

**Drenagem Urbana Mais Sustentável:  
Estudo de Caso do Plano de Drenagem da Cidade de São Carlos - SP.**

*More Sustainable Urban Drainage: Case Study of the Drainage Master Plan of the City of São Carlos - SP.*

*Drenaje urbano más sostenible: Estudio de Caso del Plan de Drenaje de la Ciudad de São Carlos - SP.*

**Tássia Rومانne Duarte da Silva Pereira**

Doutoranda, UFSCar, Brasil.  
tassia.pereira@estudante.ufscar.br

**Luciana Márcia Gonçalves**

Professora Doutora, UFSCar, Brasil.  
lucianamg@ufscar.br

## RESUMO

A drenagem das águas pluvias urbanas tem sido tratada de forma variada ao longo do tempo. Considerando o embate da atualidade contra as características deixadas pelo higienismo ou drenagem clássica, com as canalizações dos cursos d'água, evacuação das águas pluviais e servidas por meio de condutos subterrâneos e a impermeabilização do solo; surgiram as Técnicas Compensatórias, o Low Impact Development (e seus desdobramentos e diferentes terminologias ao redor do mundo) e as mais recentes Soluções Baseadas na Natureza. Essas medidas visam desde o controle de água na fonte à utilização de processos e ecossistemas naturais para adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. Mediante este quadro de soluções inovadoras, verifica-se a necessidade de compreender como as mesmas têm sido abordadas dentro das normativas existentes, assim como também as suas implantações práticas dentro da malha urbana. Desta forma, este trabalho visa identificar como essas medidas têm sido abordadas por meio de um estudo de caso da cidade de São Carlos- SP. Para isto foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema, levantamento e análise de dados disponíveis em sites e mídias oficiais (como Planos Diretores, de Saneamento e Código de Obras municipais). Contudo, verificou-se que apesar do avanço no meio acadêmico e legal quanto à implantação de abordagens mais sustentáveis, existe uma lacuna entre a teoria e a prática, onde apesar de existirem planos bem elaborados, ainda são as obras clássicas que predominam na execução dos novos empreendimentos imobiliários e nas obras públicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Manejo das Águas Pluviais Urbanas, Drenagem Sustentável, Soluções Baseadas na Natureza.

## ABSTRACT

*The drainage of urban stormwater has been treated in different ways over time. Considering the current clash against the characteristics left by hygienism or classic drainage, with the channeling of watercourses, evacuation of rainwater and served water through underground conduits and soil waterproofing; Best Management Practices, Low Impact Development (and its different terminologies around the world) and the most recent Nature-Based Solutions emerged. These measures range from controlling water at the source to using natural processes and ecosystems to adapt and mitigate the effects of climate change. Through this framework of innovative solutions, there is a need to understand how they have been addressed within existing regulations, as well as their practical implementation within the urban mesh. In this way, this work aims to identify how these measures have been approached through a case study of the city of São Carlos-SP (Brazil). For this, a bibliographic review on the subject was carried out, as well as a survey and analysis of data available on official websites and media (such as Master Plans, Sanitation Plans and Public Works Code). However, it was found that despite the advancement in the academic and legal environment regarding the implementation of more sustainable approaches, there is a gap between theory and practice, where despite the existence of well-elaborated plans, it is still the classic works that predominate in the execution of new real estate projects and in public works.*

**KEY WORDS:** Management of Urban Stormwater, Sustainable Drainage, Nature-Based Solutions.

## RESUMEN

*El drenaje de las aguas pluviales urbanas ha sido tratado de diferentes formas a lo largo del tiempo. Dada la actual confrontación con las características que deja el higienismo o drenaje clásico, con la canalización de cursos de agua, evacuación de aguas pluviales y servidas por conductos subterráneos e impermeabilización de suelos; surgieron Best Management Practices, Desarrollo de Bajo Impacto (y sus desarrollos y diferentes terminologías alrededor del mundo) y las más recientes Soluciones Basadas en la Naturaleza. Estas medidas van desde el control del agua en la fuente hasta el uso de procesos y ecosistemas naturales para adaptarse y mitigar los efectos del cambio climático. A través de este marco de soluciones innovadoras, existe la necesidad de comprender cómo se han abordado dentro de las regulaciones existentes, así como su implementación práctica dentro del tejido urbano. De esta forma, este trabajo tiene como objetivo identificar cómo estas medidas han sido abordadas a través de un estudio de caso de la ciudad de São Carlos-SP (Brasil). Para ello se realizó una revisión bibliográfica sobre el tema, así como un relevamiento y análisis de datos disponibles en sitios web y medios oficiales (como Planes Directores, Planes de Saneamiento y Códigos de Edificación). Sin embargo, se encontró que a pesar del avance en el ámbito académico y jurídico en cuanto a la implementación de enfoques más sustentables, existe un desfase entre la teoría y la práctica, donde a pesar de la existencia de planes bien elaborados, aún predominan las obras clásicas en la ejecución de nuevos desarrollos inmobiliarios y obra pública.*

**PALABRAS CLAVE:** Gestión de aguas pluviales urbanas, Drenaje sostenible, Soluciones basadas en la naturaleza gestión sostenible de las aguas pluviales urbanas.

