

**Metodologias para Caracterização e Avaliação de Sistemas de Drenagem urbana:
uma revisão**

**Methodologies for Characterization and Evaluation of Urban Drainage
Systems: a review**

**Metodologías para La Caracterización y Evaluación de Sistemas de Drenaje
Urbano: una revisión**

Recebido: 09/03/2020 | Revisado: 09/03/2020 | Aceito: 14/03/2020 | Publicado: 20/03/2020

Geovane da Silva Teixeira

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1758-4172>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: teixeira.silva.geovane@gmail.com

Rodrigo Silvano Silva Rodrigues

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2223-2959>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: rssr@ufpa.br

Diêgo Lima Crispim

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1491-2636>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: dlimacrispim@gmail.com

Lindemberg Lima Fernandes

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1806-4670>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: lberge@ufpa.br

Germana Menescal Bittencourt

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4482-4285>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: menescal@ufpa.br

Resumo

Com o intuito de avaliar e caracterizar sistemas de drenagem urbana, diversos estudos e metodologias são desenvolvidos a fim de encontrar uma melhor forma de tornar eficiente e solucionar os problemas gerados, sejam eles ambientais, legais ou econômicos, nos

sistemas de drenagem urbana. O objetivo do trabalho foi fazer uma revisão de metodologias de avaliação e caracterização ou diagnóstico aplicados a sistemas de drenagem urbana. Utilizou-se de pesquisa bibliográfica como base metodológica sobre o assunto para o desenvolvimento do trabalho. Como resultado foi possível verificar que ainda se encontra barreiras em métodos de caracterização de sistemas de drenagem, sendo utilizadas as mais usuais, porém, sobre a avaliação de sistemas de drenagem podem-se encontrar diversos métodos que permitem o melhor desempenho desses sistemas. Conclui-se que não existe um método específico tanto para avaliação como para caracterização de sistema de drenagem, uma vez que depende dos objetivos empregados em cada metodologia, sendo possível utilizar mais de uma metodologia dentro do mesmo objetivo.

Palavras-chave: Avaliação; Caracterização; Metodologias; Diagnóstico; Sistemas de Drenagem.

Abstract

In order to evaluate and characterize urban drainage systems, several studies and methodologies have been developing to find a better way to make efficient and solve the problems generated, whether environmental, legal or economic, in urban drainage systems. The objective of this work was to review the evaluation and characterization or diagnosis methodologies applied to urban drainage systems. The bibliographic research was used as a methodological basis on the subject for the development of its work. As a result, it was possible to verify that there are still issues in methods of characterization of drainage systems. The most usual ones are being used, however, regarding the evaluation of drainage systems, one can find several methods that allow the best performance of these systems. In conclusion, there is no specific method for both evaluation and characterization of the drainage system since it depends on the proposed objectives in each methodology and it is also possible to use more than one methodology within the same objective.

Keywords: Evaluation; Description; Methodologies; Diagnosis; Drainage Systems.

Resumen

Con el fin de evaluar y caracterizar los sistemas de drenaje urbano, se desarrollan varios estudios y metodologías para encontrar una mejor manera de hacer eficiente y resolver los problemas generados, ya sean ambientales, legales o económicos, en los sistemas de drenaje urbano. El objetivo del trabajo fue revisar las metodologías de evaluación y caracterización o diagnóstico aplicadas a los sistemas de drenaje urbano. La investigación

bibliográfica se utilizó como base metodológica sobre el tema para el desarrollo del trabajo. Como resultado, fue posible verificar que todavía se encuentran dificultades en los métodos de caracterización de los sistemas de drenaje, los más habituales se utilizan, sin embargo, con respecto a la evaluación de los sistemas de drenaje, se pueden encontrar varios métodos que permiten el mejor rendimiento de estos sistemas. Se concluye que no existe un método específico tanto para la evaluación como para la caracterización del sistema de drenaje, puesto que depende de los objetivos empleados en cada metodología, siendo posible utilizar más de una metodología dentro del mismo objetivo.

Palabras clave: Evaluación; Caracterización; Metodologías; Diagnóstico; Sistemas de drenaje.

1. Introdução

Segundo Santos (2014), o espaço é híbrido ou misto, onde as diversas manifestações sociais acontecem, seja para atender a demanda econômica ou as necessidades básicas de uma população. Sendo assim o centro desta estrutura, e essencial para a sociedade é o saneamento básico.

A infraestrutura urbana é o elemento presente nas cidades que dita o funcionamento e organização das edificações e pessoas através de rodovias, eletricidade, água, esgoto etc. As redes de infraestrutura formam entre si redes de fornecimento de serviços necessários a uma organização estrutural urbana. No Brasil, o desenvolvimento mais notável ocorreu a partir da década de 40 com o crescimento populacional urbano, o movimento de êxodo rural observado na época provocou o crescimento das cidades existentes bem como impulsionou o surgimento de novas cidades, provocando assim o planejamento da rede infraestrutura e serviços urbanos necessários (Michel, et al., 2013; Diniz, et al., 2016).

