

**Sistemas de drenagem urbana sustentáveis no mundo e no Brasil****Sustainable urban drainage systems in the world and Brazil**

DOI:10.34117/bjdv5n10-119

Recebimento dos originais: 10/09/2019

Aceitação para publicação: 10/10/2019

**Pedro de Souza Garrido Neto**

Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Instituição: Programa de Engenharia Civil - COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro

Endereço: Rua Horácio de Macedo, Bloco G, 2030 - 101 - CT - Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ, Brasil

E-mail: pedrouu@poli.ufrj.br

**Aline Pires Veról**

Doutora em Ciências em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Instituição: Programa de Engenharia Civil - COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro

Endereço: Rua Horácio de Macedo, Bloco G, 2030 - 101 - CT - Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ, Brasil

E-mail: alineverol@fau.ufrj.br

**Marcelo Gomes Miguez**

Doutor em Ciências em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Instituição: Programa de Engenharia Civil - COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro

Endereço: Rua Horácio de Macedo, Bloco G, 2030 - 101 - CT - Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ, Brasil

E-mail: marcelomiguez@poli.ufrj.br

**Elaine Garrido Vazquez**

Doutora em Ciências em Engenharia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Instituição: Programa de Engenharia Civil - COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro

Endereço: Av. Athos da Silveira Ramos, 149, Bloco D - CT - Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ, Brasil

E-mail: elainevazquez@poli.ufrj.br

**RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo apresentar os diversos conceitos, medidas e/ou técnicas que são adotadas no mundo e no Brasil relacionados com a abordagem sustentável da drenagem urbana, suas respectivas características, origens e referências bibliográficas relacionadas. Conclui-se que, na temática de drenagem urbana sustentável, diversos termos são adotados no meio técnico pelo mundo, cada qual com seus objetivos associados a suas origens. No Brasil, os termos mais usados são “técnicas compensatórias” e “desenvolvimento

urbano de baixo impacto” e, embora seja ainda observada no país predominância da adoção de práticas higienistas, a aceitação de concepções mais sustentáveis nos projetos de drenagem urbana tem aumentado nos últimos anos.

**Palavras chave :** drenagem urbana sustentável, técnicas compensatórias e desenvolvimento urbano de baixo impacto.

## ABSTRACT

This paper aims to show the different concepts, measures and / or techniques adopted in the world and in Brazil in the sustainable approach of urban drainage, their respective characteristics, origins and bibliographical references which are related to each one. It can be concluded that several terms are adopted in the world to describe practices in sustainable urban drainage, each one with its objectives related with its respective origins. In Brazil, "compensatory techniques" and "low impact development" are the most commonly terms that are used and despite the predominance of hygienic concept, the acceptance of more sustainable concepts in urban drainage projects has increased in recent years.

**Keywords:** sustainable urban drainage, compensatory techniques and low impact urban development

## 1 INTRODUÇÃO

A partir dos anos 60, de acordo com Silveira (2002), os países desenvolvidos já estavam criando algum tipo de consciência ecológica e estudando os conflitos da relação entre a população e o meio ambiente. Nesse momento, já eram preocupantes os impactos das ações antrópicas sobre a natureza e, principalmente, sobre a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos disponíveis.

Dentro deste panorama de degradação e preocupação, a construção civil tem buscado soluções sustentáveis e técnicas compensatórias em seus empreendimentos de forma a minimizar o impacto da ação antrópica no meio ambiente, hoje restrito, dos grandes espaços urbanos.

Na drenagem urbana, esse conceito de sustentabilidade foi materializado em diversas ações ao redor do mundo, como a criação de conceitos, medidas e/ou técnicas que passaram a nortear grande parte dos novos projetos de drenagem, de modo que os mesmos estivessem alinhados às preocupações com a preservação do meio ambiente e a saúde e bem-estar da população.

O conceito higienista para a drenagem urbana caracterizada pelas obras tradicionais de galerias, sarjetas e bocas-de-lobo passou a não ser mais tão eficiente para a consciência

ecológica. Assim, outras soluções alternativas e complementares tais como coberturas e fachadas verdes, pavimentos permeáveis e valas de retenção passaram a tomar espaço nas grandes cidades europeias, fazendo com que a drenagem urbana assumisse mais um objetivo além do comum de apenas livrar-se da água, o de preservação ambiental. Iniciado na Europa, esse conceito de drenagem com um enfoque ambiental já se encontra espalhado pelo mundo (TUCCI e GENZ, 1995 apud SILVEIRA, 2002).

Tais ações, embora batizadas com diversas nomenclaturas em diferentes países do mundo, possuíam um objetivo comum, o de promover o gerenciamento eficiente da circulação das águas urbanas nas cidades, de modo a evitar os transtornos que estas causam. Porém, apesar deste objetivo comum, observa-se que essas ações podem variar, da simples preocupação com o manejo e tratamento das águas urbanas, até a instauração de ambientes integrados, com paisagens multifuncionais, em que o desenvolvimento do espaço é alinhado com concepções voltadas à preservação das águas, da biodiversidade e do bem-estar da sociedade.