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a nível mundial e mais recentemente no Brasil, tem-se observado uma mudança nos tipos de intervenções relacionadas à drenagem das águas pluviais urbanas. Essa mudança se contrapõe ao sistema clássico de drenagem e ao ideal higienista, que propunham dentre as várias medidas a retificação e canalização das águas pluviais e de cursos d'água como única solução para a drenagem. Neste sentido, entre as alternativas possíveis, direciona-se para a utilização das Técnicas Compensatórias (TCs) que possuem o conceito de resolver o problema da drenagem na fonte e para o manejo sustentável das águas pluviais considerando simultaneamente os aspectos urbanísticos, hidrológicos e ambientais, denominando-se Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (LID).

Para afirmar a aplicação destas intervenções existem várias normativas relacionadas à drenagem das águas pluviais, que somam um conjunto de leis, projetos e decisões nas escalas federal, estadual e municipal, como exemplo a Lei Federal 11.445 de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Entretanto, apesar da qualidade e quantidade das políticas públicas existentes relacionadas à drenagem no país, faz-se necessária a avaliação das mesmas sob a ótica das TCs e do LID e sua aplicabilidade no contexto urbano.

As TCs e o LID, incluídas no contexto das Soluções baseadas na Natureza (SbN), são as abordagens mais recentes dentro do contexto da drenagem urbana sustentável, porém deve-se confirmar se as mesmas têm sido abordadas dentro das normativas existentes, assim como também as suas implantações práticas dentro da malha urbana. Desta forma, este trabalho objetiva buscar a presença de abordagens de manejo sustentável de drenagem urbana e suas aplicações dentro do Programa Municipal de Drenagem Urbana Ambientalmente Sustentável da cidade de São Carlos – SP (Lei nº 17.005/2013) e para isto foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema, levantamento e análise de dados por meio de busca em mídias oficiais.

## 2. A EVOLUÇÃO DA DRENAGEM URBANA DAS ÁGUAS PLUVIAIS

Para abordar a temática das técnicas compensatórias (TCs) e do Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (*Low Impact Development* - LID) é preciso enquadrá-los no processo de evolução no tratamento de drenagem urbana das águas pluviais.

Conforme Baptista et al. (2005), pode-se afirmar que as primeiras obras relacionadas à evacuação das águas pluviais e cloacais datam da Idade Antiga estão associadas às realizações dos povos mesopotâmicos, gregos e especialmente os romanos (com edificações que perduram até a atualidade). Na Idade Média a ocupação do espaço se dava de acordo com as classes sociais, onde os mais abastados ocupavam as partes mais elevadas, e os demais ficaram sujeitos às inundações periódicas por estarem na parte mais baixa das cidades. Este período caracteriza-se pela ausência de sistemas sanitários, sendo uma época marcada pelo termo “*tout à la rue*”, onde tanto o lixo como as águas residuais eram lançados para escoamento superficial no sistema viário. Ainda segundo Baptista et al. (2005), foi durante o Renascimento, no século XVI que se

verificam as primeiras preocupações relacionadas à insalubridade, surgindo assim as primeiras e tímidas canalizações.

Já no século XVIII, de acordo com Souza et al. (2012), surgiram as primeiras constatações que associavam a mortalidade populacional às áreas alagadas. Essas constatações, surgidas na Itália, logo foram difundidas em países como Alemanha, Inglaterra e França, desencadeando um processo de extinção de terras úmidas como medida de saúde pública.

No século XIX com o avanço da ciência, mais especificadamente, das áreas da epidemiologia e microbiologia, conforme Baptista et al. (2005) e Souza et al. (2012), associados a precariedade da infraestrutura, evidenciou-se a relação da presença das águas como transmissor de doenças. Desta forma, a rápida evacuação das águas, tanto pluviais como as servidas, foi a solução encontrada, desencadeando o conceito *higienista* de drenagem.

O *higienismo* tem como características a canalização dos cursos d'água, evacuação das águas pluviais e servidas por meio de condutos subterrâneos e a impermeabilização do solo. Dentre as realizações desse período predominantemente higienista, vale ressaltar o trabalho do engenheiro Saturnino de Brito, no início do século XX que, segundo Gorski (2010) e Souza et al. (2012), possuía uma visão mais abrangente sobre os recursos hídricos e, diferentemente da prática higienista, já defendia um sistema de separador absoluto entre as águas pluviais e cloacais, em seus projetos se preocupava em adequar as técnicas de drenagem ao comportamento da precipitação local e tinha como objetivo, além de sanear, embelezar e prever a expansão da cidade.

Porém, apesar de visões mais abrangentes como Saturnino de Brito, as características higienistas de drenagem predominam até os dias de hoje e são a base dos *sistemas clássicos de drenagem*, que são constituídos de boca de lobo, sarjetas, e canalização das águas pluviais até os córregos urbanos.

