

18° ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE PAISAGISMO
EM ESCOLAS DE ARQUITETURA E URBANISMO NO BRASIL

BELO HORIZONTE - MG
11 - 14 / AGOSTO

PAISAGENS EM DIÁLOGOS
TERRITÓRIOS, MEMÓRIAS E NATUREZAS



SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL (SuDS)

Estudo de caso País de Gales como exemplaridade

ST1 – Paisagens e naturezas

SUSTAINABLE URBAN DRAINAGE SYSTEMS (SuDS)

Wales case study as an exemplarity

SOUZA, Isabela Carvalho de

Graduanda Iniciação Científica | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Pontifícia Universidade Católica de
Campinas | Campinas, SP, Br | isa.sou.bela@hotmail.com | ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0140-2169>

LUZ, Vera Santana

Professora e pesquisadora | Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Pontifícia Universidade
Católica de Campinas | Campinas, SP, Br | veraluz@puc-campinas.edu.br ORCID:
<https://orcid.org/0000-0001-6931-0574>

RESUMO

O artigo discute os Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SuDS), compreendidos como Soluções baseadas na Natureza, tendo como estudo de caso o País de Gales, no Reino Unido. Atualmente, o Reino Unido é uma das referências mundiais em tecnologias de drenagem ecológica. Apresenta-se estes sistemas quanto a suas tipologias, processos construtivos e implantações, em situações concretas. Em ambientes naturais, as águas pluviais penetram em superfícies permeáveis por infiltração, o que se reduz em ambientes urbanizados, devido à impermeabilização do solo. Ao imitarem os regimes de drenagem naturais, os SuDS se configuram como alternativa a redes de tubulação pluvial e condução para cursos d'água próximos ou distantes, buscando melhorar sua qualidade, reduzir alagamentos e inundações, aumentar o bem-estar humano, valorizar a paisagem e promover benefícios à biodiversidade. A metodologia preconizou a análise crítica e sistematização de referências, com o objetivo de constituir um repertório aplicável. Os resultados evidenciam a factibilidade desses sistemas e reforçam possíveis analogias a situações urbanas brasileiras, guardadas as especificidades locais e regionais.

Palavras-chave: Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SuDS); Soluções baseada na Natureza; País de Gales; drenagem ecológica.

ABSTRACT

This article discusses Sustainable Urban Drainage Systems (SuDS), understood as Nature-based Solutions, using Wales, in the United Kingdom, as a case study. Currently, the United Kingdom is one of the world's leading countries in ecological drainage technologies. These systems are presented in terms of their typologies, construction processes, and implementations in concrete situations. In natural environments, rainwater penetrates permeable surfaces through infiltration, a process that is reduced in urbanized environments due to soil impermeability. By mimicking natural drainage patterns, SUDS offer an alternative to rainwater piping networks and drainage systems leading to nearby or distant watercourses, seeking to improve water quality, reduce flooding and inundation, increase human well-being, enhance the landscape, and promote biodiversity benefits. The methodology involved critical analysis and systematization of references, with the aim of creating an applicable repertoire. The results demonstrate the feasibility of these systems and reinforce possible analogies to Brazilian urban situations, considering local and regional specificities.

Keywords: Sustainable Urban Drainage Systems (SuDS); Nature-based Solutions; Wales; ecological drainage.

1 INTRODUÇÃO

O artigo investiga um repertório de Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (*Sustainable Urban Drainage Systems* — SuDS) e suas possibilidades de implementação como resposta ao manejo de águas pluviais, dentro do escopo da prevalência da drenagem *in situ*, por meio de processos mais ralentados e próximos aos naturais. Os SuDS demonstram capacidade de reduzir as taxas de fluxo, aumentar a capacidade de armazenamento das águas pluviais e diminuir o transporte de poluentes para o sistema hídrico. Os SuDS se configuram como soluções alternativas à canalização direta das águas pluviais, realizada por meio de redes de tubulação e condução para cursos d'água próximos ou distantes. Ao imitarem os regimes naturais de drenagem, visam reduzir as inundações por águas superficiais, melhorar sua qualidade, aumentar o bem-estar humano, valorizar o meio ambiente e proporcionar benefícios à biodiversidade. Nesse sentido, são compreendidos como Soluções baseadas na Natureza (SbN) (Cohen-Shacham *et al.*, 2016). Segundo Luz (2025):

Nesse âmbito, a drenagem sustentável é uma tendência surgida internacionalmente por volta dos anos 1980, e que já apresenta uma certa consolidação. Sua denominação varia, conforme seus países de origem e de determinadas especificidades propostas, entre os chamados: Melhores Práticas de Manejo (*Best Management Practices* - BMP), Desenvolvimento ou Urbanismo de Baixo Impacto (*Low Impact Development* - LID), EUA, Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (*Sustainable Urban Drainage Systems* — SuDS), Reino Unido, Drenagem Urbana Sensível à Água (*Water Sensitive Urban Drainage* — WSUD), Austrália. (Luz, 2025, p. 6)

A eleição do País de Gales como estudo de caso se justifica pelo seu histórico de inovações em práticas de gestão de águas pluviais e pela adoção crescente de SuDS como estratégia para enfrentar os desafios de urbanização e eventos climáticos extremos. A pesquisa teve como principal objetivo a investigação dos SuDS, considerando como estudo de caso determinadas exemplaridades no País de Gales, no Reino Unido, para sistematização das tipologias e processos, bem como condicionantes de implantação.

Os métodos preconizados se basearam na investigação de referências bibliográficas, acadêmicas, documentais e midiáticas para a constituição de um referencial teórico sobre os SuDS, conforme estabelecido no estudo de caso. Compreendeu, também, o delineamento desses sistemas como integrante de Soluções baseadas na Natureza (Cohen-Shacham *et al.*, 2016; Luciani; Luz, 2022).

O estudo tem em consideração as inundações causadas pelo processo de urbanização, a contaminação das águas — que implica riscos à saúde e à qualidade de vida das populações —, além de prejuízos sociais e econômicos, no sentido de mitigar os problemas — mediante o controle de inundações e alagamentos — e prevenir doenças decorrentes dessas condições, e se dirige à promoção de melhor qualidade dos espaços urbanos. Entende-se que tais técnicas poderiam ser adequadas, em diversas situações, ao contexto das cidades brasileiras.

2 INVESTIGAÇÃO DOS SUDS NO CONTEXTO DO PAÍS DE GALES

País de Gales (Figura 1) é uma das quatro nações constituintes do Reino Unido, conformado por um território a oeste da ilha da Grã-Bretanha, fazendo fronteira com a Inglaterra (Gruffudd; Smith; Carter, 2024).

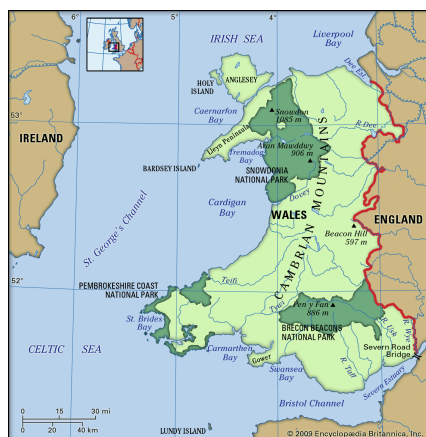
Figura 1: Imagem aérea destacando a localização do País de Gales, Reino Unido.



Fonte: Googlemaps. Acesso em: 9 jan. 2024.

O País de Gales é limitado a norte, Sul e Oeste por estuários e pelo Mar da Irlanda e, a Leste, pela Inglaterra (Figura 2). Seu relevo é caracterizado por montanhas e planaltos que são fragmentados por rios, sendo os principais o Severn, o Wye, e o Dee. Cardiff, maior cidade e capital do País de Gales, é o centro comercial, administrativo, cultural e industrial mais importante do país (Gruffudd; Smith; Carter, 2024), com população estimada, em dados de 2021, de 362.300 pessoas (Office for National Statistics, c2021). O País de Gales, em dados de 2024, contemplava população acima de 3,2 milhões de pessoas (Population UK, c2024).

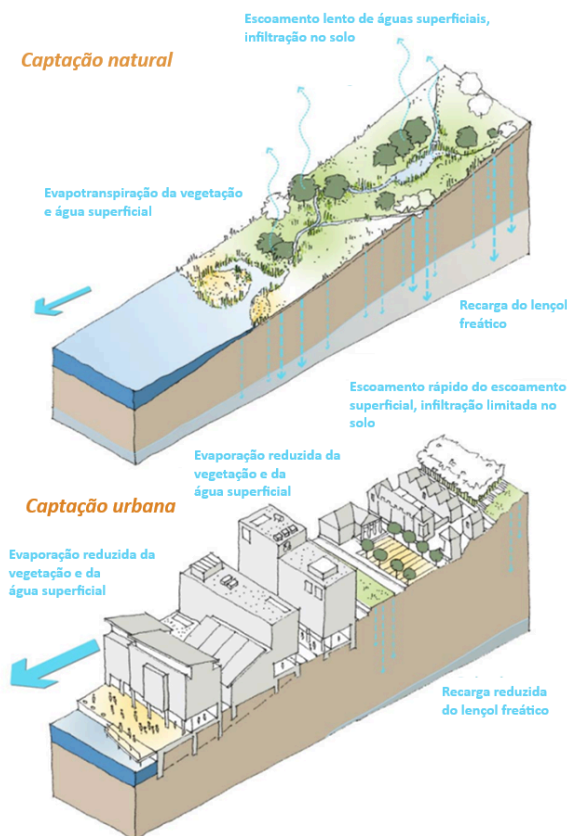
Figura 2: Características físicas do País de Gales.