A urbanização das cidades provoca a impermeabilização do solo, reduzindo a infiltração e o escoamento subterrâneo, sendo comum em poucos minutos após o início de uma precipitação o surgimento dos primeiros sinais de alagamento. Os problemas que surgem em decorrência dos impactos da urbanização sobre o meio ambiente, tornam-se mínimo com tecnologias alternativas de drenagem, e manejo de águas pluviais adequados gerando benefícios e melhores condições de tráfego de pessoas e veículos, o favorecimento ao meio ambiente, a saúde humana e redução de custo de manutenção das vias e das infraestruturas entre outros (Borges, 2004; Sarabia, 2013).

A drenagem urbana tem como objetivo minimizar os riscos que a população está sujeita, remover as águas em excesso provenientes das chuvas, diminuir os prejuízos

causados por inundações de forma eficaz, com o intuito de evitar transtornos, prejuízos, e riscos e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável. Ou seja, a drenagem nada mais é do que o gerenciamento da água da chuva que escoar no meio urbano (Borges, 2004).

No Brasil os sistemas de drenagem urbana se basearam na busca do sistema hidráulicamente mais eficiente. Em uma visão higienista, a noção do saneamento (no sentido de tornar o ambiente são) representa a necessidade de “sempre drenar”, criando estruturas de micro e macrodrenagem para conduzir a água para fora das cidades. Esta abordagem resulta no próprio conceito de sistema de drenagem urbana adotada no Brasil, onde na maioria dos manuais de drenagem urbana é definida como: conjunto de elementos destinados a recolher as águas pluviais precipitadas sobre uma determinada região e que escorrem sobre sua superfície, conduzindo-as a um destino que por vezes possuem diversos problemas como poluição, áreas contaminadas, assim, não sendo locais seguros para destinação final (Souza, 2013).

A urbanização impactou severamente os sistemas de abastecimento, rede de esgoto e drenagem pluvial urbana, principalmente pela falta de infraestrutura, conscientização da população e de planejamento, pois a implantação destes sistemas não acompanhou o adensamento populacional, gerando cidades formais em que há o planejamento urbano e informais onde se analisam as tendências de ocupação (Tucci, 2008). Tal desigualdade se reflete no meio ambiente, social e de saúde desta população, gerando problemas como a falta de tratamento de esgoto, ocupação de áreas de inundação ribeirinha e de reservatórios de abastecimento, impermeabilização do solo, canalização dos rios urbanos, piora na qualidade da água e aumento dos resíduos sólidos (Tucci, 2008), diminuindo a possibilidade de melhoria na qualidade de vida desta população.

Diferentemente das bacias permeáveis, que possuem a propriedade de uniformizar a distribuição da chuva no solo após as perdas por infiltração, bacias urbanas refletem o efeito da precipitação rapidamente sobre o terreno (Einfalt, et al., 2015). Por isso, pequenas bacias urbanas exibem os efeitos da distribuição espacial da chuva logo a partir de extensões significativamente menores do que as bacias permeáveis capazes de apresentar o mesmo efeito. Normalmente, em áreas urbanas, os dados hidrológicos disponíveis restringem-se aos dados pluviométricos. Dessa forma, são necessários métodos de transformação de chuva-vazão para o cálculo das vazões afluentes à rede de drenagem.

No Manual de Publicação da APA (2012) fica claro que as revisões de literatura são avaliações críticas de material que já foi publicado. Ainda segundo os autores, ao

organizarem, integrarem e avaliarem material publicado anteriormente, os revisores de literatura consideram o progresso da pesquisa para esclarecimento de um problema.

De acordo com Nogueira (2015), os artigos de revisão são trabalhos publicados pelos maiores especialistas de uma determinada área, que buscam avaliar, criteriosamente, o conjunto de pesquisas produzidas e separar os itens realmente importantes.

Botelho, Cunha e Macedo (2011) classificam os artigos de revisão em revisão sistemática, metanálise, revisão qualitativa e revisão integrativa. Ainda segundo os autores, a revisão sistemática visa resumir evidência concernente a um problema específico; a metanálise é um sumário de pesquisas passadas, que usa técnicas de estatísticas; a revisão qualitativa informar pesquisas ou práticas pela sumarização de processos ou experiências; e a revisão integrativa visa revisar métodos, teorias, e/ou estudos empíricos sobre um tópico particular.

A metodologia do trabalho consistiu em levantamento bibliográfico sobre o assunto em questão, sendo consultadas diversas fontes de pesquisa (artigos científicos, monografias, dissertações e teses), visando colocar o pesquisador em contato direto com tema desenvolvido na pesquisa (Gil, 2008). Assim, essa técnica de estudo proporcionar a construção de uma representação teórica que possa servir de base para analisar as metodologias para caracterização e avaliação de sistemas de drenagem urbana.