## **2 OBJETIVO**

Apresentar os conceitos, medidas e/ou técnicas que são adotadas no mundo e no Brasil relacionados com a abordagem sustentável da drenagem urbana, suas respectivas características, origens e referências bibliográficas relacionadas.

## **3 A ABORDAGEM SUSTENTÁVEL DA DRENAGEM URBANA**

### **3.1 NO MUNDO**

Vale ressaltar que ao longo de toda a história da humanidade, sempre houve uma profunda ligação das cidades com os cursos d'água, sendo estes determinantes para a sua própria existência, na medida em que constituíram fatores essenciais no processo de sedentarização das populações. Entretanto, os papéis desempenhados pelos cursos d'água em muito variaram, historicamente, com o desenvolvimento das cidades, refletindo a transição das sociedades de base econômica agrícola, de ocupação populacional majoritária em áreas rurais, para as sociedades industriais, predominantemente urbanas (BAPTISTA; NASCIMENTO, 2002, p.29).

De acordo com Matos (2003), ao longo dos tempos e até a Idade Moderna, as obras de drenagem não foram consideradas, em regra, como infraestrutura necessária e condicionante

ao desenvolvimento dos núcleos urbanos. Segundo Webster (1962) *apud* Matos (2003), o primeiro registro de obra de drenagem data de 3000 a.C.

O início do século XIX foi marcado por uma significativa evolução no setor, uma verdadeira revolução tecnológica, com a introdução dos sistemas de abastecimento e de distribuição de água domiciliar, construídos com tubulações de ferro fundido funcionando sob pressão. Começa também, nessa época, e paralelamente, a ser gradualmente generalizada à prática da instalação de ramais domiciliares e coletores prediais, com materiais de utilização milenar, como o barro.

Entre 1840 e o fim do século XIX muitas cidades importantes do mundo, principalmente as capitais europeias, foram dotadas de grandes redes subterrâneas unitárias de esgotos (esgotos pluviais e cloacais conduzidos pelos mesmos condutos).

Nos textos da especialidade refere-se que Hamburgo, na Alemanha, foi a primeira cidade a ser dotada de um plano nacional de drenagem de águas residuais (um sistema do tipo unitário). Em 1842, parte de Hamburgo encontrava-se destruída e William Lindley, um inglês residente na cidade, foi encarregado de projetar o sistema. Além de novos coletores, também foram projetadas vias e parques, “redesenhando” a cidade. William Lindley colaborou também, mais tarde, no projeto de drenagem de águas residuais da cidade de Sidney, na Austrália (MATOS, 2003).

Em 1850, sob o comando de seu famoso prefeito Haussmann, Paris torna-se emblemática e referência mundial por construir uma imponente rede de esgotos, ajudando a cristalizar o conceito higienista que passa a ser resumido pela expressão “tout à l’égout” no meio técnico francês da época.

No Reino Unido, Joseph Bazalgette foi encarregado, em 1852, de planejar e projetar o sistema de drenagem da cidade de Londres, que decorreu entre 1859 e 1865. No âmbito do trabalho foram executados estudos experimentais e estudados o regime de precipitação local (MATOS, 2003).

Nos Estados Unidos da América, Sylvester Chesbough planejou e projetou, de forma integrada, o primeiro sistema de drenagem para Chicago, em 1858. Mais ou menos nessa época, em 1870, Julius Adams projetou o sistema de Brooklyn, em Nova Iorque. Os principais critérios de dimensionamento até então seguidos, nessas e posteriormente em outras cidades americanas, tiveram origem, fundamentalmente, na experiência e prática européias (HOLZ, 2011).

Entre 1870 e 1880, Waning projetou, nos Estados Unidos da América, os primeiros sistemas separativos, em Lenox, Massachusets e Memphis, no Tenesse. Neste último caso, o sucesso da intervenção foi devido à coincidência de, ao mesmo tempo, se terem reduzido os efeitos de um surto de febre amarela na região (HOLZ, 2011).

É, sobretudo na segunda metade do Século XIX, que se inicia a discussão entre técnicos e cientistas, das vantagens e inconvenientes de se recorrer ao sistema separativo, em vez de se recorrer ao sistema unitário (MATOS, 2003). Cabe aqui, mencionar que o sistema separativo é aquele em que existem galerias que conduzem somente esgotos e, separadamente, galerias que conduzem somente águas pluviais. Já o sistema unitário é aquele em que em uma única galeria é conduzido tanto os esgotos quanto as águas da chuva.

Rudolph Hering, um engenheiro americano, visitou a Europa em 1880 em nome da Comissão Nacional da Saúde (a “U.S. National Board of Health”) para estudar a prática de saneamento na Europa. No relatório então elaborado, Hering propõe um modelo para critério de escolha do tipo de sistema de drenagem, que seria: sistema unitário em grandes cidades muito urbanizadas ou em crescimento; e sistema separativo para aglomerados de menores dimensões com menores percentagens de áreas impermeáveis, em que as águas pluviais não necessitassem de ser canalizadas. Nesse relatório, Hering refere que nenhum tipo de sistema pode ser considerado, em termos sanitários, melhor que o outro, e que a decisão ou escolha final deve depender de condições locais e de fatores econômicos (ARRUDA, 2000).