Fonte: Encyclopædia Britannica, c2009, s.n.. Disponível em: <https://www.britannica.com/place/Wales#ref45105>. Acesso em: 9 jan. 2024.

Perante as mudanças climáticas e o processo de urbanização, que trouxe a impermeabilização do solo nas cidades, as inundações e alagamentos aumentaram no País de Gales, acarretando a contaminação das águas, riscos à saúde e deterioração da qualidade de vida, ocasionando desequilíbrios ambientais e processos erosivos (Cardiff Council c2024, p. 1) (Figura 3).

Figura 3: Esquemas sobre os impactos da urbanização em uma bacia hidrográfica.



Fonte: Susdrain, c2024a, adaptada.

A associação multi organizacional denominada *The National Surface Water Management and SuDS Group* foi constituída com o propósito de sanar os problemas relacionados à gestão das águas pluviais neste país, tendo como principais objetivos (SuDS Wales, c2024a):

- Prover uma fonte de competência no campo do manejo de águas superficiais;
- Incentivar o trabalho colaborativo e identificar onde benefícios podem ser potencializados;
- Assegurar que a proteção ambiental e os serviços ecossistêmicos estejam no coração do que é implementado;
- Suportar LLFAs [*Lead Local Flood Authorities* (Autoridades de Enchentes Locais)] na implementação de SuDS e no desenvolvimento de Planos de Gestão de Riscos de Inundação;

- Fornecer aconselhamento e orientar as partes interessadas para apoiar o desenvolvimento de competências e conhecimentos relevantes para gestão de águas superficiais e na construção de SuDS;
- Fornecer aconselhamento e conhecimentos especializados ao governo galês quando solicitado, no sentido de apoiar o desenvolvimento de políticas emergentes;
- Desenvolver uma base de recursos para as partes interessadas e o público, para sua informação sobre as melhores práticas em relação à gestão das águas superficiais e ao uso de SuDS;
- Incentivar a reutilização de água sempre que possível; e
- Promover uma melhor compreensão do SuDS e do Desenho Urbano Sensível à Água, incluindo os benefícios sociais, econômicos e ambientais que podem ser obtidos. (SuDS Wales c2024a, p. 1, tradução das autoras)

As técnicas de drenagem sustentável preconizadas pelos *Sustainable Urban Drainage Systems* (SuDS) visam o manejo de águas pluviais dentro do escopo de prevalência da drenagem *in situ*, mediante processos mais ralentados e próximos aos naturais, ao invés de redes de tubulação e condução para cursos de água próximos ou distantes. Uma vez que proporcionam benefícios mútuos ao bem-estar humano e à biodiversidade, são consideradas como Soluções baseadas na Natureza (SbN) (Susdrain c2024a; Luciani; Luz, 2022).

Segundo a associação *The National Surface Water Management and SuDS Group* (SuDS Wales, c2024b), as principais técnicas de controle e implantação destes sistemas, para minimizar o volume e o fluxo de escoamento de águas pluviais, visando o cuidado com a infiltração, são: telhados verdes; bacias de infiltração; trincheiras de infiltração; pavimentos permeáveis; captação da água da chuva por telhados e calhas; poços de drenagem; drenos filtrantes (filtro francês); valas; faixas filtrantes; bacias de retenção; lagoas de retenção; e zonas úmidas. A seguir, apresenta-se cada um destes sistemas e seu funcionamento básico:

2.1 Tetos verdes

Tetos verdes são coberturas vegetadas, também denominados como coberturas ecológicas. São compostos por vegetação e camadas diversas que possibilitam a absorção e armazenamento das águas pluviais, bem como permitem sua filtração. Reduzem a temperatura dos ambientes e configuram habitat para vida selvagem, podendo, também, ser utilizados como ambientes de permanência. Tetos intensivos têm capacidade de suportar pesos superiores e plantas de maior envergadura, e extensivos, mais leves, suportam vegetação de menor escala (SuDS Wales, c2024c) (Figura 4).

Figura 4: Exemplo de camadas de um teto verde extensivo.



Fonte: Green Roof Service LLC, in SuDS Wales, 2024c, p. 1, adaptada.

2.2 Bacias de infiltração

Bacias de infiltração são estruturas rasas, que desempenham o papel de recepção do escoamento das águas pluviais, para sua infiltração. Conforme o volume da precipitação, há o acúmulo destas águas no dispositivo, as quais se infiltram gradualmente no solo. Em chuvas muito intensas, o volume pode exceder a dimensão da bacia, para o que se preconiza uma instalação de extravasão. São recomendadas para captação de áreas de em torno de dez hectares. Estes dispositivos dependem da permeabilidade do solo, da capacidade de armazenamento e do nível do lençol freático, para que ocorra a infiltração completa das águas. Necessitam de inspeção e manutenção periódica e podem se associar a dispositivos prévios, como faixas filtrantes, bueiros ou poços de decantação, para uma melhor remoção dos sólidos em excesso (SuDS Wales, c2024d) (Figura 5).

Figura 5: Exemplo de bacia de infiltração no País de Gales.



Fonte: SuDS Wales, c2024d, p. 1.

2.3 Trincheiras de infiltração

Trincheiras de infiltração são valas rasas escavadas, que funcionam como reservatórios lineares. São, em geral, revestidas com manta geotêxtil e preenchidas por pedras. As águas pluviais escoam sobre as valas e, aos poucos, se infiltram no solo. A capacidade de armazenamento do lençol freático e a permeabilidade do solo são essenciais para a eficiência do processo de infiltração. Há a possibilidade de associá-las a faixas filtrantes, bueiros ou poços de decantação, para remoção prévia do excesso de sólidos (Figura 6). As trincheiras apresentam capacidade reduzida, sendo recomendadas para áreas de dois a três hectares de captação e necessitam manutenção periódica (SuDS Wales, c2024e).

Figura 6: Exemplo de trincheira de infiltração.

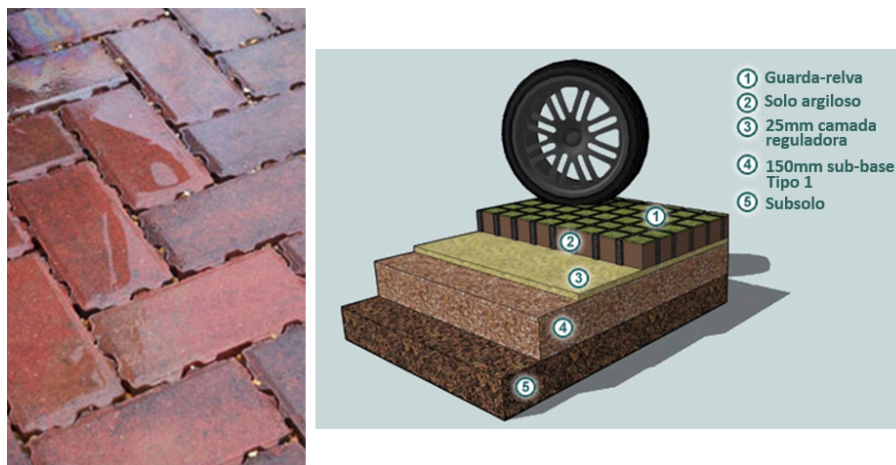


Fonte: SuDS Wales, c2024e, p. 1.

2.4 Pavimentos permeáveis

Pavimentos permeáveis são estruturas que podem ser realizadas de diversos materiais, como: asfalto poroso; brita; concreto poroso; tela plástica ou blocos de concreto com intervalos, para viabilizar a infiltração das águas pluviais no solo, para sua filtração, podendo ser associados a dispositivos de reservação destas águas, e, portanto, reduzindo as possibilidades de alagamento de ruas e calçadas e dos próprios pavimentos. Quando há possibilidade de poluição das águas subterrâneas, estes dispositivos devem ser selados. Sua instalação necessita ser realizada com cuidado, para não haver defeitos e deformações ao longo do seu tempo de uso, bem como requer o monitoramento do excesso de lama que, em geral, ocorre durante obras, e verificar o deslocamento e deformação do pavimento. Permitem a remoção de sedimentos, sólidos e matéria orgânica, reduzindo os poluentes presentes no escoamento superficial (SuDS Wales, c2024f) (Figura 7).

Figura 7: Pavimentos permeáveis.