O sistema clássico de drenagem não acompanhou o acelerado processo de urbanização e impermeabilização do solo urbanizado ocorrido em meados do século XX. O sistema de drenagem implantado para receber determinada capacidade de volume das águas pluviais, na maioria das vezes, é o mesmo que recebe a soma dos volumes, advindos de áreas urbanas já consolidadas e das ampliações das áreas adjacentes.

Soma-se a isto o desenvolvimento urbano convencional, que apesar da consolidação de legislações específicas (como o Estatuto da Cidade, Lei 10.257 de 10 de julho de 2001), apresenta-se como o modelo vigente em muitas cidades com uma ocupação e uso do solo quase que completamente livre, ou seja, sem restrições de ocupação ou aproveitamento do solo, muitas vezes suprimindo completamente a paisagem natural e desconsiderando questões que envolvem as sub bacias hidrográficas regionais valorizando a exploração do uso do solo e resultando em obras como a canalização dos cursos d'água, a ocupação de áreas ribeirinhas e o alto nível de impermeabilização do solo entre outros.

As consequências disto, são totalmente reconhecidas nas metrópoles e cada dia estão mais presentes em cidades de porte médio e grandes com o evidente aumento de enchentes que provocam alémperdas materiais e de vidas. Além da contaminação por doenças de veiculação hídrica, entre outros.

Conforme Souza et al. (2012), na tentativa de sanar os problemas relacionados a drenagem, foram desenvolvidos métodos compensatórios para o manejo de águas pluviais denominados como "*Best Management Practices*" – "técnicas compensatórias" (TCs). As "TCs"

ou “tecnologias alternativas” de drenagem visam neutralizar ou compensar os impactos da urbanização sobre os processos hidrológicos através de soluções alternativas. Elas possuem o conceito de controlar o problema da drenagem das águas o mais próximo possível da fonte e, para isto, é adotada uma escala de planejamento que abrange a bacia hidrográfica e conforme a necessidade de cada local implanta-se dispositivos de armazenamento e infiltração em pequena escala. Segundo Souza et al. (2012), na década de 70, as TCs já eram recomendadas mundialmente, enquanto no Brasil sua abordagem teve início a partir da década de 90.

De acordo com Baptista et al. (2005), as técnicas podem assumir múltiplas formas e diferentes escalas e podem ser classificadas de duas maneiras: não-estruturais e estruturais. As TCs não-estruturais dizem respeito aos aspectos normativos e preventivos, muitas vezes ligados a sensibilização da população, como legislação, educação ambiental, sistemas de alerta e mapas de inundação, entre outros. As TCs estruturais são consideradas como obras que favorecem o retardamento dos escoamentos, como bacias de retenção, poços, valas, trincheiras, pavimento permeável, telhado verde, entre outros. Seguem alguns exemplos de TCs na Figura 1. Devido à necessidade da compensação, é possível também associar duas ou mais técnicas para atingir as condições de pré-desenvolvimento urbano e/ou a configuração projetual desejada.

Figura 1 - Tipologias de Técnicas Compensatórias de drenagem das águas pluviais.



Fonte: As autoras.

A inserção das TCs tem contribuído para melhorias na qualidade de vida nas cidades em relação a drenagem das águas pluviais entretanto é na década de 80 que surgem as novas abordagens mais abrangentes. Estas novas abordagens, conforme Fletcher et al. (2015), podem ser encontradas com diferentes denominações ao redor do mundo como *Low Impact Development* – (LID) na América do Norte, *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) na Austrália, *Sustainable Urban Drainage Systems* (SUDS) ou *Sustainable Drainage Systems* (SuDS) no Reino Unido e *Integrated Urban Water Management* (IUWM). Neste trabalho é utilizada a denominação LID, e serão identificadas, de forma bem abrangente neste trabalho, como Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto. Mas, é importante conhecer suas diferentes abordagens e sugestões de aplicações para fins de identificação das normativas, em especial o LID.

Conforme Souza et al. (2012) e Tavanti (2009), o LID vai além da implantação das técnicas compensatórias, pois envolvem o planejamento multidisciplinar integrado a práticas de tratamento e controle das águas pluviais em pequena escala, procurando imitar o comportamento hidrológico natural, isto é, o comportamento hidrológico anterior ao da urbanização. Segundo Prince George's County (1999), o LID se difere dos sistemas convencionais de drenagem porque propõe o tratamento do manejo das águas pluviais ao mesmo tempo em que propõe a elaboração o projeto urbano, combinando aspectos relacionados a drenagem com as questões urbanísticas e paisagísticas. Tavanti (2009), apresenta os conceitos essenciais para a aplicação do planejamento e a realização de projeto através do LID, que são:

- Conceito 1 - Hidrologia como meio integrador: o foco principal é a busca pelo comportamento hidrológico antes da urbanização, com o tratamento da drenagem das águas pluviais realizado diretamente na sua fonte;
- Conceito 2 - Foco na microgestão: utilizando escalas menores de atuação como as microbacias e a aplicação de técnicas localizadas;
- Conceito 3 - Controle na fonte: o escoamento das águas pluviais é controlado no local de geração, colaborando com a redução e até mesmo a eliminação de riscos associados ao transporte de volumes e poluentes para áreas a jusante;
- Conceito 4 - Uso de métodos não-estruturais: utilização de sistemas naturais para a interceptação e a filtração de poluentes, como vegetação e alterações no solo, diminuindo a necessidade de utilização de grandes construções;
- Conceito 5 - Criação de uma paisagem multifuncional, minimizando os impactos ambientais e os gastos com o sistema convencional de drenagem e de tratamento, associando o controle de diversos parâmetros, como a vazão de pico, o volume escoado e a qualidade da água com os ganhos paisagísticos, ambientais e econômicos.