2. Metodologia

2.1 Gerenciamento de águas pluviais

2.1.1 Legislação

Segundo Tucci e Bertoni (2003), os sistemas de drenagem são definidos na fonte, microdrenagem e macrodrenagem. De acordo com Hafner (2007), o sistema clássico de drenagem tem seu início nas edificações, onde a água pluvial é recolhida das áreas descobertas, como telhados e pátios – chamadas de áreas de contribuição – por calhas e transportada por dentro da edificação, quando necessário, por tubulações e condutores e, finalmente, por caixas de areia no térreo da edificação. Após, a água recolhida é lançada nas galerias de águas pluviais, pelas quais são transportadas até um corpo de água próximo, podendo ser um riacho, rio ou lago.

A gestão das águas urbanas pluviais nas cidades brasileiras tem suscitado inúmeros desafios aos gestores municipais, tendo em vista que, os problemas ambientais resultantes da maneira como ocorreu o processo de urbanização e posteriormente de periferização do

espaço nos municípios brasileiros a partir da segunda metade do século XX, estão afetando o bem-estar e a qualidade de vida dos cidadãos (Santos, 2013).

Um adequado processo de planejamento e gestão das águas pluviais urbanas é uma das etapas fundamentais para minimizar os impactos e prejuízos sofridos pelos atores sociais no sistema urbano, em decorrência de eventos hidrometeorológicos. No Brasil, a Lei Federal nº. 9.433/1997 regulamentou o artigo 21, inciso XIX, da Constituição de 1988, com a instituição da Política Nacional e do Sistema Nacional de Recursos Hídricos. Estão dentre os objetivos dessa política: o uso racional com vistas na futura disponibilidade; o uso integrado de maneira sustentável; a prevenção de eventos hidrológicos, seja por origem natural ou devido ao manejo incorreto dos recursos naturais; e o incentivo ao aproveitamento das águas pluviais. O artigo 31 também cita que todas as esferas governamentais devem integrar as políticas locais de saneamento básico com as políticas federal e estaduais de recursos hídricos (Fonseca & Ferentz & Garcias, 2019).

Esses objetivos vão ao encontro do Estatuto das Cidades, Lei Federal nº10.257/2001, o qual permite que os municípios exerçam o que foi imposto pelos artigos 182 e 183 da Constituição, regulamentando também instrumentos urbanísticos e legais que devem garantir, entre outros aspectos, o saneamento ambiental. Tais elementos devem servir de base ao Plano Diretor Municipal, sendo parte integrante do planejamento dos municípios e um dos instrumentos legais fundamentais para o desenvolvimento e a expansão urbana no território (Fonseca, et al., 2019).

A gestão da drenagem urbana contém o manejo das águas pluviais no tempo e espaço, a fim de reduzir impactos à sociedade e ao ambiente. A visão moderna da gestão desenvolve a integração dos recursos hídricos na bacia hidrográfica e das águas urbanas, incluída a drenagem urbana (Tucci & Hesanol & Cordeiro Netto, 2001).

Conforme o disposto na Lei Federal 11.445, de 2007, as políticas públicas relacionadas à drenagem de águas pluviais urbanas envolvem o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem, escoamento, retenção para o amortecimento de vazões, tratamento e disposição final das águas das chuvas nas áreas urbanas

O direito ao saneamento básico como previsto nos artigos 196 e 225 da Constituição Federal de 1988 (CF 88), equivale a um agrupamento de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento, o qual está incluso a drenagem urbana e o manejo das águas pluviais. O reconhecimento do acesso ao saneamento básico como direito social, apresenta à drenagem de águas pluviais como elemento estruturante de

efetivação dos direitos sociais, a fim de garantir um meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Em meados do início do século XX, o uso e aproveitamento da água no Brasil era, basicamente, uma iniciativa dos agentes privados, seja para irrigação ou para o abastecimento público. As atribuições e competências sobre os recursos hídricos eram de responsabilidade do Ministério da Agricultura (Costa, 2008).

A partir dos anos de 1950, o gerenciamento dos recursos hídricos passou a ser competência do setor elétrico. Mesmo que o Ministério de Minas e Energia tivesse a responsabilidade de gerir tais recursos ao nível nacional, alguns outros setores, que se utilizam desses recursos como meio para suas atividades, não foram de acordo com tal hegemonia, entendendo ser uma administração tendenciosa. Logo deu-se início ao processo de separação da administração dos recursos hídricos, problema que o Brasil enfrenta até os dias de hoje (Pagnoccheschi, 1997)

Em 1997 foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a partir da Lei de Organização Administrativa nº 9.433/97, que define a gestão descentralizada e participativa do uso da água no Brasil. Fazem parte do PNRH os seguintes instrumentos: os Planos de recursos hídricos; o enquadramento dos corpos de águas em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga de direitos de uso dos recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), que é constituído por: Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano (SRHU/MMA), Agência Nacional de Águas (ANA), Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados (CERHs), órgãos gestores federais e estaduais, Comitês de Bacia e Agência de Água.