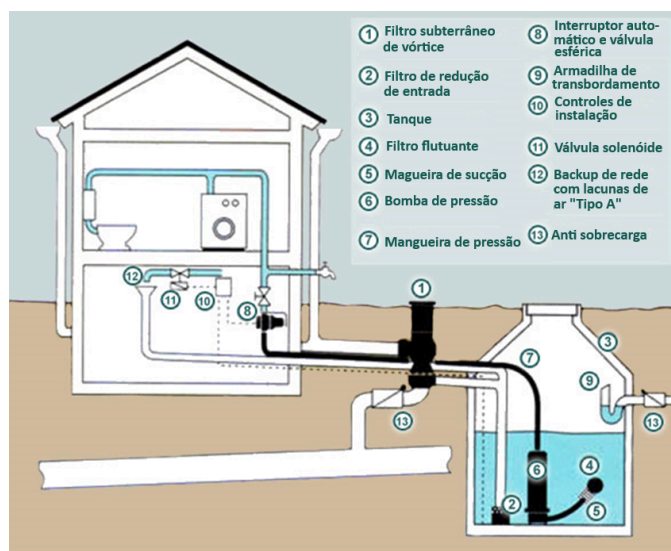


Fonte: SuDS Wales, c2024f, p. 1, adaptada.

2.5 Captação por telhados e calhas

As águas pluviais provenientes do escoamento de telhados e calhas de edificações podem ser armazenadas em cisternas subterrâneas ou superficiais, de dimensões variadas, para serem reutilizadas em descargas sanitárias, lavagem de pisos e automóveis ou rega, por exemplo (SuDS Wales, c2024g) (Figura 8).

Figuras 8: Esquema exemplo de captação e armazenamento águas pluviais desde cobertura, calhas e condutores.



Fonte: SuDS Wales, c2024g, p. 1, adaptada.

2.6 Poços de drenagem ou sumidouros

Poços de drenagem ou sumidouros são dispositivos relativamente simples, como orifícios realizados no solo, permitindo que o escoamento de águas pluviais captado se infiltre

paulatinamente no solo. Apresentam diferentes formas de execução, sendo que sua dimensão deve ser proporcional à quantidade de água que será captada, em geral revestidos com cascalho ou tijolos reutilizados (SuDS Wales, c2024h). Outras formas são anéis de concreto perfurados ou caixas plásticas de malhas abertas (Figura 9) (Rowe, 2017).

Figura 9: Exemplos de poços de drenagem com anéis de concreto (esquerda) e com caixas plásticas de malha aberta (direita).



Fonte: Rowe, 2017, p. 1.

2.7 Drenos filtrantes (filtro francês)

Drenos filtrantes (filtro francês) são realizados mediante uma abertura profunda no solo, revestidos com manta geotêxtil e preenchidos com cascalhos, para que o escoamento superficial captado sejam filtrado, de modo a remover matéria orgânica, sedimentos e resíduos (Figura 10). Há a possibilidade de armazenamento das águas, não comportando grandes volumes; quando não armazenadas, estas podem ser conduzidas a um curso d'água próximo, por exemplo (SuDS Wales, c2024i).

Figura 10: Filtro francês.



Fonte: Marty Hovey, in SuDS Wales, c2024i, p. 1, adaptada.

2.8 Valas

Valas são constituídas por depressões lineares rasas e largas, cobertas por solo permeável e vegetação rasa, de modo que as águas pluviais recebidas tenham sua infiltração lenta e progressiva, reduzindo a carga poluente, por filtragem. Ao longo das valas pode haver a presença de tubulação de drenagem subterrânea, para conduzir o excesso de volume para curso d'água mais próximo ou outro dispositivo, bem como podem funcionar em série, sendo que o armazenamento se dá por tempo reduzido. Apresentam o benefício de baixos custos, evitando a utilização de meios-fios e bueiros. A manutenção mais importante é aparar a vegetação com regularidade, para melhor infiltração da água. Eventualmente, é necessária a instalação de barragens de retenção para que altos fluxos de águas pluviais não causem erosões. Para que os sedimentos, matéria orgânica e outros resíduos não cheguem aos aquíferos, é recomendável a instalação de um revestimento impermeável abaixo do gramado (SuDS Wales, c2024j) (Figura 11).

Figura 11: Valas.

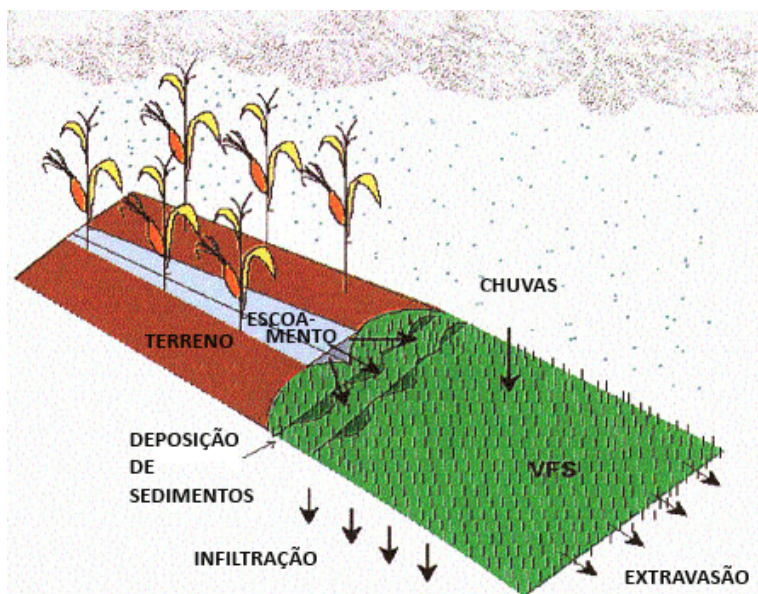


Fonte: Anderdesign, in SuDS Wales, c2024j, p. 10, adaptada.

2.9 Faixas filtrantes

Faixas filtrantes são recortes vegetados aptos a receber o escoamento superficial e direcioná-lo. Podem conter vegetação variada, desde a formação de pequenos bosques, bem como vegetação rasteira. A dimensão recomendável é de cinco a quinze metros de largura, destinadas a captar o escoamento de áreas em torno de dois hectares (Figura 12). Visam a filtração de poluentes pelo sistema de raízes da vegetação, constituindo habitat para animais silvestres. Podem estar associada a estradas e vias e configurar área ripárias ribeirinhas, preservando-as de erosão, pela redução da velocidade de fluxo (SuDS Wales, c2024k).

Figura 12: Faixa filtrante.



Fonte: SuDS Wales, c2024k, p. 11, adaptada.

2.10 Bacias de retenção

Bacias de retenção são áreas propícias ao acúmulo controlado de água, de modo provisório, durante a ocorrência de chuvas, permitindo sua infiltração. Têm, em uma de suas extremidades, uma estrutura hidráulica, para condução da água excedente a um curso d'água mais próximo ou outro destino (Figura 13). A maior parte do tempo essas bacias se encontram secas, porém, em períodos chuvosos, controlam a ocorrência de alagamentos. Os sedimentos trazidos pelo escoamento superficial se depositam no fundo do dispositivo, enquanto o fluxo de água é drenado ou infiltrado no solo, naturalmente. Para melhor desempenho, é recorrente a utilização de dispositivos prévios para captação do excesso de sedimentos. A manutenção prevê a inspeção e remoção do acúmulo de sedimentos, sazonalmente. (SuDS Wales, c2024l).

Figura 13: Bacia de retenção.



Fonte: SuDS Wales, c2024l, p. 1.

2.11 Lagoas de retenção

Lagoas de retenção depuram o escoamento de águas pluviais a elas conduzido e retêm um volume controlado dessas águas, de modo permanente. Em tempos secos, necessitam, eventualmente, uma captação do fluxo de águas complementar. São projetadas para receber escoamentos de áreas em torno de cinco hectares, ao menos. De forma semelhante às bacias de detenção, as lagoas de retenção são constituídas de modo a filtrar sedimentos poluentes presentes no escoamento superficial, como resíduos de metais, nutrientes e matéria orgânica, incluindo coliformes. A retenção típica é de em torno de vinte dias, para conveniente degradação biológica (Figura 14). Podem ser alimentadas de diversas formas, desde o escoamento direto de valas, redes de drenagem com filtragem ou sistemas convencionais, como sarjetas e bueiros. É recomendável a articulação a reservatórios prévios, para captação do excesso de sedimentos e poluentes, mantendo o espelho d'água em melhores condições de fruição (SuDS Wales, c2024m).

Figura 14: Lagoa de retenção.

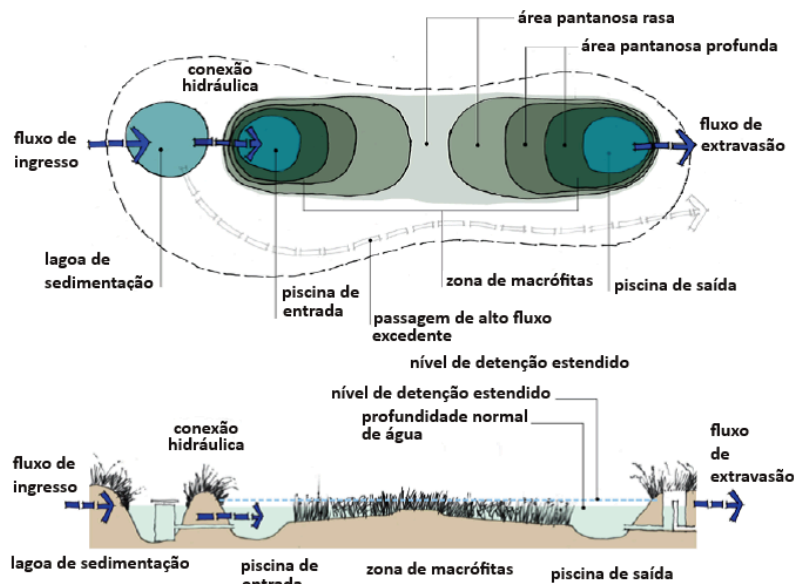


Fonte: SuDS Wales, c2024m, p. 1.

