabilidades, exige soluções que dialoguem com o território e com a população local, de modo que a adoção de SbN não se restrinja a projetos piloto, mas se consolide como estratégia de transformação urbana.



Além disso, é fundamental que o governo adote políticas mais integradas, que consigam unir de forma planejada a infraestrutura verde-azul e a infraestrutura cinza. Assim, pode-se concluir que abordar a drenagem urbana com uma perspectiva de sustentabilidade vai além de uma solução técnica para evitar alagamentos; trata-se de uma estratégia essencial para criar cidades mais resilientes, inclusivas e em sintonia com a Agenda 2030. Isso transforma os desafios atuais em oportunidades para um futuro urbano mais justo, seguro e sustentável para todos.



REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AHMAD, Shakeel; JIA, Haifeng; ASHRAF, Anam; YIN, Dingkun; CHEN, Zhengxia; AHMED, Rasheed; ISRAR, Muhammad. A Novel GIS-SWMM-ABM Approach for Flood Risk Assessment in Data-Scarce Urban Drainage Systems. *Water*, v. 16, n. 11, art. 1464, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/w16111464>

ALMODÓVAR, E. S.; OLCINA, J.; MARTÍ TALAVERA, J.; PRIETO CERDÁN, A.; PADILLA-BLANCO, A. Floods and Adaptation to Climate Change in Tourist Areas: Management Experiences on the Coast of the Province of Alicante (Spain). *Water*, v. 15, n. 4, art. 807, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/w15040807>

ALVES, A.; VOJINOVIC, Z.; KAPELAN, Z.; SÁNCHEZ, A.; GERSONIUS, B. Exploring trade-offs among the multiple benefits of green-blue-grey infrastructure for urban flood mitigation. *Science of the Total Environment*, v. 703, art. 134980, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134980>

ARTAXO, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. *Revista Estudos Avançados*, v. 34, n. 100, p. 53-66, 2020.

BOOGAARD, F. C.; VENVIK, G.; ROEST, A. H. Stormwater Quality and Long-Term Efficiency Capturing Potential Toxic Elements in Sustainable Urban Drainage Systems—Is the Soil Quality of Bio-Swales after 10–20 Years Still Acceptable? *Sustainability*, v. 16, n. 7, art. 2618, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16072618>

BOUZOUIDJA, R.; CANNAVO, P.; BODÉANAN, P.; GULYÁS, Á.; KISS, M.; KOVÁCS, A.; BÉCHET, B.; CHANCIBAULT, K.; CHANTOISEAU, E.; BOURNET, P.-E.; BOUZIDI, R.; GUÉNON, R.; LEBEAU, T.; MUSY, M.; RODRIGUEZ, F. How to evaluate nature-based solutions performance for microclimate, water and soil management issues – Available tools and methods from Nature4Cities European project results. *Ecological Indicators*, v. 125, art. 107556, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107556>

FARR, D. *Sustainable urbanism: Urban and Design with Nature*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008.

GEAREY, M. Re-naturing cities: reducing flood risk through nature-based solutions. *Geography*, v. 103, n. 2, p. 105–109, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/00167487.2018.12094046>

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN). *Nature-based solutions*, 2020. Disponível em: <https://www.iucn.org/theme/nature-based-solutions>. Acesso em: 30 mar. 2025.

KOZAK, D.; HENDERSON, H.; MAZARRO, A. D. C.; ROTBART, D.; ARADAS, R. Blue-green infrastructure (BGI) in dense urban watersheds. The case of the Medrano stream basin (MSB) in Buenos Aires. *Sustainability*, v. 12, n. 6, art. 2163, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12062163>

LAINO, E.; IGLESIAS, G. Extreme weather events and environmental contamination under climate change: A comparative review of ten European coastal cities. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, v. 45, p. 100606, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2025.100606>