As ideias consagradas no relatório Hering fizeram efeito e a construção de novos sistemas unitários prevaleceu nas grandes cidades, pelo menos até os anos entre 1930 e 1940, época em que, devido, sobretudo, aos encargos com a construção e operação de sistemas de tratamento, começou a prevalecer, para os novos sistemas, o princípio da rede separativa (ARRUDA, 2000).

Na década de 60, nos países desenvolvidos, a consciência ecológica passou a levar em conta os conflitos ambientais entre as cidades e o ciclo hidrológico. Nascia o conceito ambiental aplicado à drenagem urbana que fez com que os ícones das soluções higienistas deixassem de reinar sozinhos, ou seja, o rol de obras tradicionais como condutos, sarjetas, bocas de lobo, arroios retificados, entre outras, teria de ser ampliado para admitir soluções alternativas e complementares à evacuação rápida dos excessos pluviais, dentro de um contexto de preservação ambiental (TUCCI; GENZ, 1995 apud SILVEIRA, 2002).

A partir daí, outra abordagem para tratar o problema dos escoamentos superficiais das cidades foi sendo desenvolvida. Trata-se da adoção de técnicas corretivas de drenagem, que

procuram utilizar dispositivos principalmente com o objetivo de atuar na consequência do problema, priorizando o controle do escoamento por meio de detenções (USEPA, 1999 apud FORGIARINI et. al, 2007).

Essa abordagem corretiva da drenagem urbana se expressou através da adoção de técnicas de Best Management Practices (BMPs). PRINCE GEORGE'S COUNTY (1999) cita como exemplos de BMPs as bacias de retenção, bacias de detenção e áreas para infiltração e percolação.

Na América do Norte, no início da década de 70, de acordo com Urbonas e Stahre (1993), na tentativa de sanar boa parte das deficiências apresentadas pelos sistemas higienistas, começam a ser adotadas as “Melhores Práticas de Gestão de Águas Pluviais” (do inglês, Best Management Practices - BMPs), calcadas, de acordo com Andoh e Declerk (1999), na adoção de dispositivos que permitissem que a água voltasse ao meio ambiente através da recuperação de processos naturais, como a infiltração e percolação. As BMPs são definidas pela AMEC (2001) como um conjunto planejado de ações implementadas na bacia, com o objetivo de atenuar os impactos da urbanização, considerando não somente preocupações com a quantidade de água, mas também aspectos de qualidade. Miguez et al. (2015) ressaltam que o conceito *BMP* surgiu a partir da necessidade de controlar a poluição de efluentes industriais nos Estados Unidos, podendo ser destacado, nesse contexto, o documento *Guidance Manual for Developing Best Management Practices – BMP* (US EPA, 1993), elaborado com orientações para a implementação das BMPs.

Posteriormente, foram adicionados ao escopo das BMPs americanas outros enfoques, como o gerenciamento das águas pluviais, conforme demonstrado no documento *Stormwater Best Management Practices (BMP) Performance Analysis* (US EPA, 2010) e a conscientização de empreendedores e gestores, no âmbito de suas atividades, do uso racional da água, como pode ser observado no documento *WaterSense at Work - Best Management Practices for Commercial and Institutional Facilities* (US EPA, 2012).

Nas últimas décadas, abordagens mais próximas à sustentabilidade têm sido estudadas para a mitigação de problemas relacionados com gestão das águas pluviais nos centros urbanos, sob as denominações: *Low Impact Development (LID)*, nos EUA e Canadá; *Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS)*, no Reino Unido; *Water Sensitive Urban Design (WSUD)*, na Austrália; e *Low Impact Urban Design and Development (LIUDD)*, na Nova Zelândia (FORGIARINI et. al, 2007).

LID se diferencia das técnicas de BMPs por serem mais abrangentes no planejamento do sistema de drenagem. A abordagem de LID também inclui medidas não estruturais como layouts alternativos de estradas e prédios para minimizar a impermeabilidade e para maximizar o uso e preservação dos solos e da vegetação nativos, redução das fontes de contaminação e programas de educação para modificar ações e atividades. Em particular, o LID procura realizar o controle em escala inferior ao aplicado por BMPs, mais próximo à fonte de alteração de processos hidrológicos, onde é gerado o escoamento da água da chuva por meio da manutenção das condições hidrológicas naturais (FORGIARINI et. al, 2007).

A abordagem LID preconiza o desenvolvimento urbano de forma sustentável através da tentativa de retomar o ciclo hidrológico que existia antes da urbanização. Assim, áreas impermeáveis tornam-se verdes através da adoção de práticas como, por exemplo, a bioretenção, as valas e trincheiras de infiltração, os pavimentos permeáveis e os telhados verdes. Essas práticas permitem a ocorrência dos processos de infiltração, retenção vegetal e evapotranspiração que reduzem o escoamento superficial.