Ainda que inexistente uma política regulamentar específica e direcionada ao emprego da administração e manejo das águas pluviais no Brasil, a legislação brasileira, em níveis federais, estaduais e municipais, dispõe de instrumentos legais que podem conduzir ao seu uso, com fins de controle de escoamentos, redução da poluição difusa e seu impacto sobre os meios receptores (Araújo, 2016).

2.1.2 Fonte, Macrodrenagem e Microdrenagem

O efeito da urbanização traz consigo a demanda em atender as necessidades básicas do ser humano como moradia, alimentação e locomoção. O grande número de edificações para estabelecimentos residenciais e além de outras formas de ocupação do solo, acabam

impedindo a infiltração das águas pluviais, causando de certa forma, situações favoráveis a ocorrência de enchentes (Guabiraba, 2019).

De modo a reduzir as ocorrências de enchentes, tem-se procurado por iniciativas mais sustentáveis, a exemplo de adoção de superfícies permeáveis, construção de reservatórios de retenção (poço de infiltração) de águas pluviais e uso de telhados verdes, entre outros (Vieira & Da Silva Júnior & Ribeiro, 2015).

Em 2014 Vieira, et al., (2015), realizaram em seu estudo um levantamento de alguns pontos de alagamento gerado pela ocupação em massa na zona norte de Aracaju - SE, assim como pontos na zona sul, ainda que com uma ocupação mais recente, mas gerando subdimensionamento no sistema de drenagem urbana. Com a intensificação da ocupação do solo foi ocasionado uma maior impermeabilização do solo.

A alternativa utilizada para a redução do problema foi o uso de telhados verdes, sendo os locais de estudo escolas, terminais de integração e condomínios residenciais, que tem como princípio o retardamento do volume de chuva escoado, sendo que uma parte maior se infiltra e uma parte evapora, assim o volume que escorre para o sistema de drenagem é bem menor. Nas coberturas convencionais, a maior parte da água que incide sobre o telhado escorre diretamente para o sistema público de águas pluviais, ocasionando assim, altas vazões momentâneas que muitas vezes geram as famosas inundações urbanas. A relação entre volume escoado e o volume precipitado determina o coeficiente de escoamento superficial. O valor do coeficiente de escoamento superficial varia de acordo com a quantidade de chuva (Ferreira & Morizzi, 2007)

Como resultado do estudo e da alternativa aplicada para redução de escoamento superficial, cerca de 65% do volume de água jogado no sistema de drenagem urbana foi reduzido em todos os locais onde o telhado verde foi aplicado (Vieira, et al., 2015).

A sustentabilidade, principalmente ambiental, é um tema recorrente na atualidade e desperta discussões em diversas áreas. Um dos elementos de significativa contribuição pela busca da sustentabilidade na construção civil é o aproveitamento de águas pluviais. Entretanto, visões críticas sobre os benefícios da captação da água pluvial em residências para o meio urbano ainda são mal desenvolvidas, contando com poucas ações de incentivo pelos órgãos públicos (Cosentino & Borges, 2016).

Atualmente, basicamente, no Brasil o sistema de drenagem urbana é composto pela macrodrenagem e microdrenagem, além de medidas estruturais e não estruturais que podem ser utilizadas para o manejo de águas pluviais. A microdrenagem é definida como o sistema de drenagem que recolhe e afasta as águas pluviais do meio urbano, por meio de

estruturas hidráulicas como sarjetas, sarjetões, bocas de lobo, rede de conduto e galerias, poços de visita e drenos (Tucci, 2015).

O aumento das superfícies urbanizadas trouxe uma série de problemas como a elevação no índice de impermeabilização do solo, assim como, a ausência e ineficiência no sistema de tubulações implantadas para escoamento superficial. A desordenada ocupação de áreas sujeitas à inundação e de fundos de vale, onde em muitos casos os cursos d'água foram desconsiderados, existem vários problemas de drenagem. Para minimizar tais problemas causados pela urbanização, são realizadas obras de Microdrenagem e Macrodrenagem (Kamura, 2005).

A microdrenagem é parte do sistema que compõe o sistema de drenagem urbana e tem como função coletar e conduzir a água pluvial até o sistema de macrodrenagem, além de contribuir para o escoamento da água dos pavimentos das vias públicas, de modo a minimizar os riscos de alagamentos e reduzir danos (Kamura, 2005).

A microdrenagem é a parte do sistema que inicia nos limites dos lotes e das edificações, no qual recebe as instalações prediais de coleta de águas pluviais, prossegue no escoamento das sarjetas e é coletado pelas bocas de lobo, que direcionam essas águas para as galerias pluviais (Kamura, 2005).

São componentes do sistema de microdrenagem: as vias de escoamento, sarjetas, meio-fio, bocas de lobo, tubos e conexões, poços de visita e os sistemas de condutos forçados. Há alternativas que visam os impactos gerados pela urbanização sobre o ciclo hidrológico das bacias que são tidos como reservatórios domiciliares de águas pluviais, as trincheiras de infiltração, o armazenamento em áreas de estacionamento, entre outros exemplos, faz parte do sistema de microdrenagem (Kamura, 2005).