2.12 Zonas úmidas

Zonas úmidas (*wetlands* construídos) são semelhantes a lagoas de retenção, porém aperfeiçoadas, uma vez que apresentam áreas rasas com vegetação pantanosa (macrófitas), visando uma depuração superior das águas. Além da filtragem, as zonas úmidas propiciam a remoção de nutrientes das águas mediante a presença de algas e de vegetação. Dentre seus benefícios, possibilitam um habitat para vida selvagem em áreas urbanas, bem como ambientes pedagógicos, de fruição e recreação (SuDS Wales, c2024n) (Figuras 15 e 16).

Figura 15: Esquema de zona úmida construída.



Fonte: Walter by Design, 2017, in Queensland Government, c2024, p. 1.

Figura 16: *Wetland* construído com macrófitas ao fundo.



Fonte: Peter Breen, in Queensland Government, c2024, p. 1.

Tendo em consideração os sistemas de drenagem utilizados no país de Gales, são notáveis as diversas formas sustentáveis e de captação das águas pluviais que se baseiam em processos naturais, utilizadas para impedir as inundações e alagamentos nas áreas urbanas, visando benefícios à biodiversidade e aos seres humanos, portanto consideradas no âmbito de

Soluções baseadas na Natureza (Luciani; Luz, 2022). De acordo com Susdrain (c2024b, p. 3), a listagem à Figura 17 articula os benefícios propiciados pelos SuDS:

Figura 17: Benefícios dos SuDS.

Categoria do benefício	O que é coberto
 Gestão de riscos de inundação	Impacto às pessoas e propriedades
 Gestão da qualidade da água	Incremento da qualidade das águas superficiais para estética, saúde, biodiversidade, etc.
 Biodiversidade e ecologia	Locais de valor ecológico
 Amenidades	Atratividade e apelo desejável de uma área
 Qualidade de ar	Impacto à saúde por poluição do ar
 Construindo temperatura	Conforto térmico, resfriamento (verão) ou isolamento (inverno)
 Redução e sequestro de carbono	Redução de carbono operacional ou incorporado juntamente com sequestro (fixação)
 Crime	Crimes contra pessoas ou propriedades
 Crescimento econômico	Negócios, empregos e produtividade
 Educação	Oportunidades educativas aprimoradas
 Permitindo o desenvolvimento	Capacidade da infraestrutura hídrica (altura livre) para habitação/outro incremento
 Infraestrutura flexível/ adaptação às mudanças climáticas	Habilidades desenvolvidas em fazer mudanças incrementais e adaptar infraestruturas (sem arrependimentos)
 Recarga de aquíferos	Incremento da disponibilidade ou qualidade da água
 Saúde e bem-estar	Benefícios à saúde física, emocional e mental pela recreação e estética
 Bombeamento de águas residuais	Redução de fluxos de águas residuais para trabalhos de tratamento
 Armazenamento de águas pluviais	Fluxos reduzidos em esgotamento, poluição ou dependência de (redes de) água potável
 Recreação	Envolvimento em atividade específicas de recreação
 Turismo	Atratividade de áreas turísticas
 Alívio do trânsito	Redução de riscos de acidente de trânsito ou aumento de oportunidade de atividades de recreação de rua
 Tratando águas residuais	Volume de águas residuais reduzidas a tratar pelos sistemas de drenagem combinados

Fonte: Susdrain, 2024b, p. 3, adaptada.

3 ANÁLISE COMPARATIVA DOS SUDS E SUAS CONDICIONANTES

Segundo os dados coletados, o total de SuDS no país de Gales contempla 75 casos implantados. Observa-se que há uma certa prevalência de determinadas tipologias, como, bacias de detenção e bacias de infiltração, seguidas por lagoas de retenção e pavimentos permeáveis. Há, ainda, uma proporção de jardins de chuva, valetas pluviais, poços de infiltração, zonas

úmidas, filtros de biorretenção, telhados verdes, trincheiras de infiltração, drenos-franceses, canais de transporte e blocos de armazenamento geocelular, conforme sistematiza-se no Quadro 1, a seguir:

Quadro 1: Tipologias de SuDS no País de Gales, suas quantidades e proporções relativas.

Tipologia de SuDS	Quantidade	Porcentagem
Badias de Detenção	18	24%
Badias de Infiltração	12	16%
Lagoas de Retenção	11	14%
Pavimentos Permeáveis	9	12%
Calha	5	7%
Jardim de chuva	4	5%
Vala	4	5%
Poços de infiltração	2	3%
Zonas úmidas	2	3%
Filtro de biorretenção	2	3%
Telhados Verdes	2	3%
Trincheiras de Infiltração	1	1%
Dreno-francês	1	1%
Drenagem de meio-fio	1	1%
Canal de transporte	1	1%
Bloco de armazenamento geocelular	1	1%
TOTAL	76	100%

Fonte: Autoria própria, a partir de SuDS Wales, c2023.

Com respeito à distribuição dos SuDS, as regiões Sul e Norte contemplam quantidades bem diferentes (Quadro 2). A Região Sul apresenta uma proporção muito maior (83%) em relação à Região Norte (17%).

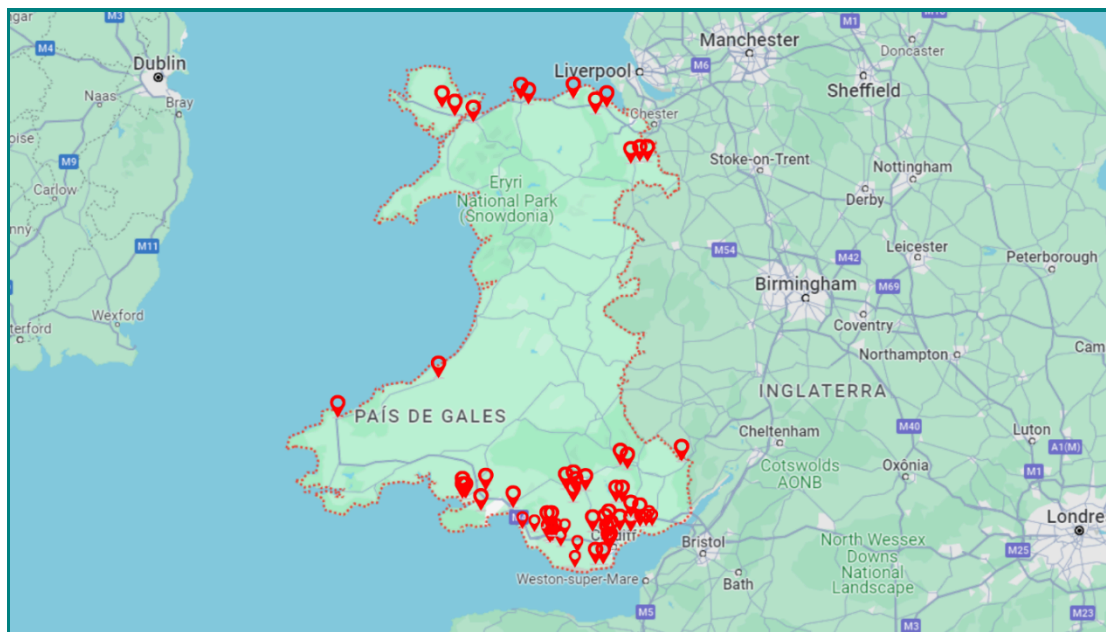
Quadro 2: Quantidades e proporções relativas a SuDS por região, no País de Gales.

Região	Quantidade de SuDS	Porcentagem
Sul	63	83%
Norte	13	17%
TOTAL	76	100%

Fonte: Autoria própria, a partir de SuDS Wales, c2023.

No mapa à Figura 18, a seguir, são apresentadas as concentrações de tipologias implantadas de SuDS, em locais relativos às regiões Sul e Norte, do País de Gales.

Figura 18: Mapa de localização de SuDS no País de Gales.



Fonte: Autoral, a partir de dados de SuDS Wales, c2023, em base cartográfica da plataforma Googlemaps.

A instalação de SuDS por município, no País de Gales, se dá em 33 cidades: Bridgend, Newport, Cardiff, Llanelli, Abergavenny, Ynys Mon, Barry, Aberdare, Ebbw Vale, Treorchy, Wrexham, Abercynon, Abergele, Bangor, Blackwood, Brynmawr, Caerphilly, Church Village, Cowbridge, Crickhowell, Deganwy, Eweny, Llantrisant, Llwydcoed, Merthyr Tydfil, Monmouth, Mountain Ash, Porth, Rhyl, Rogestone, Ruabon, St Athan e Swansea (SuDS Wales, c2023).