Fletcher et al. (2014) apontam que no final da década 70, em 1977, o termo “Desenvolvimento de Baixo Impacto” (do inglês, Low Impact Development - LID) foi usado em um relatório sobre uso e ocupação do solo, em Vermont, nos Estados Unidos. De acordo com o Unified Facilities Criteria (UFC): Low Impact Development Manual (USDoD, 2010), o LID é uma estratégia de gerenciamento de águas pluviais que busca manter os padrões hidrológicos de uma determinada área a partir do reestabelecimento dos processos de infiltração, armazenamento e evaporação que existiam antes da urbanização, de modo a evitar que ocorra excesso de escoamento superficial e fontes de poluição difusa.

Apesar de sua menção ter sido feita no final da década de 70, o termo LID foi tornar-se popular na década de 90, principalmente após as publicações do Condado de Prince George (PGDER, 1999a; PGDER, 1999b), em Maryland, nos EUA, que trazem o conceito LID como uma abordagem bastante diferente das convencionais adotadas na época. De acordo com Forgiarini (2010), a partir deste momento, o planejamento utilizando a abordagem do LID passou a ser uma realidade nos municípios americanos sendo já, em muitos casos, orientada por manuais municipais.

No Reino Unido, a necessidade da adoção de sistemas de drenagem mais sustentáveis surgiu um pouco antes da década de 80. Em meados dessa década, o conceito de “Controle na Fonte” (do inglês, Source Control - SC) começou a ganhar força em diversos setores, como em Companhias de Serviço de Água e Universidades, por exemplo (ANDOH e IWUGO,

2002). De acordo com Andoh e Declerck (1999), o objetivo da técnica de controle na fonte é promover uma solução preventiva para as cheias e para a poluição das águas urbanas através de dispositivos de retenção e tratamento de águas pluviais, distribuídos nas partes de montante das bacias, de modo a compensar os efeitos do aumento da impermeabilização dos espaços urbanos.

Na Austrália, o “Desenvolvimento Urbano Sensível à Água” (do inglês, Water Sensitive Urban Design - WSUD) é um conceito recente, do início da década de 90, adotado em projetos com o principal objetivo de minimizar os impactos nos componentes do ciclo hidrológico gerados pelo desenvolvimento urbano (MORISON e BROWN, 2011). Anteriormente, Coombes et al. (1999) já definia o WSUD como uma solução local para problemas globais que surgiram devido à confiança que havia nos métodos antigos de controle da água nos espaços urbanos. Beecham e Chowdhury (2012) apontam que o comportamento hidrológico e hidráulico de “técnicas WSUD” frente às variabilidades temporais e espaciais da chuva ainda não foram devidamente estudadas na Austrália.

Outro termo, também nessa temática, utilizado na Austrália a partir da década de 90, é o de “Cidades Sensíveis à Água” (do inglês, Water Sensitive City - WSC) que consiste em planejar e construir cidades resilientes, produtivas, sustentáveis e que forneça condições adequadas para a vida. São cidades que interagem com o ciclo hidrológico urbano garantindo a segurança hídrica, essencial para o desenvolvimento econômico, a melhoria e proteção de corpos hídricos, a mitigação de risco de cheias e o estabelecimento de espaços públicos que acumulem, limpem e reciclem a água (CRCWSC, 2016).

No final do século XX, por volta do ano 2000, conforme Fletcher et al. (2014), é formalizado, no Reino Unido, o conceito de “Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável” (do inglês, Sustainable Urban Drainage Systems - SUDS). De acordo com Zhou (2014), este conceito tem como foco principal a manutenção de boas condições de saúde pública, a proteção dos recursos hídricos da poluição e a preservação da biodiversidade e dos recursos naturais para as gerações futuras. O guia mais importante existente atualmente, que norteia o uso de práticas sustentáveis, é o The SuDS Manual (CIRIA, 2015).

Outro conceito importante, associado ao desenvolvimento sustentável, é o de “Infraestrutura Verde” (do inglês, Green Infrastructure - GI) que, embora tenha sido mencionado pela primeira vez em 1995 por Walmsley (1995), somente agora tem ganhado maior expressividade. De acordo com US EPA (2013), *GI* é um termo adequado para descrever uma variedade de produtos, tecnologias e práticas que usam sistemas naturais ou

sistemas de engenharia que imitam processos naturais, para melhorar a qualidade do ambiente e promover benefícios à comunidade.

Outros termos também surgiram ao longo do período, como o de “Técnicas Compensatórias ou Alternativas” (do inglês, Alternative Techniques - AT ou Compensatory Techniques - CT), “Gerenciamento Integrado de Águas Urbanas” (do inglês, Integrated Urban Water Management – IUWM) e “Medidas de Controle de Águas Pluviais” (do inglês, Stormwater Control Measures – SCMs).