A mesma autora apresenta 11 passos para orientar o processo de planejamento urbano através do LID. Esses passos abrangem utilização de zoneamento, usos do solo, levantamento de dados da bacia hidrográfica, uso de características naturais locais (como vegetação), minimizar áreas impermeáveis, quantificar hidrologia pré e pós-ocupação, entre outros, e como último recurso o uso de técnicas estruturais ou drenagem convencional caso haja necessidade. Ela também afirma que se trata de um processo interativo e realizado por uma equipe multidisciplinar e por vezes faz-se necessária idas e vindas em alguns dos passos, pois algumas práticas se repetem em vários passos, garantindo assim a verificação e o cumprimento de todas elas, além de uma paisagem multifuncional.

Esse processo interativo ocorre porque o objetivo do LID é atingir a hidrologia de pré-ocupação sem a necessidade de execução de qualquer obra de drenagem, ou seja, prevenir para que não seja necessária a implantação de TCs. Entretanto, quando a necessidade existe, orienta-se a implantação de TCs locais, para que o controle seja feito na fonte, ou seja, no lote, minimizando a execução de técnicas que necessitam de grandes áreas por conta de suas dimensões, evitando-se ao máximo a implantação do sistema convencional de drenagem, predominante na visão higienista.

O mais recente termo empregado no manejo sustentável das águas pluviais é "Soluções Baseadas na Natureza" (SbN). Segundo Fraga (2020), este termo vinha se desenvolvendo em um grupo de trabalho na União Internacional para a Conservação da

Natureza (IUCN), mas sua primeira publicação data do final dos anos 2000 associada a um documento do Banco Mundial que demonstra seus investimentos em “*projetos que contribuíram para a mitigação e adaptação climáticas sustentados, total ou parcialmente, pelo uso de soluções baseadas na natureza para conservação e uso sustentável do capital natural*” (WORLD BANK, 2008; apud FRAGA, 2020, p.18).

As SbNs, ao invés de confiar nas intervenções tradicionais da engenharia, buscam utilizar processos e ecossistemas naturais para adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas (como risco da falta de água; diminuição do armazenamento de água no solo; aumento do escoamento superficial; aumento de enchentes e inundações), ao mesmo tempo em que gera melhorias na qualidade de vida da população (Fraga, 2020). Neste sentido é possível afirmar que trata-se de um conceito polifônico ou guarda-chuva que engloba as demais estratégias já consolidadas (como TCs, LID e outras), ou seja, através do uso do termo NbS estão expressas todas as soluções que de alguma forma foram baseadas processos naturais e seus benefícios, além de promover a manutenção, melhoria e restauração da biodiversidade e dos ecossistemas simultaneamente. (Kabisch et al, 2016). As cidades-esponja chinesas tem despontado como exemplos da aplicação deste conceito no âmbito do manejo das águas pluviais. Podemos exemplificar por meio do projeto do *Liupanshui Minghu Wetland Park* (Figura 2), situado na cidade de Liupanshui, ao longo do rio Shuicheng, que incluiu a restauração ecológica do rio, a modernização do sistema de espaços abertos urbanos, proporcionando o aumento do valor dos terrenos urbanos adjacentes, ou seja, a paisagem ao longo do rio foi recuperada como uma infraestrutura ecológica prestando serviços ecológicos e sociais à região.

Figura 2 - projeto de cidade esponja



Fonte: Turenscape (<https://www.turenscape.com>)

Desta forma, diante das abordagens citadas, fica evidente que enquanto a drenagem clássica provoca alterações na cobertura vegetal, aumento das áreas impermeáveis, diminuição das áreas para escoamento, diminuição da infiltração das águas pluviais no solo, aumento do escoamento superficial, aumento das vazões de cheia, diminuição do tempo de concentração,

redução do nível do lençol freático e a diminuição da evapotranspiração, entre outros; a drenagem das águas pluviais urbanas mais sustentável dedica-se a redução da impermeabilidade, redução de movimentação de terra e retirada de vegetação, a conservação de áreas e recursos naturais, a utilização de canais de drenagem natural para escoamento das águas pluviais, diminuindo a velocidade do escoamento superficial, vazão de pico e dos volumes, proteção das superfícies do solo e dos recursos hídricos, a redução da poluição difusa, redução da degradação do habitat, proporcionando melhoria da qualidade da água infiltrada e corroborando com a recarga das águas subterrâneas.