Bridgend e Newport são as cidades com o maior número de SuDS, totalizando nove unidades, cada. Cardiff, a capital do país, aparece em terceiro lugar, com oito SuDS. Llanelli contempla sete unidades; Abergavenny, cinco unidades; Ynys Mon, cinco unidades; Barry, três unidades; Aberdare, Ebbw Vale, Treorchy e Wrexham, cada uma, respectivamente, contemplam duas unidades. As demais cidades foram registradas com somente uma unidade (SuDS Wales, c2023).

As respectivas populações das quatro cidades com mais dispositivos SuDS contemplam, respectivamente (Office For National Statistics, 2021): Bridgend - 145.500 habitantes; Newport - 159.600 habitantes; Cardiff, como capital, 362.400 habitantes; e Llanelli, apenas 25.168 habitantes, o que indica que não há correspondência, necessariamente, entre a dimensão da população das cidades e a quantidade de SuDS implementadas¹.

¹ Os demais municípios apresentam as respectivas populações, aproximadamente: Abergavenny, 14.824 habitantes; Ynys Mon, 68.900 habitantes; Barry, 54.673 habitantes; Aberdare, 39.550 habitantes; Ebbw Vale, 18.500 habitantes; Treorchy, 8.100 habitantes; Wrexham, 135.100 habitantes; Abercynon, 6.390 habitantes; Abergele, 10.577 habitantes; Bangor, 18.808 habitantes; Blackwood, 8.496 habitantes; Brynmawr, 5.500 habitantes; Caerphilly, 180.300 habitantes; Church Village, 8.800 habitantes; Cowbridge, 4.063 habitantes; Crickhowell, 2.063 habitantes; Deganwy, 3.900 habitantes; Eweny, 888 habitantes; Llantrisant, 15.000 habitantes; Llwydcoed, faz parte do condado de Rhondda Cynon Taf com 240.000 habitantes; Merthyr Tydfil, 58.800 habitantes; Monmouth, 10.508 habitantes; Mountain Ash,

Os dados revelam uma variação significativa na aplicação destas infraestruturas, em cada cidade. O Quadro 3, abaixo, exhibe a relação entre as quantidades de SuDS por cidade e Região, conforme organizado na pesquisa:

Quadro 3: Quantidades de SuDS implantados, por cidade e Região, no País de Gales.

Cidade	Região	Quantidade de SuDS	Porcentagem
Bridgend	Sul	9	12%
Newport	Sul	9	12%
Cardiff	Sul	8	11%
Llanelli	Sul	7	9%
Abergavenny	Sul	5	7%
Ynys Mon	Norte	5	7%
Barry	Sul	3	4%
Aberdare	Sul	2	3%
Ebbw Vale	Sul	2	3%
Treorchy	Sul	2	3%
Wrexham	Norte	2	3%
Abercynon	Sul	1	1%
Abergele	Norte	1	1%
Bangor	Norte	1	1%
Blackwood	Sul	1	1%
Brynmaur	Oeste	1	1%
Caerphilly	Sul	1	1%
Church Village	Sul	1	1%
Cowbridge	Sul	1	1%
Crickhowell	Sul	1	1%
Deganwy	Norte	1	1%
Eweny	Sul	1	1%
Llantrisant	Sul	1	1%
Llwydcoed	Sul	1	1%
Merthyr Tydfil	Sul	1	1%
Monmouth	Sul	1	1%
Mountain Ash	Sul	1	1%
Porth	Sul	1	1%
Rhyl	Norte	1	1%
Rogerstone	Sul	1	1%
Ruabon	Norte	1	1%
St Athan	Sul	1	1%
Swansea	Sul	1	1%
TO TAL		76	100%

Fonte: Autoria própria, a partir de dados de SuDS Wales, c2023.

O cruzamento de tipologias de SuDS e as cidades em que estão implantadas, foi sintetizado no Quadro 4, a seguir:

7.600 habitantes; Porth, 6.000 habitantes; Rhyl, 25.149 habitantes; Rogestone, 11.628 habitantes; Ruabon, 3.400 habitantes; St Athan 4.495 habitantes; e Swansea 238.500 habitantes (Office for National Statistics, 2021; Brinkhoff, T. 2024; Welsh Government, c2024).

Quadro 4: Tipologias implantadas de SuDs por cidade, no País de Gales.

Cidade	Tipologia de SuD S
Bridgend	Bacia de detenção
	Bacia de infiltração
	Lagoa de retenção
Newport	Bacia de detenção
	Poços de infiltração
	Dreno-frânces
	Zonas úmidas
	Pavimento permeável
Cardiff	Lagoa de retenção
	Bacia de infiltração
	Lagoa de retenção
	Pavimento permeável
	Jardim de chuva
Llanelli	Drenagem meio-fio
	Canal de transporte
	Bacia de detenção
	Vala
Abergavenny	Calha
	Pavimento permeável
	Jardim de chuva
	Bacia de detenção
	Bacia de infiltração
Ynys Mon	Pavimento permeável
	Calha
	Lagoa de retenção
	Vala
	Zonas úmidas
Barry	Filtro de biorretenção
Aberdare	Jardim de chuva
Ebbw Vale	Bacia de detenção
Treorchy	Lagoa de retenção
Wrexham	Pavimento permeável
Abercynon	Bacia de detenção
Abergele	Pavimento permeável
Bangor	Bacia de infiltração
Blackwood	Lagoa de retenção
Brynmawr	Bloco de armazenamento geocelular
Caerphilly	Telhado verde
Church Village	Bacia de detenção
Cowbridge	Bacia de infiltração
Crickhowell	Trincheira de infiltração
Deganwy	Calha
Eweny	Bacia de infiltração
Llantrisant	Bacia de infiltração
Llwydcoed	Bacia de detenção
Merthyr Tydfil	Calha
Monmouth	Bacia de infiltração
Mountain Ash	Bacia de detenção
Porth	Bacia de detenção
Rhyl	Bacia de infiltração
Rogerstone	Telhado verde
Ruabon	Lagoa de retenção
St Athan	Bacia de detenção
Swansea	Bacia de infiltração

Fonte: Autoria própria, a partir de dados de SuDS Wales, c2023.

Em síntese, através da análise comparativa, as cinco tipologias predominantes no País de Gales são: bacias de detenção, bacias de infiltração, lagoas de retenção, pavimentos permeáveis e valas ou calhas, totalizando 73% do total das tipologias implantadas no país. As cinco cidades que apresentam maior quantidade de tipologias são Bridgend, Newport, Cardiff, Llanelli e

Abergavenny, todas presentes na região Sul, totalizando 51% das cidades que apresentam sistema de drenagem sustentável no País de Gales.

4. ANÁLISE DAS FASES DE PLANEJAMENTO, PROJETO, CONSTRUÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DAS TIPOLOGIAS DO SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL (SuDS), TENDO COMO ESTUDO DE CASO AS BACIAS DE DETENÇÃO

Foram selecionadas determinadas tipologias, presentes no País de Gales, que podem ensejar a eleição dos estudos de caso aprofundados, a serem desdobrados como investigações subsequentes, no mesmo eixo temático, a saber, drenagem ecológica, cujos SuDS são exemplaridades, no horizonte de estudos comparativos para o caso brasileiro. Estas tipologias são: bacias de detenção; bacias de infiltração; lagoas de retenção; pavimentos permeáveis; e jardins de chuva.

Como metodologia para pesquisas subsequentes, apresentamos o estudo de caso de bacias de detenção. Tem-se como referência principal o manual técnico publicado pela CIRIA (2007) (*Construction Industry Research and Information Association*), (*The SuDS Manual - C697*) e sua versão atualizada (*The SuDS Manual - C753*), (CIRIA, 2015). Foram abordadas informações práticas sobre planejamento, projeto, construção, operação e manutenção, conforme estabelecidos para o País de Gales, o que pode servir como analogia a outros territórios, guardadas as especificidades locais.

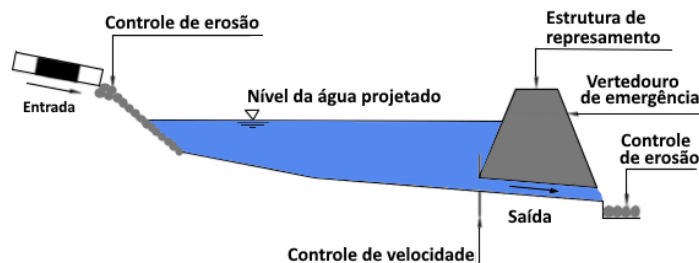
4.1 Bacia de detenção

Descrição geral

Conforme visto, bacias de detenção são estruturas secas, destinadas ao controle do escoamento das águas pluviais, promovendo o armazenamento temporário e liberação controlada do volume retido. Configuram-se como depressões vegetadas, que permanecem predominantemente secas, exceto durante episódios de chuva. Em alguns casos, uma pequena lâmina d'água permanente pode ser incluída na saída, visando a retenção dos sedimentos, em chuvas de alta intensidade, para melhorar a qualidade da água, durante episódios frequentes.