De acordo com Fletcher et al. (2014), existe uma significativa sobreposição entre todos esses termos utilizados para tratar da drenagem urbana sustentável, conforme ilustrado na Figura 1.

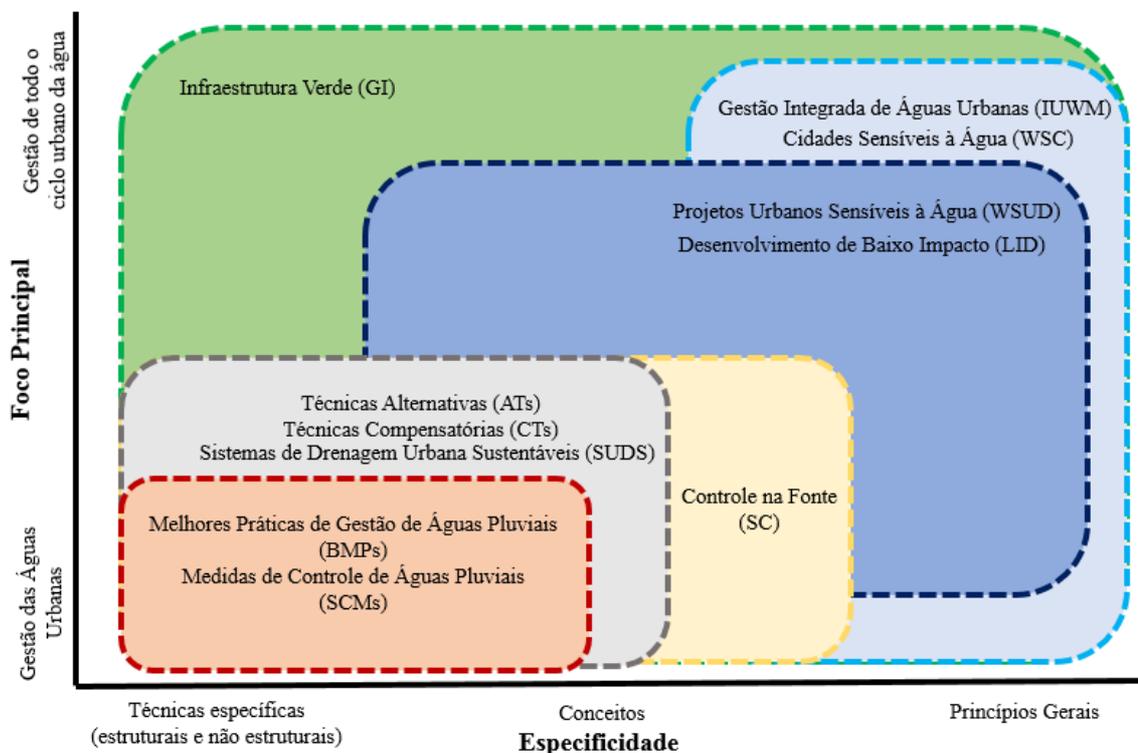


Figura 1 – Terminologias em drenagem urbana, de acordo com seu foco principal e especificidade (FLETCHER et al., 2014)

No Brasil

O conceito higienista surgido na Europa no século XIX foi evidenciado no Brasil através das primeiras redes enterradas de esgoto sanitário implantadas em 1864 no Rio de Janeiro, mas ele somente seria aplicado mais decididamente após a proclamação da República em 1889 (MELO FRANCO, 1968 apud SILVEIRA, 2002). Nesta época, havia no mundo havia um consenso entre o conceito higienista e o domínio da hidráulica de condutos e canais

que permitia promover o saneamento junto com as reformas urbanísticas. No fim do século XIX, o Brasil sob a influência do engenheiro fluminense Saturnino de Brito, formado pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro, revoluciona o conceito higienista no saneamento da cidade de Santos. (OBRAS, 1943 apud SILVEIRA, 2002). Em seu opúsculo “Saneamento de Santos” de 1898, apresenta argumentos sólidos em favor do sistema separador absoluto (redes de condutos separados para esgotos pluviais e cloacais) contra o sistema dominante da época que era o unitário (SILVEIRA, 2002).

Em decorrência da atuação de Saturnino de Brito, já no início do século XX, o conceito higienista, usando uma rede de drenagem pluvial separada dos esgotos domésticos, ficou estabelecido como regra para as cidades brasileiras. Em 2000, cerca de 82% dos municípios brasileiros com redes subterrâneas tinham sistemas separadores (PESQUISA, 2002 apud SILVEIRA, 2002). A intensidade das chuvas tropicais não favorece os sistemas unitários. Entretanto, muitas cidades ou muitos bairros de cidades acabaram adotando um arremedo de sistema unitário, destinando efluentes de fossas sépticas para a rede pluvial (SILVEIRA, 2002).