### **3. CONTEXTO REGULAMENTAR PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE DRENAGEM MAIS SUSTENTÁVEL E O PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL**

A ocupação humana e principalmente a formação de cidades, aconteceu em proximidades dos rios, principalmente visando o uso da água para vários usos humanos, entre eles o consumo humano e dos animais e também o escoamento de dejetos. Com a evolução das áreas urbanizadas, a ocupação, que se dava nas partes próximas e mais altas, com o passar dos anos e o acelerado crescimento, passou a ocupar as áreas como as várzeas, que trazem até a atualidade prejuízos humanos e materiais resultantes das inundações subsequentes. Em face do tratamento destas ocorrências, tem-se a gestão de inundações por meio de métodos como o conceito higienista, a implantação de TCs, o planejamento urbano LID, SbNs, legislações (nos âmbitos nacional, estadual e municipal) acerca da drenagem das águas pluviais e a utilização de políticas públicas.

Conforme Tucci (2005), o controle de inundações no ambiente institucional (legislação e gestão, considerando Estado, interessados e público) dos países em desenvolvimento geralmente não leva a uma solução sustentável, existindo apenas poucas ações isoladas de poucos profissionais, e majoritariamente o atendimento às inundações somente é realizado depois de sua ocorrência, onde a tendência é que o problema se perca no esquecimento após cada enchente. O autor ainda aponta a recorrência dos seguintes problemas na gestão das águas pluviais:

- Falta de conhecimento sobre o controle de enchentes por parte dos planejadores urbanos;
- Falta de planejamento e gestão de inundações em âmbitos federal e estadual;
- Pouca informação técnica sobre o assunto e de formação técnica específica de engenheiros;
- Desgaste político para os administradores públicos no controle não estrutural (zoneamento), já que a população está esperando obras hidráulicas, por falta de um maior entendimento sobre o assunto;
- Ausência de interesse, em alguns lugares, de prevenção de inundações, pois, quando ocorrem, os recursos são fornecidos a fundo perdido.

Desta forma, são necessárias ações conjuntas com a gestão, considerando crescimento local e regional, e ressaltando que sua função também deve ser associada a outras infraestruturas (como mobilidade e acessibilidade, lazer e recreação, equilíbrio de processos

biológicos). Isto quer dizer que a minimização, prevenção ou até mesmo extinção da ocorrência de desastres com inundações somente acontecerá quando a política de planejamento urbano estiver integrada com as demais políticas (ASSUMPÇÃO ET AL, 2017).

Neste sentido, dentro do contexto regulamentar para a implantação de um sistema de drenagem mais sustentável, é possível citar alguns instrumentos legais específicos para este fim que podem induzir ao uso de TCs ou LID para a gestão das águas pluviais, como o Novo Marco Legal do Saneamento Básico e os Planos Diretores de Drenagem Urbana.

A Lei 10.257/2001, denominada “Estatuto da Cidade”, que regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, aponta a elaboração do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDU) como o principal instrumento para o ordenamento territorial (obrigatório para municípios com mais de 20mil habitantes), elaboração e execução das políticas urbanas, com menções à cidade sustentável. O PDU poderia ser o plano central das políticas para uma cidade mais sustentável, inclusive do ponto de vista do manejo de águas pluviais, entretanto, Guerra e Gonçalves (2019) afirmam que quando realizada, a abordagem das águas pluviais no PDU é, em sua maioria, extremamente superficial, tornando visível a falta de instrumentos urbanísticos para o controle ambiental e especialmente da drenagem no planejamento das cidades.

Outro importante instrumento neste âmbito é a lei 11445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, recentemente alterada pela lei 14026/2020, conhecida como Novo Marco legal do Saneamento Básico, onde os serviços públicos de saneamento básico determinados na lei são o abastecimento de água potável; o esgotamento sanitário; a limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e a drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Nesta Lei o serviço de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas é definido como o conjunto de atividades que envolvem a infraestrutura e instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, além de também incluir a limpeza e a fiscalização preventiva das redes de drenagem. A partir das exigências legais (desde a lei 11.445/2007), com imposições para os municípios de realização de diagnóstico e planejamento do saneamento básico, contribuiu definitivamente para a criação ou aperfeiçoamento dos sistemas de drenagem urbana, exigindo assim que todos os municípios brasileiros elaborem seus planos de saneamento, inclusive de drenagem, resultando nos Planos Municipais de Saneamento e nos Planos Diretores de Drenagem Urbana.

Os Planos Diretores de Drenagem Urbana (PDDU) ou, mais recentemente, Planos de Manejo de Águas Pluviais (PMAP), conforme Oneda (2018), surgem como elemento central da gestão drenagem urbana, estabelecendo as diretrizes para a gestão das águas pluviais em uma bacia hidrográfica. Os PDDUs são um conjunto de diretrizes que determinam a gestão do sistema de drenagem, minimizando o impacto ambiental devido ao escoamento das águas pluviais. É importante ressaltar que na elaboração do PDDU deve ser mantida a sua coerência com as outras normas urbanísticas do município como o PDU, além dos instrumentos da Política Urbana e da Política Nacional de Recursos Hídricos. De maneira geral os PDDUs serão eficientes quando compreenderem a integração com outras atividades e, ainda, quando for planejando para realizar o redirecionamento de águas pluviais para seu aproveitamento, infiltração e evaporação, mitigando os impactos provenientes da urbanização desordenada, por exemplo, pela recarga subterrânea, ou seja, medidas mais sustentáveis de drenagem, exemplificando

neste trabalho o caso do Plano Diretor de Drenagem Urbana Sustentável da Cidade de São Carlos – SP.