Muitos problemas ainda são encontrados nas implantações nos sistemas de microdrenagem, entre eles a erosão urbana, transporte e deposição de sedimentos (assoreamento), alagamentos, enchentes, inundações e deficiência na interface com o sistema de macrodrenagem (Kamura, 2005).

Os projetos de microdrenagem devem ser fundamentados no conceito do escoamento lento das águas de chuva, a fim de prolongar o tempo de permanência dessas águas no sistema de drenagem urbana, de modo a evitar pontos de concentração das mesmas a jusante, os quais causam inundações e aumento das vazões de pico da bacia (Fuchs, 2011).

Cada sistema de microdrenagem atua isoladamente dos outros, porém o conjunto dos vários sistemas de microdrenagem de uma rede urbana, forma as principais vias de escoamento das águas de chuva numa cidade (Fuchs, 2011).

Segundo as Diretrizes Básicas para projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo (1999), os sistemas de microdrenagem atuam ao nível de loteamento e são dimensionados para o escoamento de vazões de 2 a 10 anos de período de retorno, obedecendo assim a drenagem de precipitações com risco moderado.

Os sistemas de Macrodrenagem são dimensionados para que suportem vazões de 25 a 100 anos de período de retorno. Do seu funcionamento adequado depende a prevenção ou minimização dos danos às propriedades, dos danos à saúde e perdas de vida das populações atingidas, seja em consequência direta das águas, seja por doenças de veiculação hídrica (PMSP, 1999).

Os sistemas de macrodrenagem são projetos que visam reduzir eventos mais críticos que os sistemas de microdrenagem, entretanto estes primeiros devem funcionar em conjunto com os sistemas de microdrenagem, pois eles podem retardar as águas de chuva, criando assim, uma relação de complementaridade. A macrodrenagem é essencial para evitar inundações em cidades urbanizadas, sendo ela uma medida estrutural dispendiosa e que deve ser precedida por bons sistemas de microdrenagem, a fim de se obter uma eficiência adequada (Fuchs, 2011).

A macrodrenagem é a parte do sistema que recebe água coletada pelos sistemas de microdrenagem, cuidando dos fundos de vales, sendo a que interessa mais a área total da bacia, seu escoamento natural, sua ocupação, a cobertura vegetal, os fundos de vale e os cursos de água urbana (Azevedo Netto & Fernandez, 2015).

O sistema pluvial abrange calhas das ruas, galerias, bueiros, bocas de lobo, dispositivos de infiltração, escadarias e rampas até a chegada das águas aos córregos, riachos e rios, com o objetivo de evitar: erosões do terreno; do pavimento; alagamento da calha viária, e também com a função de eliminar pontos baixos sem escoamento, a fim de promover a chegada ordenada das águas aos cursos de água da região (Hought & Hwang & Akan, 2012).

Segundo as diretrizes de Macrodrenagem para loteamento do Município de São José dos Campos (PMSJC, 2010), os sistemas de macrodrenagem são obras de engenharia que tem a finalidade de evitar as enchentes nas bacias urbanas, com a construção de canais, revestidos ou não, com maior capacidade de transporte que o canal natural ou com bacias de detenção, ou retenção.

O canal é a estrutura hidráulica que possui o objetivo de conduzir as águas de forma a compatibilizar as necessidades com os volumes disponíveis no tempo e no espaço. No caso da macrodrenagem, incluem-se os cursos d'água nos canais, revestidos artificialmente ou não. Os canais podem ser não revestidos, como no caso de cursos d'águas naturais, ou revestidos com solos, gramados, rochas, concreto e gabiões. Os canais podem ainda funcionar como um dispositivo de armazenamento, atrasando a onda de cheia (Tonelli & Masini & Santos, 2017).

De modo geral, a Macro drenagem deve abranger áreas de pelo menos 2 km² ou 200 ha. Porém, esses valores não podem ser admitidos como absolutos porque a malha urbana pode possuir diferentes configurações. Um dos pontos que caracteriza esse tipo de definição tem sido a metodologia de estimativa, uma vez que o método racional é utilizado para dimensionamento de vazões na micro drenagem e os modelos hidrológicos de determinação do hidrograma do escoamento são utilizados para Macro drenagem (Guabiraba, 2019).

3. Normatização Brasileira e o Desenvolvimento de Sistemas de Drenagem

Ao se falar sobre a evolução dos sistemas de drenagem é possível caracterizá-la em três fases: higienista, compensatória e em sistemas de baixo impacto. O sistema higienista teve seu início ainda na idade antiga, utilizando técnicas de evacuação aplicadas no setor cloacal (controle e tratamento de águas de esgoto), com o objetivo de amenizar inconvenientes (Souza & Gonçalvez & Goldenfum, 2007). De modo geral, esses sistemas são baseados no rápido escoamento do excesso de chuva, contribuindo para o aumento nos volumes e vazões de água e a diminuição no tempo do escoamento (Kobayashi & Faggin & Chirinéia & Fernandes, 2008).