Vale ressaltar que o Brasil não podia utilizar o sistema unitário da tendência europeia. Isso se dá pela diferença entre os regimes de chuva entre o clima temperado da Europa, que apresenta baixas intensidades pluviométricas, e o tropical do Brasil, caracterizado por chuvas intensas e de baixa frequência. Ou seja, ao utilizar sistemas unitários em regiões de clima tropical, que é o caso do Brasil, as redes coletoras devem ser dimensionadas de maneira a receber as chuvas intensas e os esgotos sanitários no período chuvoso. Nos períodos secos, onde ocorrem poucas chuvas, esse sistema estará subutilizado, por carrear somente a parcela dos esgotos sanitários.

Percebendo isso na época, de acordo com Silveira (1998), o sistema separador absoluto parece ter predominado desde o início sobre o sistema unitário. Razões econômicas também podem estar por trás desta preferência, como o fato de tubulações exclusivas para o esgoto doméstico ter um custo menor do que uma tubulação de sistema unitário que deverá comportar tanto o esgoto doméstico quanto as águas pluviais. Desta forma, foi-se cristalizando a prática de construir redes de esgoto pluvial somente após, quando houvesse recursos para tal. Estabeleceu-se, então, a ordem de prioridades ainda hoje praticada na urbanização de uma maneira geral, de implantar, umas após as outras, as redes de abastecimento de água, de esgotamento sanitário e de esgoto pluvial.

A história da drenagem urbana no Brasil apesar dessas dificuldades parece estar hoje numa transição entre a abordagem higienista e a sustentável. Muitas capitais, como Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Porto Alegre e Curitiba, estão promovendo ações no sentido de estabelecer planos diretores de drenagem urbana, seguindo os preceitos do conceito ambiental que passa pela conscientização de que a drenagem urbana deve se integrar ao planejamento ambiental das cidades, deixando de ser apenas um mero problema de engenharia (SILVEIRA, 2002).

De acordo com Tucci (2003), o Plano Diretor de Drenagem Urbana tem o objetivo de criar os mecanismos de gestão da infraestrutura urbana relacionado com o escoamento das águas pluviais e dos rios na área urbana da cidade. Este planejamento visa evitar perdas econômicas, melhoria das condições de saúde e meio ambiente da cidade dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais definidos pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, uma vez que a drenagem faz parte da infraestrutura urbana, portanto deve ser planejada em conjunto dos os outros sistemas, principalmente o plano de controle ambiental, esgotamento sanitário, disposição de material sólido e tráfego.

No Brasil, o conceito LID, denominação dada para a drenagem sustentável por americanos e canadenses, foi traduzido pela expressão “Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto”, que preconiza a preservação do ciclo hidrológico natural no processo de desenvolvimento das cidades.

No ano de 2005 foi publicada a obra de Baptista et al. (2005), “Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana”, atualmente em sua segunda edição, que trouxe uma série de tecnologias como opções para projetos de drenagem urbana que busquem um enfoque sustentável. Como exemplos de técnicas compensatórias apresentadas nessa obra, podem ser citadas as trincheiras de infiltração e detenção, valas de detenção e infiltração, pavimentos permeáveis e telhados armazenadores.

Em 2006, o lançamento do programa “Drenagem Urbana Sustentável” pelo Ministério das Cidades, cujo objetivo era promover, em articulação com as políticas de desenvolvimento urbano de uso e ocupação do solo e de gestão das respectivas bacias hidrográficas, a gestão sustentável da drenagem urbana com ações estruturais e não-estruturais dirigidas à recuperação de áreas úmidas, à prevenção, ao controle e à minimização dos impactos provocados por enchentes urbanas e ribeirinhas (BRASIL, 2006). Conforme Cruz et al. (2007), este programa apresentava como ações prioritárias o desenvolvimento de ações na gestão da drenagem urbana dos municípios segundo as diretrizes de seu Plano Diretor de Drenagem

Urbana ou de Manejo das Águas Pluviais e caso este não existisse, a prioridade de ação para o seu desenvolvimento, seguindo os princípios do Manejo Sustentável das Águas Pluviais Urbanas.

O referido programa apoia a implantação de diversas soluções técnicas, como a execução de obras de microdrenagem complementares adotando canaletas gramadas ou ajardinadas; valas, trincheiras e poços de infiltração; microrreservatórios; e coberturas ajardinadas de edifícios públicos (BRASIL, 2006), indo ao encontro das práticas que já vinham sendo adotadas no mundo.

A partir desta época, ficam consolidados os termos “técnicas compensatórias” e “desenvolvimento urbano de baixo impacto” no meio técnico brasileiro para tratar da temática de drenagem urbana sustentável. O primeiro termo refere-se ao conjunto de medidas de infiltração e de armazenamento, como, por exemplo, reservatórios de detenção, retenção e de lote, assim como os telhados verdes, pavimentos permeáveis, trincheiras e valas de infiltração que, de acordo com Poletto et al. (2015), buscam controlar volumes, velocidades, vazões e qualidade de água escoada no sistema de drenagem. O segundo termo, de acordo com o programa “Drenagem Urbana Sustentável” (BRASIL, 2006), se traduz em soluções mais eficazes e econômicas quando comparadas às soluções tradicionais de drenagem urbana, buscando a preservação do ciclo hidrológico natural, a partir da redução do escoamento superficial adicional gerado pelas alterações da superfície do solo decorrentes do desenvolvimento urbano.