#### **4. PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL DA CIDADE DE SÃO CARLOS – SP**

Localizada no centro geográfico do Estado de São Paulo, a cidade de São Carlos está a aproximadamente 230 km da capital do Estado, fazendo divisa com os municípios de Itirapina, Analândia, Ribeirão Bonito, Araraquara, Ibaté, Luís Antônio, Descalvado, Rincão, Santa Lúcia, Américo Brasiliense e Brotas. Segundo o último levantamento demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), realizado em 2010, possui um total de 221.950 habitantes, sendo a maioria residentes em área urbana (213.061 habitantes). O município se enquadra entre as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (UGRHI) do Rio Mogi Guaçu e do Rio Tietê-Jacaré. Tais Unidades abrangem 10 sub-bacias municipais, dentro das quais se enquadram 12 microbacias urbanas, que incluem os principais mananciais superficiais de abastecimento público.

São Carlos apresenta frequentes problemas de drenagem urbana, responsáveis por inundações históricas que há décadas trazem prejuízos humanos, materiais à população. Dentre as várias medidas tomadas pelo município com relação a drenagem das águas pluviais, está o desenvolvimento do Plano Diretor de Drenagem Urbana Sustentável, baseado no Programa de Drenagem Urbana Ambientalmente Sustentável ( Lei 17.005/2013).

O Plano Diretor de Drenagem Urbana Sustentável da cidade apresenta grandes avanços com relação a drenagem sustentável, como as seguintes diretrizes:

- o uso de elementos permeáveis;
- o aproveitamento de espaços públicos para amortecimento das cheias;
- os reservatórios de detenção (podendo ser instalados em áreas públicas ou particulares) ou retenção (podendo ser instalados em áreas que permitam a manutenção de uma lâmina d'água, com garantia de que a qualidade da água permanecerá);
- o reuso de águas pluviais, entre outros.

Além destas diretrizes também traz recomendações quanto ao volume a ser retido em uma determinada área para que novos empreendimentos possam ser implantados em consonância com este instrumento legal, sem causar impactos no sistema de drenagem pré-existente do município.

Soma-se também que estabelece as seguintes etapas para o estudo e seleção de alternativas de dispositivos de controle de cheias, que se aproximam dos passos do planejamento LID:

- Passo 1: Definir controle hidrológico requisitado como infiltração, frequência da descarga, volume, recarga da água subterrânea;
- Passo 2: Avaliar as dificuldades/limites do sítio, como espaço disponível, características de infiltração do solo, nível do lençol freático, declividade, modelo de drenagem;
- Passo 3: Descrição das práticas possíveis, demonstrando oportunidades e limitações;
- Passo 4: Avaliar medidas possíveis em várias configurações, desenvolvendo uma lista de medidas potenciais, número, dimensões e volume e avaliação hidrológica interativa;

- Passo 5: Selecionar uma configuração e projetar, sendo a configuração ótima para a bacia;
- Passo 6: Complementar com controles convencionais, se necessário.

Apesar de dimensionar para a microdrenagem elementos que integram o sistema de drenagem clássica (como sarjetas, bocas de lobo), o plano também apresenta as técnicas compensatórias como alternativas, exemplificando pavimentos permeáveis, planos e valas de infiltração.

Tendo em vista o conteúdo apresentado no Plano Diretor de Drenagem Urbana Sustentável, confirma-se a abordagem para uma drenagem urbana mais sustentável, especialmente quando sugere o uso de TCs e se aproxima do planejamento LID para novos empreendimentos. Contudo verificou-se a necessidade de comparação da normativa com a prática, ou seja, se as TCs, LID ou SbNs, além de terem sido abordados dentro das normativas municipais existentes, também tem ocorrido implantações práticas dentro da malha urbana. Dessa forma recorreu-se à informações quanto às obras públicas e exigências em empreendimentos privados.

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável por meio do relatório do Plano Municipal de Saneamento do Município de São Carlos (PMSSanCa), no ano de 2012, apresenta como “*Tipologia de dispositivos e padronização*”, elementos como galerias, bocas-de-lobo, sarjetões, poços de visita, canais, travessias e barramentos (elementos integrantes da abordagem clássica), afirmando que estas são tipologias padrões a serem seguidas para elaboração de projetos executivos.