Para otimizar a remoção de poluentes, é essencial que os fluxos sejam distribuídos uniformemente, por toda a bacia. Quando necessário, pode-se rebaixar uma área específica da estrutura, restringindo a reservação de eventos frequentes a essa região, em situações em que se deseja manter uma área da base seca. O uso de canais de baixo fluxo não é aconselhável. As áreas rebaixadas devem ser dimensionadas com a maior largura possível. Em locais com níveis elevados de lençol freático, a implementação de uma base com características de pântano pode oferecer benefícios estéticos e maior capacidade de tratamento da água (Figura 19).

Figura 19: Esquema simplificado do perfil de uma bacia de retenção.



Fonte: CIRIA, 2007, capítulo 16, p. 2, adaptada.

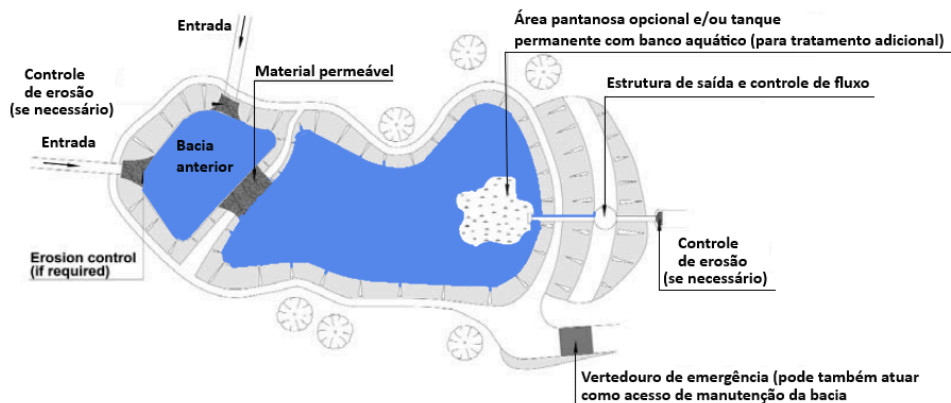
As bacias de retenção podem ser construídas como instalações de tipo "on-line" ou "off-line". As instalações "on-line" recebem o escoamento superficial diretamente, durante eventos de chuva. Possuem uma saída limitada, que permite o enchimento da bacia, reduzindo a velocidade do fluxo. As instalações "off-line" captam a água por meio de um desviador de fluxo ou transbordo, que direcionam volumes excedentes de um valor limite, do caminho principal para a bacia de retenção, onde a água é armazenada temporariamente. Após o evento chuvoso, quando o fluxo de entrada diminui abaixo do limite de desvio, a água retorna ao sistema principal. O uso de bacias "off-line" deve ser evitado em casos nos quais o tratamento da água escoada é prioritário.

Estas bacias podem ser projetadas para cumprir mais de uma função, sendo, também, utilizadas como estacionamentos, áreas de lazer ou campos esportivos, por exemplo. Quando planejadas para uso múltiplo, devem estar disponíveis para a função secundária na maior parte do tempo, além de sua destinação ao manejo de águas pluviais. Nestas situações, a área destinada a atividades recreativas, por exemplo, deve apresentar uma frequência de inundação relativamente baixa, como relativas a um tempo de retorno de um a cinco anos², conforme o tipo de uso. É necessária a instalação de sinalização, informando que a área está sujeita a alagamentos.

As instalações de retenção são frequentemente empregadas para o controle temporário de sedimentos, durante obras. É fundamental que, ao final da construção e antes da transferência para a entidade responsável pela manutenção, essas bacias sejam restauradas ou reconstruídas. Às Figuras 20 e 21 são apresentadas peças gráficas, com elementos necessários para o projeto de uma bacia de retenção.

² Período de retorno é o intervalo médio de tempo entre eventos hidrológicos (como chuvas ou vazões) de determinada intensidade ou maiores. Costuma-se expressá-lo em anos. Por exemplo, um evento com período de retorno de 50 anos tem, em média, uma chance de ocorrer uma vez a cada 50 anos. Ele é calculado como o inverso da frequência anual de excedência. Isso quer dizer que um evento com 2% de chance de ocorrer em um ano (frequência anual de excedência de 0,02) tem um período de retorno de 50 anos (CIRIA, 2007, p. 10).

Figura 20: Vista superior de uma bacia de retenção.



Fonte: CIRIA, 2007, capítulo 16, p. 3, adaptada.

Figura 21: Corte tipo de uma bacia de retenção.



Fonte: CIRIA, 2007, capítulo 16, p. 3, adaptada.

Seleção e localização de bacias de retenção

As bacias de retenção podem ser aplicáveis em áreas residenciais e não residenciais, sendo adequadas a diversos tecidos urbanizados, tanto em grandes terrenos e para controles regionais, como, também, em situações de adaptação ou recondicionamento, desde que os níveis da rede de drenagem existentes sejam compatíveis. Os critérios apresentados a seguir devem ser atendidos, para assegurar que as bacias de retenção estejam adequadas para cumprir os objetivos de drenagem, em um determinado local. Segundo CIRIA (2007), as considerações para o uso das bacias de retenção são:

- **Áreas de drenagem:** Para bacias hidrográficas com menos de três hectares, os diâmetros de saída terão que ser muito pequenos (ou seja, <150 mm de diâmetro) para atingir as taxas de vazão pré-desenvolvimento. Isto pode significar que correm o risco de entupimento e deve ser dada especial atenção ao desenho da área de saída. Não existe uma área máxima de captação além da qual as bacias de retenção não possam ser utilizadas.
- **Espaço necessário:** Através de um desenho criativo, podem ser construídas bacias de retenção para dupla finalidade.
- **Localização:** As bacias de retenção devem ser integradas no processo de planejamento local e ter em conta a localização e

utilização de outras características locais e de áreas naturais não perturbadas.

- **Inclinação e estabilidade:** O fundo da bacia deve ser o mais nivelado possível, para minimizar as velocidades de fluxo, maximizar a eficiência de remoção de poluição e minimizar os riscos de erosão. As bacias de retenção não devem ser localizadas em terrenos instáveis e a estabilidade do solo deve ser verificada, através da avaliação de suas condições e das águas subterrâneas locais.

- **Solos subterrâneos e águas subterrâneas:** Os registros históricos do nível das águas subterrâneas devem ser verificados para garantir que, durante os períodos de águas subterrâneas elevadas, a capacidade de armazenamento da bacia de retenção seja mantida. Se for utilizado revestimento, existe o risco de o revestimento “flutuar” durante períodos de níveis elevados de água subterrânea. Um lençol freático sazonalmente elevado pode, eventualmente, impedir o bom funcionamento da instalação, mas pode resultar numa base lamacenta, a ser considerada pouco atrativa, se não se transformar numa zona úmida permanente. As bacias de retenção não revestidas não devem ser utilizadas em locais abandonados, a menos que tenha sido claramente demonstrado que não haja risco de poluição das águas subterrâneas. Quaisquer processos de escavação ou movimentação de terra necessários devem ser avaliados, para garantir que não ocorra mobilização de contaminação. As bacias de retenção sem revestimento não devem ser utilizadas para tratar o escoamento de pontos críticos, se houver risco de poluição das águas subterrâneas. Quando for necessário um micro tanque na saída, o solo abaixo da área de alagamento deve ser suficientemente impermeável, para manter a poça permanente, a menos que esteja presente um fluxo de base contínuo ou um lençol freático elevado. Em extratos altamente permeáveis, é necessário revestimento, para evitar que o tanque seque. (CIRIA, 2007, p. 4, tradução das autoras)

Projeto hidráulico e qualidade da água

O dimensionamento das bacias de retenção deve atender aos critérios padrão e características locais, para fornecer atenuação da inundação até dez, trinta ou cem anos (período de retorno). De acordo com a padronização em tela, a liberação do escoamento urbano deve ser ajustada à Taxa de Escoamento Greenfield³, correspondente ao local. Conforme os critérios de armazenamento a longo prazo, pode ser necessário ampliar o volume da bacia.