Após a iniciativa do programa “Drenagem Urbana Sustentável”, foi promulgada a Lei Federal nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e que incluía em seu texto a definição de “drenagem e manejo das águas pluviais urbanas” como sendo:

O conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas (BRASIL, 2007).

Observa-se, assim, o aumento da preocupação em considerar estruturas de detenção e retenção para o amortecimento de cheias no escopo das atividades relacionadas à drenagem urbana.

Mesmo com a disseminação do conceito da drenagem sustentável e com os consideráveis avanços que estão sendo observados nessa temática pelo mundo, no Brasil ainda se verifica uma predominância na adoção de práticas higienistas para solucionar os problemas de drenagem urbana. Todavia, principalmente, a partir do século XXI, pode-se observar um aumento da aceitação de concepções mais sustentáveis nos projetos de drenagem urbana.

#### **4 CONCLUSÕES**

O conceito da drenagem urbana evoluiu de acordo com a percepção dos impactos sobre o meio ambiente. As práticas sanitaristas utilizadas, para a evacuação rápida das águas pluviais, através de obras hidráulicas não são tão eficazes quanto a nova abordagem de planejamento do uso do solo em conjunto com a adoção de medidas compensatórias, que caracterizam um novo conceito de drenagem urbana sustentável.

As técnicas compensatórias em drenagem urbana são medidas que podem ser tomadas com a finalidade de reduzir os impactos negativos, como prejuízos a população e danos ambientais, causado pelas águas pluviais nas cidades. E isso é alcançado através de uma tentativa de restituir o ciclo hidrológico que existia no local antes da urbanização.

Dentro deste conceito, destaca-se também a abordagem sustentável LID, conhecida no Brasil como Desenvolvimento de Baixo Impacto, que preconiza a adoção de práticas que buscam não atuar no efeito, mas na causa dos escoamentos superficiais. É caracterizado pela adoção de práticas, de caráter local, que visam reestabelecer o ciclo hidrológico que existia antes do processo de urbanização, retomando funções perdidas, tais como a evapotranspiração e a infiltração.

Este estudo evidencia que embora seja ainda observada no país predominância da adoção de práticas higienistas, a aceitação de concepções mais sustentáveis nos projetos de drenagem urbana tem aumentado nos últimos anos.

#### **REFERÊNCIAS**

AMEC – Earth and Environmental Center for Watershed Protection, 2001, Georgia Stormwater Management Manual, v. 2, First Edition, Atlanta, GA, USA. Disponível em: <<http://documents.atlantaregional.com/gastormwater/GSMMVol2.pdf>>, acesso em 10/09/2015.

ANDOH, R. Y. G., DECLERCK, C., 1999, “Source Control and Distributed Storage – A Cost Effective Approach to Urban Drainage for the New Millennium?”, In: Proceedings of the 8th International Conference on Urban Storm Drainage, Sydney, AUS.

ANDOH, R. Y. G., IWUGO, K. O., 2002, “Sustainable Urban Drainage Systems: A UK Perspective”. In: Proceedings of the 9th International Conference on Urban Drainage, Portland, Oregon, USA.

ARRUDA, José Jobson de A; PILETTI, Nelson. Toda a história: História Geral e História do Brasil. 8 ed. São Paulo: Ática, 2000. 496 p.

BAPTISTA, Márcio Benedito; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira. Aspectos Institucionais e de Financiamento dos Sistemas de Drenagem Urbana. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 7. Jan/Mar, 2002.

BAPTISTA, M. B., NASCIMENTO, N. O., BARRAUD, S., 2005, Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana, 2ª reimpressão da 2ª edição, ABRH, ISBN 9788588686311, Porto Alegre, RS, Brasil. 318p.

BRASIL, Ministério das Cidades, 2006, Programa Drenagem Urbana Sustentável, Manual para apresentação de propostas. 23 p.

CIRIA – Construction Industry Research and Information Association, 2015, The SuDS Manual, London, UK, CIRIA Report No. C753. Disponível em: <[http://www.ciria.org/Memberships/The\\_SuDS\\_Manual\\_C753\\_Chapters.aspx](http://www.ciria.org/Memberships/The_SuDS_Manual_C753_Chapters.aspx)>.

COOMBES, P. J., ARGUE, J. R., KUCZERA, G., 1999, “Figtree Place: a case study in water sensitive urban development (WSUD)”, Urban Water, v. 1, p. 335-543.

CRCWSC - Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities, [entre 2012 e 2016]. Disponível em: < <https://watersensitivecities.org.au/>>.

CRUZ, M. A. S., SOUZA, C. F., TUCCI, C. E. M., 2007, “Controle da drenagem urbana no brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade”, XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, SP, Brasil.