Na tentativa de sanar boa parte das deficiências apresentadas pelos sistemas higienistas, métodos compensatórios de manejo de águas pluviais (também denominados Best Management Practices, BMPs) passaram a ser adotados pelo mundo a partir da década de 70 - em algumas municipalidades brasileiras, como Porto Alegre e São Paulo. Estas medidas buscam compensar efeitos da impermeabilização de superfícies (Souza, et al., 2007).

Na década de 1990, a busca e avaliação de técnicas e dispositivos de manejo integrado foram aceleradas em virtude da demanda por soluções que apresentem maior

respeito às questões ambientais, frente à ameaça a corpos hídricos de alto interesse de conservação ambiental.

Atualmente os sistemas de esgotamento sanitário e de drenagem de águas pluviais podem ser divididos de duas maneiras: sistemas individuais e sistemas coletivos. Para os sistemas coletivos existem a subdivisão em sistemas unitários e absolutos, sendo isso possível devido ao desenvolvimento científico e tecnológico que proporcionaram a evolução desses sistemas com características distintas, especialmente nos aspectos qualitativo e quantitativo das vazões conduzidas, sendo o separador absoluto amplamente difundido nos tempos atuais (Souza, et al., 2007).

O sistema de separador absoluto, que hoje é o mais utilizado no Brasil, teve seu início nos Estados Unidos a partir do ano de 1879, visando aspectos práticos e econômicos. A cidade de São Paulo passou a adotar esse sistema em 1912 (Volschan & Tsutya & Martins & Yazaki, 2009).

No Brasil, o sistema de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto se consolidou tanto tecnicamente – a ABNT normatizou os elementos de concepção e projeto destes sistemas nas NBR 9648/86 e NBR 9649/86 – como legalmente, já que este tipo de sistema é condicionante ao licenciamento ambiental.

Segundo Tsutiya e Bueno (2004), neste sistema as águas residuárias e de infiltração são transportadas separadamente das águas pluviais, apresentando como vantagem redução no custo (canalizações de menor diâmetro), oferece mais flexibilidade para a execução por etapas, de acordo com as prioridades (prioridade maior para a rede sanitária); Reduz consideravelmente o custo do afastamento das águas pluviais, pelo fato de permitir o seu lançamento no curso de água mais próximo, sem a necessidade de tratamento.

Ainda no estudo feito por Tsutiya e Bueno (2004), em países europeus o sistema predominante é o sistema unitário ou combinado, onde a coleta e o transporte de águas pluviais, infiltração e águas residuárias ocorre em uma única rede. Esse tipo de sistema é utilizado em países com baixo índice pluviométrico, como em Londres, onde foi implantado pela primeira vez em 1815.

A Alemanha é um dos países da Europa que possui seu sistema de drenagem na forma combinada, especialmente em Stuttgart. A gestão e a prevenção de inundações na Alemanha estão tradicionalmente ligadas ao planejamento de uso de solo, que obtém os municípios. Já houve problemas com inundações na cidade de Hamburgo, por exemplo. Ela sofreu várias inundações históricas, a mais conhecida em 1964, e tanto em 2002 quanto

em 2013 houve grandes eventos de inundação no rio Elbe no Leste da Alemanha que afetaram centenas de milhares de pessoas (Hess & Rodrigues, 2014).

Tanto no Brasil quanto em Portugal o tipo de sistema mais utilizado na construção das redes de drenagem para águas residuais é o sistema separativo. Os regulamentos adotam critérios para o dimensionamento destes sistemas e, apesar de abordarem basicamente os mesmos princípios, diferem-se os valores de cálculo de cada critério. Não apenas os materiais disponíveis são distintos, mas também a composição das águas residuais pode apresentar divergência nos dois países (Lisboa, 2016).

O projeto de drenagem tradicional, basicamente, trabalha com o conceito de uma rede ramificada, projetada para escoamentos com superfície livre, ou seja, sob a ação da pressão atmosférica. Dessa forma, noções básicas de escoamento com superfície livre, e especialmente de escoamento de canais, são apresentadas como suporte básico ao dimensionamento (Míguez & Vérol & Rezende, 2015).

Para fins de dimensionamento hidráulico e hidrológica existem etapas a serem seguidas. Em um dimensionamento hidráulico de uma rede convencional de drenagem as etapas a serem seguidas são: 1) Fazer análise do local de implantação do projeto, assim como o levantamento topográfico para que seja identificada o sentido de escoamento; 2) Definição do tempo de recorrência (TR) da chuva de projeto; 3) Escolha da equação de chuva que melhor se ajusta a região; 4) Definição das áreas de contribuição em cada seção de cálculo geralmente onde estão localizados os poços de visitas; 5) Cálculo da vazão de projeto do trecho, por aplicação da equação do método racional; Entre outras variáveis.

Segundo o Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2005), existem métodos e procedimentos a serem usados no dimensionamento dos dispositivos de drenagem envolvendo, entre outros, as obras-de-arte correntes (bueiros e galerias) Cálculo da vazão de projeto do trecho, por aplicação da equação do método racional.