O controle e manejo dos sedimentos filtrados pela bacia, agregados ao uso da superfície vegetada, não garantem a qualidade da água, mas um nível de tratamento razoável. Os cursos d'água e as bacias hidrográficas que recebem esse fluxo são diretamente afetados pela poluição. Para que estes danos sejam reduzidos, técnicas de drenagem podem ser utilizadas,

³ *Greenfield runoff* refere-se ao padrão natural de escoamento superficial da água da chuva em um terreno antes de qualquer tipo de urbanização ou construção. Em outras palavras, é a quantidade e o comportamento do escoamento hídrico que ocorreria em um terreno virgem, sem impermeabilização. No caso de reurbanizações, considera-se o estado atual do terreno, desde que ainda reflita condições anteriores à nova intervenção. (CIRIA, 2007, p. 7)

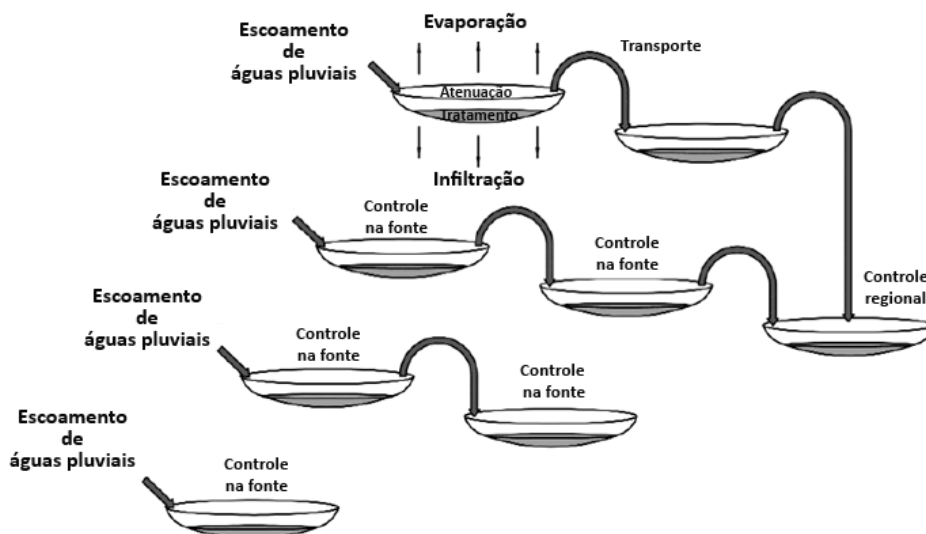
para reduzir as taxas de poluição, fluxo e os volumes, como o dispositivo “trem de manejo” SuDS, ou seja, a gestão do escoamento de águas pluviais em etapas, à medida que é drenado.

Esta técnica aborda quatro principais componentes a serem considerados, a saber:

1. **Prevenção:** a utilização de um bom projeto da implantação e medidas de limpeza, para evitar escoamento e poluição (por exemplo, varredura para remover poeira e detritos da superfície de estacionamentos) e reutilização/coleta de águas da chuva. As políticas de prevenção geralmente devem ser incluídas no plano de manejo local.
2. **Controle da fonte:** controle do escoamento na fonte ou muito próximo dela (por exemplo, canais de infiltração, telhados verdes, pavimentos permeáveis e outros métodos de infiltração).
3. **Controle local:** manejo da água em uma área local ou sítio (por exemplo, encaminhamento das águas de telhados de edifícios e estacionamentos para um grande poço de infiltração, bacias de retenção ou drenagem).
4. **Controle regional** – manejo do escoamento de um local ou vários locais, tipicamente em um lago de balanceamento ou alagado (CIRIA, 2007, p. 1, tradução das autoras)

A Figura 22 sintetiza o “trem de manejo” caracterizado pelo SuDS. Para que esta técnica seja implementada de forma correta, é preferível que as águas pluviais sejam manejadas em pequenos sistemas de drenagem, localizados em pequenas sub-bacias e com controle da fonte, ao invés de serem utilizados grandes sistemas locais ou regionais, que exigem um maior número de SuDS em série. Para um melhor desempenho e menor risco de falhas do sistema, o maior o número de técnicas utilizadas é preferível.

Figura 23: Esquema do “trem de manejo” do SuDS.



Fonte: CIRIA, 2007, capítulo 1, p. 1, adaptada.

Segundo CIRIA (2007), a utilização do sistema em larga escala com SuDS em série traz os seguintes benefícios:

1. Um trem de manejo multicomponente utiliza uma série de processos de tratamento que maximizarão a eficiência do tratamento de uma ampla gama de poluentes.
2. Eventos de poluição graves podem ser contidos dentro dos componentes primários do SuDS, minimizando, assim, os danos ao sistema de drenagem e auxiliando a garantir que altas concentrações de contaminantes não sejam transportadas para o curso de água receptor.
3. O tratamento pode ser combinado com componentes de transporte e armazenamento.
4. Sedimentos grosseiros podem ser removidos por sistemas que reduzem as velocidades de fluxo e oferecem períodos de detenção. A remoção de sedimentos finos pode ser direcionada utilizando corpos d'água permanentes, onde o escoamento é contido por períodos mais longos.
5. A proteção é fornecida ao estágio final dos componentes, para maximizar os benefícios potenciais para a vida selvagem e as amenidades. (CIRIA, 2007, p. 3, tradução das autoras)

Especificações físicas e geométricas

A geometria e estética de uma bacia de detenção devem estar diretamente relacionadas à área em que será implantada, dependendo da topografia, critérios de projeto e características locais. A altura máxima de profundidade indicada é de três metros, porém, normalmente, as bacias de detenção são projetadas com valores muito menores, para segurança das pessoas.

Para que as águas escoem diretamente em contato com a vegetação e não permaneçam paradas, é necessário que o fundo da bacia de detenção contenha um plano com inclinações suaves, na direção das saídas. A utilização de revestimentos impermeáveis, como geomembranas, pode ser necessária para assegurar a manutenção do nível de água em um micro tanque, definido por uma área localizada no interior da bacia de detenção, destinada ao armazenamento permanente de água. Além disso, a aplicação do revestimento tem a função de impedir a infiltração do escoamento, contendo poluentes em pontos críticos e protegendo aquíferos subterrâneos contra contaminações.

As entradas das bacias de detenção devem incluir um pré-tratamento para sedimentos, realizado a montante, para melhorar a qualidade das águas e reduzir a necessidade de manutenção. A área destinada à sedimentação deve representar pelo menos 10% da área total da bacia e pode ser estruturada como uma bacia separada ou formada por meio de bermas, gabiões ou *rip-raps*⁴. Em sistemas com múltiplas entradas, cada uma que contribua significativamente para a carga de sedimentos deve contar com pré-tratamento e um marcador fixo de profundidade, para monitoramento, sendo essencial dissipar a energia dos fluxos de entrada para evitar erosão, utilizando dispositivos como *rip-raps*.

As saídas devem ser construídas sobre um dique ou berma, garantindo fácil acesso para manutenção. O controle de fluxo é realizado por estruturas do tipo bueiro, orifícios, vertedouros e transbordamento de emergência, permitindo o gerenciamento adequado dos

⁴ Técnica de controle de erosão que consiste na utilização de pedras ou rochas dispostas de forma estratégica para dissipar a energia da água, reduzindo a velocidade do fluxo e prevenindo a erosão do solo.

fluxos, especialmente em eventos extremos. Para evitar a ressuspensão de sedimentos e obstruções, a saída pode contar com um micro tanque, bem como com dissipadores de energia, como *rip-raps*. Caso ocorra obstrução na estrutura de saída, válvulas de rebaixamento podem ser incorporadas, como medida preventiva. Se necessário, o controle de infiltração pode ser realizado por meio da instalação de colares nos tubos de saída em aterros.

Manutenção e operação

A manutenção de bacias de retenção exige uma série de ações regulares para garantir seu funcionamento adequado. A remoção de lixo e detritos deve ser realizada mensalmente, assim como o corte de grama em vertedouros e acessos, especialmente durante a estação de crescimento. O corte da vegetação, em áreas gramadas dentro e ao redor da bacia, deve ocorrer semestralmente, sendo recomendado na primavera, antes da estação de nidificação, e no outono. Além disso, é necessário gerenciar a vegetação e remover plantas invasoras mensalmente, no início do processo, ajustando a frequência conforme a necessidade. Toda vegetação morta deve ser retirada antes do início da estação de crescimento, e a remoção de sedimentos das entradas, saídas e bacia de sedimentação deve ocorrer anualmente, ou sempre que necessário. Também é importante realizar o manejo das plantas aquáticas na área de saída da bacia, uma vez por ano.

Além da manutenção regular, algumas ações precisam ser realizadas, ocasionalmente. O replantio de áreas com crescimento vegetal deficiente deve ocorrer anualmente, ou conforme a necessidade. A poda e o corte de árvores são recomendados a cada dois anos, ou quando houver necessidade. A remoção de sedimentos da bacia de sedimentação deve ser realizada quando atingir 50% da capacidade ou, no caso das micro tanques, quando o volume for reduzido em mais de 25%, com um intervalo estimado entre três e dez anos.

Em relação às ações corretivas, o reparo de erosões ou outros danos pode ser realizado por meio do replantio, conforme a necessidade. *Rip-raps* devem ser realinhados sempre que houver deslocamento, garantindo a estabilidade da estrutura. Entradas, saídas e vertedouros precisam ser inspecionados e reparados sempre que necessário, assim como o nivelamento de superfícies irregulares e o restabelecimento dos níveis de projeto.