Soma-se a isto, que no mesmo relatório foram identificados alguns problemas, como:

- insuficiência do canal;
- insuficiência de travessias e singularidades;
- ocupação de várzea e áreas de risco;
- zonas de erosão;
- instabilidade de taludes; e
- falta de dissipador de energia.
- insuficiência ou falta de sistema de microdrenagem;

No relatório foram levantados ainda 41 problemas, onde 17,7% das ações previstas e realizadas eram denominadas como “canalização do trecho do canal” e construção de piscinão. Percebe-se que muitas dessas ações foram apontadas para solucionar problemas discriminados como extravasamento do canal, microdrenagem deficiente e erosão, ou seja, problemas passíveis de receberem outro tipo de tratamento além das medidas clássicas sugeridas, que comprovadamente conforme a área de contribuição da bacia aumenta, porque a expansão urbana é ininterrupta, essas obras já nascem insuficientes.

Quando se trata de controle na fonte, tanto no PDU quanto no Código de Obras municipal, a única alternativa apresentada é a construção de poço de retenção ou infiltração, cujo modelo e o volume de armazenamento é calculado conforme quantidade de área impermeabilizada do lote.

Outro aspecto a ser considerado é a característica da implantação das bacias de retenção ou detenção no município. Em pesquisa realizada por Rodríguez (2019), que levantou e analisou 30 bacias de retenção (entre elas também sistemas de bacias de retenção) existentes, no qual foi verificado que essas estruturas tem sido implantadas sem a devida integração com a paisagem urbana e sem tornar essas grandes áreas em espaços multifuncionais, estando geralmente cercadas e com ausência de manutenção da vegetação. Diferencia-se no aspecto de manutenção as bacias implantadas em loteamentos fechados, contudo, apesar da existência da manutenção ainda não apresentam uma integração com o meio, seja por meio de projeto paisagístico ou por outro tipo de função, como quadras poliesportivas (Figura 3).

Figura 3: bacias de retenção no município de São Carlos.



Fonte: Adaptado de Rodrigues (2019).

Com base nesses trabalhos já realizados, constatou-se que a abordagem prevista para o manejo da drenagem das águas pluviais de forma mais sustentável na cidade de São Carlos não foi ainda utilizada de forma a ser considerada significativa. Tais abordagens de manejo por técnicas mais sustentáveis com uso de TCs, LID ou SbNs ainda são utilizadas de forma experimental e não integrada e não podem ser consideradas predominantes, apesar da cidade possuir instrumento legal qualificado como o Plano de Drenagem.

## CONCLUSÃO

Apesar dos grandes avanços obtidos pelas exigências das Leis Federais (como a lei de Saneamento Básico) e das lei Municipais (como os PDUs), esta obrigatoriedade demonstra ser ainda insuficiente para atender às expectativas de mudança de paradigmas quanto à abordagem higienista clássica e insuficiente. Certamente é preciso avançar nas ferramentas de

aplicabilidade para que o uso de técnicas sustentáveis seja presente na prática de planejamento urbano e obras públicas e práticas obrigatórias de drenagem urbana mais sustentáveis .

A fim de , possibilitarr o uso de variadas tipologias de TCs e LID integradas aos projetos urbanísticos, tais medidas precisam encontrar um território mais apropriado para sua concretização, de modo que se tornem mais eficazes que o sistema clássico de drenagem na prevenção de inundações em áreas centrais e densamente urbanizadas além de muitos e outros problemas relacionados a drenagem das águas pluviais no meio urbano, incluindo questões de salubridade e riscos de morte.

Mediante as informações levantadas nesta investigação sobre a cidade de São Carlos , mesmo com o avanço no meio acadêmico e legal quanto à implantação de abordagens mais sustentáveis, verificou-se uma lacuna entre a teoria e a prática, onde apesar de existir um plano bem elaborado ainda são as obras clássicas que predominam na execução dos novos empreendimentos imobiliários e nas obras públicas .

Possivelmente o fator imediatista para resolução dos problemas ocasionados por grandes eventos, a qualificação e experiência da mão-de obra existentes associados ao padrão de financiamentos federais obtidos para essas obras e a baixa participação da população nas tomadas de decisão, corroboram para a permanência desta lacuna.

Contudo, é importante ressaltar como um avanço a existência da legislação local que aborda amplamente a perspectiva de adoção da drenagem urbana mais sustentável, ainda que a aplicação de TCs e LID no contexto urbano seja tão incipiente, há perspectivas futuras de mudança desse paradigma. Dessa forma reforça-se a importância de estudos de aplicabilidade, assim como análise de avanços e possíveis impedimentos no uso do manejo sustentável de drenagem urbana a fim de consolidar as ações da gestão pública e empreendimentos no caminho da drenagem urbana cada dia mais sustentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSUMPÇÃO, R.F.; SÉGUIN, E.; KLIGERMAN, D. C.; CYNAMON, S. COHEN. Possíveis contribuições da integração das políticas públicas brasileiras à redução de desastres. *Saúde Debate* | Rio De Janeiro, V. 41, N. Especial, P. 39-49, Jun 2017.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. *Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana*. Porto Alegre: ABRH, 2005

BRASIL, 2001. **Lei nº 10.257, de 10 de julho**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10257.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm). Acesso em: 26 abr. 2023.

BRASIL, 2007. **Lei nº 11.445, de 8 de Janeiro**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm). Acesso em: 26 abr. 2023.