De acordo com Yano, et al., (2011), a urbanização desordenada gera a impermeabilização do solo e a canalização de córregos, além da mudança de cursos d'água. Esses processos, juntamente com a ineficiência da drenagem urbana geram desastres como enchentes e deslizamentos. Os métodos hidrológicos são utilizados para determinação da vazão de projeto como alternativa de dimensionamento de medidas mitigadoras contra enchentes.

No Brasil, com relação às redes de infraestrutura urbanas para coleta de esgotos e águas pluviais, é adotado o sistema separador absoluto. Nesse sistema uma rede é projetada

e construída para transportar exclusivamente despejos industriais e esgoto doméstico, e outra totalmente independente para a condução de águas pluviais. Para o sistema de drenagem de águas pluviais estabeleceu-se a desvantagem de que estas águas passaram a não ser tratadas e lançadas diretamente ao meio ambiente.

A concepção do sistema é a fase mais importante do projeto, pois define o traçado de rede, localização de poços de visita e bocas-de-lobo, e a localização de lançamento no sistema de drenagem. Ainda assim, não existem normalizações específicas para seu dimensionamento hidrológico e hidráulico. Estes dimensionamentos são norteados por Manuais hidrologia e drenagem e Álbuns de Projetos-Tipos de dispositivos de drenagem, voltados para projetos de rodovias e ferrovias, elaborados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

Alguns roteiros para dimensionamento hidráulico e hidrológico de sistemas de drenagem de águas pluviais são estabelecidos por Instruções técnicas e Planos diretores elaborados por órgãos estaduais e municipais de infraestrutura.

A execução de obras de drenagem urbana compreende as etapas de Serviços preliminares, Escavação de vala, Escoramento, Esgotamento de vala, Preparação de fundo de cava, Assentamento das tubulações, Reenchimento de vala, Reconstituição do pavimento, Limpeza final e Cadastro. Neste processo de execução existe o direcionamento de algumas normas técnicas. Normas técnicas brasileiras estipuladas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e as especificações de serviço do DNIT.

Dispõe-se de diversas normas técnicas da ABNT que podem ser aplicadas ao processo de execução de redes de drenagem de águas pluviais. Sete normas para alvenaria de tijolos; quatro normas para argamassas; duas para aterros e escavações; oitenta e sete normas para cimentos, concretos, agregados, aço para armaduras e estruturas de madeira e escoramento; vinte e três normas para impermeabilização; duas normas para materiais de revestimento; três normas para segurança; cinco normas para sondagens; e quatro normas para a rede de drenagem pluvial.

A ABNT NBR 15645/2008 refere-se ao canteiro de obras, contemplando inicialmente a etapa de Serviços preliminares em conjunto com a NR 18 (sinalização da obra). A Locação de valetas e demais dispositivos a serem executados, juntamente com os serviços de pontos de referências de níveis (RN), nivelamento geométrico e afastamentos de eixos (off-set) são norteados pela ABNT NBR 12266/1992 e ABNT NBR 15645/2008.

A execução de valas, por tipos de pavimentos, larguras e equipamentos são definidos pela ABNT NBR 12266/1992. A ABNT NBR 9061/1985 estabelece detalhes

para especificações de segurança de escavações a céu aberto, considerando levantamentos sobre o terreno, a vizinhança e os serviços públicos próximos a obra. Nas ABNT NBR 12266/1992 e ABNT NBR 15645/2008, também se estabelecem métodos de contenção, que podem ser necessários a execução das valas, bem como métodos para o esgotamento de valas caso haja alcance de lençol freático.

De acordo com a ABNT NBR 9814/1987, o fundo de vala deve ser preparado para posterior assentamento de tubulações, sempre no sentido de jusante para montante. Serviços de compactação do fundo de vala devem ser realizados conforme a normatização do DNIT 030/2004-ES e a ABNT NBR 15645/2008.

Na ABNT NBR 15645/2008 estabelecem-se os critérios para execução de juntas em tubos de concreto, que podem ser rígidas ou elásticas. Nas mudanças de direção, declividades, materiais ou diâmetros de tubos, conforme a ABNT NBR 9814/1987, são utilizados poços de visitas, onde o processo de execução é apresentado conforme a normatização do DNIT 030/2004-ES. Esta normatização também aborda sobre a execução das bocas-de-lobo, utilizadas para interceptar as águas superficiais e direcioná-las para as galerias subterrâneas.

A reconstituição do pavimento em condições no mínimo iguais ao pavimento anterior às escavações é estabelecida conforme a ABNT NBR 9814/1987. A execução de meios-fios e guias é guiada pela norma DNIT 020/2006-ES. Já especificação de serviço adotada para a execução de sarjetas é pautada pela norma DNIT 018/2004-ES.

5. ENGENHARIA DIAGNÓSTICA

De acordo com Gomide, et al. (2015), a Engenharia Diagnóstica em edificações, também conhecida como Patologia das Edificações ou Engenharia Legal, como a arte de conceber atividades pró-ativas, por meio dos diagnósticos, prognósticos e prescrições técnicas, objetivando a qualidade total do edifício, através das ferramentas diagnósticas.