O monitoramento constante é essencial para o bom funcionamento de uma bacia de retenção. As entradas, saídas e vertedouros devem ser inspecionados mensalmente ou após grandes tempestades, para evitar bloqueios, realizando a limpeza, se necessário. Também é fundamental inspecionar as margens, estruturas e tubulações, para identificar possíveis danos físicos. A verificação do acúmulo de sedimentos nas entradas e superfícies da instalação deve ocorrer semestralmente, com a definição de uma frequência adequada para remoção. Além disso, comportas e outros dispositivos mecânicos precisam ser checados a cada seis meses, para garantir seu correto funcionamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo investigar um repertório de Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (*Sustainable Urban Drainage Systems* — SuDS) e suas possibilidades de implementação, com foco no território do Reino Unido, mais especificamente no País de Gales, enquanto exemplaridade relevante de Soluções baseadas na Natureza (SbN). O trabalho permitiu sistematizar a diversidade de tipologias aplicadas no contexto urbano em tela, suas

formas de implementação, bem como os benefícios associados à mitigação dos impactos das chuvas em áreas urbanizadas.

Nesse contexto, a análise evidenciou que a Região Sul do País de Gales concentra 83% das tipologias identificadas, revelando um investimento significativo em soluções sustentáveis baseadas em processos naturais. Destacaram-se as bacias de retenção e de infiltração, seguidas por lagoas de retenção e pavimentos permeáveis. Ao considerar esses dados em conjunto com a quantidade de habitantes das cidades analisadas, observa-se que não há, necessariamente, uma relação proporcional entre o contingente populacional e a quantidade de SuDS implementados, indicando que outros fatores — como políticas públicas e planejamento urbano, por exemplo — podem exercer influência decisiva.

Estudo de caso específico da tipologia de bacia de retenção permitiu examinar com mais precisão características para seu planejamento, projeto, construção, operação e manutenção.

A investigação pretende configurar bases para uma posterior avaliação do potencial de adaptação dessas soluções ao contexto brasileiro, especialmente considerando os desafios enfrentados por cidades que convivem com alagamentos, inundações, impermeabilização excessiva do solo e degradação ambiental.

Embora a pesquisa tenha se delimitado à análise e sistematização de dados secundários e de um recorte geográfico específico, considera-se que os resultados abrem caminho para investigações futuras. Estudos comparativos com cidades brasileiras de médio porte poderão revelar a viabilidade técnica, econômica e social da implementação de SuDS em ambientes urbanos com diferentes especificidades.

Esta pesquisa buscou reforçar a importância da drenagem sustentável como ferramenta estratégica para cidades mais resilientes, saudáveis e ambientalmente equilibradas. Assim, os Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável se apresentaram não apenas como soluções técnicas, mas como estratégias que oferecem caminhos integrados para o planejamento e desenho urbano, com atenção ao meio ambiente, na perspectiva de melhoria da qualidade de vida e benefícios ecossistêmicos nas cidades.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Pontifícia Universidade Católica de Campinas, pela concessão de bolsa de Iniciação Científica do Programa Fundo de Apoio à Iniciação Científica FAPIC-Reitoria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRINKHOFF, T. **City Population: Wales**. 2024. Disponível em:

<<https://www.citypopulation.de/en/uk/wales/>>.

CARDIFF COUNCIL. **Sustainable drainage systems (SuDS)**. Cardiff Council, Resident, Planning and SuDS Approval Body, SuDS Approval Body, c2024. Disponível em:

<<https://www.cardiff.gov.uk/ENG/resident/planning-and-suds/suds-approval-body/sustainable-drainage/Pages/default.aspx>>.

- CIRIA. CONSTRUCTION INDUSTRY RESEARCH AND INFORMATION ASSOCIATION. **The SuDS Manual - C697**. 2007. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/profile/PetraSchneider2/post/HowwillonegoaboutincomparingtheconstructioncostofSuDStoconventionaldrainage/attachment/59d6398a79197b8077996c2c/AS%3A402343179898880%401472937497168/download/The-SuDS-Manual-C697.pdf>>.
- CIRIA. **The SuDS Manual - CIRIA C753**. Londres: CIRIA, 2015. Disponível em: <https://www.calderdale.gov.uk/docs/planning/ciria-c753-the-suds-manual.pdf>.
- COHEN-SHACHAM, E.; WALTERS, G.; JANZEN, C.; MAGINNIS, S. **Nature-based Solutions to address societal challenges**. Gland, Switzerland: IUCN, 2016. DOI: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>.
- GRUFFUDD, Pyrs; SMITH, Jenkyn Beverley; CARTER, Harold. Wales. *Encyclopedia Britannica*, 19 jan. 2024. Disponível em: <<https://www.britannica.com/place/Wales>>.
- LUCIANI, Mirtes; LUZ, Vera Santana. Soluções baseadas na Natureza. In: TRANI, Eduardo; LUCIANI, Mirtes (Orgs.). **Instrumentos de planejamento, licenciamento e gestão ambiental: caderno de apoio para profissionais**. São Paulo: CETESB, SIMA, CAU/SP, 2022, p. 199-216. ISBN: 978-65-5577-046-9. Disponível em: <<https://semil.sp.gov.br/2022/12/instrumentos-de-planejamento-licenciamento-e-gestao-ambiental-no-estado-de-sao-paulo-caderno-de-apoio-para-profissionais/>>.
- LUZ, V. S. **Memorial. Texto Preparatório para Bairro Paulista: Cidades Sustentáveis**. Caderno de tipologias urbanas modulares. 2025. [Mimeo].
- OFFICE FOR NATIONAL STATISTICS. **Population and household estimates, Wales: Census 2021**. 28 jun. 2022. Disponível em: <<https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/populationandmigration/populationandhouseholdstatistics/bulletins/populationandhouseholdestimateswales/census2021>>.
- POPULATION UK. **Wales population 2024**. c2024. Disponível em: <<https://www.ukpopulation.org/wales-population/>>.
- QUEENSLAND GOVERNMENT. **Treatment wetlands**. c2024. Disponível em: <<https://wetlandinfo.des.qld.gov.au/wetlands/management/treatment-systems/for-agriculture/treatment-sys-nav-page/constructed-wetlands/#prettyPhoto>>.
- ROWE, Gerry. **What is a Rainwater soakaway?**. ASL Ltd., 25 ago. 2017. Disponível em: <<https://www.asllimited.co.uk/drainage-blog/what-rainwater-soakaway>>.
- SuDS WALES. SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS. **SuDS sites in Wales**. c2023. Disponível em: <<https://www.sudswales.com/suds/>>.
- SUDS WALES. SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS. **About us**. c2024a. Disponível em: <<https://www.sudswales.com/about/>>.
- SUDS WALES. SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS. **SuDS techniques. Source control**. c2024b. Disponível em: <<https://www.sudswales.com/types/>>.
- SUDS WALES. SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS. **SuDS techniques. Source control. Green roofs**. c2024c. Disponível em: <<https://www.sudswales.com/types/source-control/green-roofs/>>.

SUDS WALES. SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS. **SuDS techniques. Source control. Infiltration bassins.** c2024d. Disponível em:

<<https://www.sudswales.com/types/passive-treatment/detention-basins/>>.

SUDS WALES. SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS. **SuDS techniques. Source control. Infiltration trenches.** c2024e. Disponível em:

<<https://www.sudswales.com/types/source-control/infiltration-trenches/>>.

SUDS WALES. SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS. **SuDS techniques. Source control. Permeable pavements.** c2024f. Disponível em:

<<https://www.sudswales.com/types/source-control/permeable-pavements/>>.

SUDS WALES. SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS. **SuDS techniques. Source control. Rainwater harvesting.** c2024g. Disponível em:

<<https://www.sudswales.com/types/source-control/rainwater-harvesting/>>.

SUDS WALES. SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS. **SuDS techniques. Source control. Soakaways.** c2024h. Disponível em:

<<https://www.sudswales.com/types/source-control/soakaways/>>.

SUDS WALES. SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS. **Permeable conveyance systems. Filter (or French) drains.** c2024i. Disponível em:

<<https://www.sudswales.com/types/permeable-conveyance-systems/filter-or-french-drains/>>.

SUDS WALES. SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS. **Permeable conveyance systems. Swales.** c2024j. Disponível em:

<<https://www.sudswales.com/types/permeable-conveyance-systems/swales/>>.

SUDS WALES. SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS. **Passive treatment. Filter strips.** c2024k. Disponível em: <<https://www.sudswales.com/types/passive-treatment/filter-strips/>>.

SUDS WALES. SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS. **Passive treatment. Detention basins.** c2024l. Disponível em: <<https://www.sudswales.com/types/passive-treatment/detention-basins/>>.

SUDS WALES. SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS. **Passive treatment. Retention ponds.** c2024m. Disponível em:

<<https://www.sudswales.com/types/passive-treatment/retention-ponds/>>.

SUDS WALES. SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS. **Passive treatment. Wetlands.** c2024n. Disponível em: <<https://www.sudswales.com/types/passive-treatment/wetlands/>>.

SUSDRAIN. **Sustainable drainage.** c2024a. Disponível em :

<<https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/background/sustainable-drainage.html>>.

SUSDRAIN. **Benefits of SuDS.** Susdrain, c2024b. Disponível em:

<<https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/benefits-of-suds/SuDS-benefits.html>>.

WELSH GOVERNMENT. **Population estimates by local authority and year.** StatsWales, c2024. Disponível em: <

<https://statswales.gov.wales/Catalogue/Population-and-Migration/Population/Estimates/Local-Authority/populationestimates-by-localauthority-year>>.