BRASIL, 2001. **Lei nº 14.026, de 15 de Julho**. Atualiza o marco legal do saneamento básico. disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm). acesso em: 26 abr. 2023.

FLETCHER, T.D. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 2015. Vol. 12, No. 7, p. 525–542.

GORSKI, M. C. B. **Rios e cidades: ruptura e reconciliação**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010

GUERRA, R. A.; GONÇALVES, L. M. Águas pluviais urbanas: integração da drenagem sustentável ao Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDU). In: II SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA: SINGEURB, 2019, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2019

FRAGA, R. G. **Soluções baseadas na Natureza: elementos para a tradução do conceito às políticas públicas brasileiras**. 2020. 173f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

KABISCH, A; FRANTZESKAKI, N.; PAULEIT, S.; NAUMANN, S; DAVIS, M; ARTMANN, M; HAASE, D.; KNAPP, S.; KORN, H; STADLER, J.; ZAUNBERGER, K.; BONN, A. Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. **Ecology and Society**. Open Access Volume 21, Issue 22016 Article number 39.

ONEDA, S. T. M. **Planos Diretores de Drenagem Urbana: Uma análise comparativa entre Planos de países desenvolvidos e em desenvolvimento**. 135p. Dissertação (Mestrado) Joinville, 2018.

PEREIRA, T. R. D. S.; PARRA, G. G. (2018). Aceitação e divulgação de técnicas compensatórias de drenagem dentro do ambiente acadêmico. In: XII ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS. 2018. Maceio. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <http://anais.abrhidro.org.br/events/82>. Acesso em: 28 ago. 2020.

PRINCE GEORGE'S COUNTY – MARYLAND. Department of Environmental Resources. Low-Impact Development Design Strategies: **An integrated Design Approach**. Maryland. 1999. Disponível em: [http://www.lowimpactdevelopment.org/pubs/LID\\_National\\_Manual.pdf](http://www.lowimpactdevelopment.org/pubs/LID_National_Manual.pdf). Acesso em: 13 ago. 2015.

RODRÍGUEZ, C. A. M. **Avaliação de bacias de retenção de águas pluviais implantadas no município de São Carlos, SP**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 179p. 2019.

SÃO CARLOS (SP). **Lei nº13.246, de 27 de Novembro de 2003**. Dispõe sobre a construção de reservatórios de retenção ou retenção de águas. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/SP/SAO.CARLOS/LEI-13246-2003-SAO-CARLOS-SP.pdf>. Acesso em 26 abr. 2023.

SÃO CARLOS (SP). **Lei nº13.691, de 25 de Novembro de 2005**. Estabelece o Plano Diretor do Município de São Carlos (Revogado) (PMSC). Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/SP/SAO.CARLOS/LEI-13691-2005-SAO-CARLOS-SP.pdf>. Acesso em 26 abr. 2023.

SÃO CARLOS (SP). **Lei nº15.958, de 29 de Dezembro de 2011**. Dispõe sobre o código de obras e Edificações. Disponível em: [http://www.saocarlos.sp.gov.br/images/stories/legislacao\\_urbanistica\\_municipal/lei15958%20-%20Codigo%20de%20Obras.pdf](http://www.saocarlos.sp.gov.br/images/stories/legislacao_urbanistica_municipal/lei15958%20-%20Codigo%20de%20Obras.pdf). Acesso em 26 abr. 2023.

SÃO CARLOS (SP). **Lei nº Lei nº 17.005, de 20 de Dezembro de 2013**. Institui o Programa Municipal de Drenagem Urbana Ambientalmente Sustentável. Disponível em: [https://file.camarasaocarlos.sp.gov.br/70792/lei/arquivo/CODIGOLEI\\_21177.pdf](https://file.camarasaocarlos.sp.gov.br/70792/lei/arquivo/CODIGOLEI_21177.pdf). Acesso em 24 mai. 2023.

SÃO CARLOS (SP). **Lei nº18.053, de 19 de Dezembro de 2016**. Estabelece o Plano Diretor do Município de São Carlos (PMSC). Disponível em: [https://www.saocarlosocial.com.br/diarioficial/001/DO\\_28122016\\_HNGB66.pdf](https://www.saocarlosocial.com.br/diarioficial/001/DO_28122016_HNGB66.pdf). Acesso em 26 abr. 2023.

SÃO CARLOS (SP). **Plano Municipal de Saneamento do Município de São Carlos (PMSSanCa)**. Disponível em: <http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/meio-ambiente/159636-plano-municipal-de-saneamento.html>. Acesso em: 20 dez. 2022.

SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos** Volume 17n.2-Abr/Jun 2012, 09-18.

TAVANTI, D.R.; BARBASSA, A. P. Análise dos Desenvolvimentos Urbanos de Baixo Impacto e Convencional. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos** Volume 17 n.4 - Out/Dez 2012, 17-28.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco 2005. Disponível em:  
[https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/285/o/Gest%C3%A3o\\_de\\_Aguas\\_Pluviais\\_\\_.PDF?1370615799](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/285/o/Gest%C3%A3o_de_Aguas_Pluviais__.PDF?1370615799). Acesso em: 10 abr. 2020.