FLETCHER, T. D., SHUSTER, W., HUNT, W. F., ASHLEY, R., BUTLER, D., ARTHUR, S., TROWSDALE, S., BARRAUD, S., SEMADENI-DAVIES, A., BERTRAND-KRAJEWSKI, J., MIKKELSEN, P. S., RIVARD, G., UHL, M., DAGENAIS, D., VIKLANDER, M., 2014, “SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The Evolution and Application of Terminology Surrounding Urban Drainage”, *Urban Water Journal*, Volume 12, Issue 7, p. 525-542. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1573062X.2014.916314>>.

FORGIARINI, Francisco Rossarolla; SOUZA, Christopher Freire; SILVEIRA, André Luiz Lopez da; SILVEIRA, Geraldo Lopes da; TUCCI, Carlos E. M. Avaliação de cenários de cobrança pela drenagem urbana de águas pluviais. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, 2007.

FORGIARINI, F. R., 2010, Incentivos econômicos à sustentabilidade da drenagem urbana: O caso de Porto Alegre - RS, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

HOLZ, Ingrid Herzog. Águas urbanas: da degradação à renaturalização. VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, Vitória, set. 2011.

MATOS, José de Saldanha. Aspectos Históricos e Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano. Lisboa, 2003.

MIGUEZ, M. G., VERÓL, A. P., REZENDE, O. M., 2015, *Drenagem Urbana: Do Projeto Tradicional à Sustentabilidade*, 1ª edição, Elsevier, ISBN 978-85-352-7746-3, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

MORISON, P. J., BROWN, R. R., 2011, “Understanding the nature of public and local policy commitment to Water Sensitive Urban Design”, *Landscape and Urban Planning*, v. 99, p. 83-92.

PGDER – Prince George’s County, Department of Environmental Resources, 1999a, Low-Impact Development Design Strategies: An Integrated Design Approach, Maryland, USA. Disponível em: <<http://www.princegeorgescountymd.gov/DocumentCenter/Home/View/86>>.

PGDER – Prince George’s County, Department of Environmental Resources, 1999b, Low-Impact Development Hydrologic Analysis, Maryland, USA. Disponível em: <<http://www.princegeorgescountymd.gov/DocumentCenter/Home/View/87>>.

POLETO, C. SILVEIRA, A. L. L., CARDOSO, A. R., GOLDENFUM, J. A., DORNELLES, F., TASSI, R., MOURA, P. M., 2015, Introdução às Águas Urbanas, Águas Urbanas / organizado por Cristiano Poleto, André L. L. da Silveira, Alice R. Cardoso, Joel A. Goldenfum, Fernando Dornelles, Rutinéia Tassi, Priscilla Macedo Moura, 1ª edição, ABRH, v. 1, ISBN 978-85-88686-38-0, Porto Alegre, RS, Brasil, p. 10-21.

PRINCE GEORGE’S COUNTY. Department of Environment Resources. Low Impact Development Design Strategies: An integrated Design Approach, Maryland, june, 1999.

SILVEIRA, André Luiz Lopes da. Hidrologia Urbana no Brasil. Drenagem Urbana, Gerenciamento, Simulação, Controle, ABRH Publicações no3. Porto Alegre, 1988.

SILVEIRA, André Luiz Lopes da. Drenagem Urbana: Aspectos de Gestão. 1 ed. 2002. 70 f. Apostila do curso Gestores Regionais de Recursos Hídricos, Instituto de Pesquisa Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CNPq) – UFRGS, Rio Grande do Sul, 2002.

TUCCI, Carlos E. M.; BERTONI, Juan Carlos. Inundações urbanas na América do Sul. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

URBONAS, B., STAHERE, P., 1993, Stormwater: Best management practices and detention for water quality, drainage, and CSO management, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.

US EPA - United States Environmental Protection Agency, 1993, Guidance Manual for Developing Best Management Practices (BMP), USA. Disponível em: <<https://www3.epa.gov/npdes/pubs/owm0274.pdf>>.

US EPA - United States Environmental Protection Agency, 2010, Stormwater Best Management Practices (BMP) Performance Analysis, USA. Disponível em: <<https://www3.epa.gov/region1/npdes/stormwater/assets/pdfs/BMP-Performance-Analysis-Report.pdf>>.

US EPA - United States Environmental Protection Agency, 2012, WaterSense at Work - Best Management Practices for Commercial and Institutional Facilities, USA. Disponível em: <[https://www3.epa.gov/watersense/docs/ws-at-work\\_bmpcommercialandinstitutional\\_508.pdf](https://www3.epa.gov/watersense/docs/ws-at-work_bmpcommercialandinstitutional_508.pdf)>.

US EPA - United States Environmental Protection Agency, 2013, Greening EPA Glossary - Terminology Services: Vocabulary Catalog List Detail Report, USA.

US EPA - United States Environmental Protection Agency, 2013, Greening EPA Glossary - Terminology Services: Vocabulary Catalog List Detail Report, USA.