MUWAFU, S. P.; RÖLFER, L.; SCHEFFRAN, J.; MÁÑEZ COSTA, M. A framework for assessing social structure in community governance of sustainable urban drainage systems: insights from a literature review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, v. 29, n. 5, art. 42, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11027-024-10136-2>

MUWAFU, S. P.; CELLIERS, L.; SCHEFFRAN, J.; MÁÑEZ COSTA, M. Community Governance Performance of Nature-Based Solutions for Sustainable Urban Stormwater Management in Sub-Saharan Africa. *Sustainability*, v. 16, n. 19, art. 8328, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16198328>



NCUBE, S.; ARTHUR, S. **Influence of Blue-Green and Grey Infrastructure Combinations on Natural and Human-Derived Capital in Urban Drainage Planning.** *Sustainability*, v. 13, n. 5, art. 2571, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13052571>.

PACETTI, T.; CIOLI, S.; CASTELLI, G.; BRESCI, E.; PAMPALONI, M.; PILEGGI, T.; CAPORALI, E. **Planning Nature Based Solutions against urban pluvial flooding in heritage cities: A spatial multi criteria approach for the city of Florence (Italy).** *Journal of Hydrology: Regional Studies*, v. 41, art. 101081, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101081>

SAEEDI, I.; MIKAEILI TABRIZI, A. R.; BAHREMAND, A.; SALMANMAHINY, A. **Planning and optimization of green infrastructures for stormwater management: The case of Tehran West Bus Terminal.** *Natural Resource Modeling*, v. 36, e12378, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/nrm.12378>

SÁNCHEZ ALMODÓVAR, E.; MARTÍ TALAVERA, J.; OLCINA CANTOS, J. **Buenas prácticas en el manejo y gestión del agua pluvial. Casos de estudio en la comarca del Bajo Segura.** *Cuadernos Geográficos*, v. 61, n. 1, p. 229–250, 2022. DOI: <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v61i1.21086>

SAGALA, S; MURWINDARTI, Ai; AVILA, B. E; ROSYIDIE, A; AZHARI, D. **Sustainable Urban Drainage System (SUDS) as Nature Based Solutions Approach for Flood Risk Management in High-Density Urban Settlement.** *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 986, n. 1, art. 012055, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/986/1/012055>

SANTOS, J. A. D. V. **Impactos de Infraestrutura Cinza: Mobilidade, Uso e Ocupação do Solo.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, 2023.

SHKARUBA, A.; SKRYHAN, H.; LIKHACHEVA, O.; KATONA, A.; MARYSKEVYCH, O.; KIREYEU, V.; SEPP, K.; SHPAKIVSKA, I. **Development of sustainable urban drainage systems in Eastern Europe: an analytical overview of the constraints and enabling conditions.** *Journal of Environmental Planning and Management*, v. 64, n. 13, p. 2435–2458, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/09640568.2021.1874893>

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

SKRYDSTRUP, J.; LÖWE, R.; GREGERSEN, I. B.; KOETSE, M.; AERTS, J. C. J. H.; DE RUITER, M.; ARNBJERG-NIELSEN, K. **Assessing the recreational value of small-scale nature-based solutions when planning urban flood adaptation.** *Journal of Environmental Management*, v. 320, art. 115724, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115724>

SUÁREZ-INCLÁN, A. M.; ALLENDE-PRIETO, C.; ROCES-GARCÍA, J.; RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, J. P.; SAÑUDO-FONTANEDA, L. A.; REY-MAHÍA, C.; ÁLVAREZ-RABANAL, F. P. **Development of a Multicriteria Scheme for the Identification of Strategic Areas for SUDS Implementation: A Case Study from Gijón, Spain.** *Sustainability*, v. 14, n. 5, art. 2877, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14052877>.

THODESEN, B.; ANDENÆS, E.; BOHNE, R. A.; KVANDE, T. **Mapping public-planner conflicts in SUDS implementation using cultural dimensions – A case study.** *Urban Science*, v. 7, n. 2, art. 61, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/urbansci7020061>