Para Cánovas (1988), patologia é a parte da Engenharia que estuda os mecanismos, sintomas, causas e origens dos defeitos das obras. Em certos casos são possíveis fazer o diagnóstico apenas através da visualização. Porém, em existem casos mais complexos que necessitam da verificação do projeto, investigar as cargas a que foi submetida à estrutura; analisar detalhadamente a forma como foi executada a obra e, inclusive, como esta patologia reage diante de determinados estímulos. Dessa forma, é possível identificar a causa destes problemas, corrigindo-os para não se manifestarem novamente (Mota, 2019).

A Engenharia diagnóstica vem pautada em Normas de desempenho ABNT NBR: 15575 e é cada vez mais utilizada (Tollini & Cardoso Filho, 2016). Termos que geralmente se utiliza em outros ramos, como na Medicina, passaram a ser utilizados pela Engenharia Diagnóstica, uma vez que possuem grande relação entre os objetivos de estudos das disciplinas citadas. No Quadro 01 são mostrados alguns dos termos mais usuais, assim como os respectivos conceitos relacionado a Engenharia:

Quadro 01: Termos utilizados na Engenharia Diagnóstica similares na Medicina.

TERMO	DEFINIÇÃO
Diagnóstico técnico da edificação	Caracterização e indicação das anomalias construtivas e falhas de manutenção, através de auditorias, ensaios de laboratórios e perícias.
Prognóstico técnico da edificação	Indicação dos acontecimentos que estão para ocorrer (evolução) das anomalias construtivas e falhas de manutenção, conforme a prescrição da consultoria.
Prescrição técnica da edificação	Indicação das ações reparadoras das anomalias construtivas e falhas de manutenção.
Sintomatologia técnica da edificação	Apurações e investigações dos sintomas e condições físicas das anomalias construtivas e falhas de manutenção.
Etiologia técnica da edificação	Caracterização dos efeitos, origens, causas, mecanismos de ação, agentes e fatores de agravamento das anomalias construtivas e falhas de manutenção.
Terapêutica da edificação	Estudo das atividades reparadoras das anomalias construtivas e falhas de manutenção.

Fonte: Gomide et al. (2015).

O Instituto de Engenharia de São Paulo - IE/SP (2014) em conformidade com Gomide, et al., (2009) enumeram cinco ferramentas da Engenharia Diagnóstica, são elas:

- vistoria: que é a constatação técnica de determinado fato, condição ou direito relativo a uma estrutura de edificação;
- inspeção: que é análise técnica de determinado fato, condição ou direito relativo a um edifício, com base em informações genéricas e interpretação baseada na experiência do engenheiro diagnóstico;
- auditoria: É a declaração técnico de conformidade, ou não, de um fato, condição ou direito relativo a um edifício;
- perícia: É a apuração técnica da origem, causa e mecanismo de ação de um fato, condição ou direito relativo a um edifício;

- consultoria: É o prognóstico e a prescrição técnica a respeito de um fato, condição ou direito relativo a um edifício; (IE/SP, 2014).

Segundo Holanda (2009), a análise em estruturas de concreto é fundamental nos processos construtivos seja ela, provenientes de projeto, construção ou utilização, além de dos conhecimentos dos mecanismos e formas de deterioração do concreto, possibilitando o restabelecimento das condições originais das estruturas danificadas (recuperação) ou promovendo adequações da capacidade resistente das estruturas em função do uso (reforço).

Um estudo de caso realizado por Melo & Santos & Silva (2009), objetivou analisar patologias em canais abertos e galerias, revestidos em concreto, dentro do ambiente urbano da cidade de Belo Horizonte. O levantamento destas patologias foi obtido por meio de vistorias em obras hidráulicas do sistema de macrodrenagem.

A metodologia do trabalho citado baseou-se na realização de vistorias em dois pontos distintos, onde as patologias foram identificadas por meio de fotografias e anotações. O resultado obtido pelos autores mostrou diversas ocorrências de anomalias, como desgaste do concreto por abrasão, devido o fluxo de água e esgoto e conseqüentemente substâncias tóxicas.

Outros problemas relacionados a estrutura dos canais estavam relacionados com a durabilidade da estrutura, com cobertura insuficiente. Após a perícia e o diagnóstico desses problemas, os autores apresentam soluções de tratamento e melhorias desses sistemas. Vale ressaltar o uso da Engenharia Diagnóstica nesse caso, uma vez que o processo de vistoria e perícia são etapas fundamentais no processo de identificação das patologias em obras de infraestrutura.

Existem metodologias que se utilizam que visam sistematizar o processo de vistoria e diagnóstico de estruturas de concreto, assim como avaliar quantitativamente o grau de deterioração de uma obra.

Um exemplo desse tipo de metodologia é a GDE elaborada pelo programa de pós-graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília. Essa metodologia permite analisar e quantificar as manifestações dos danos a partir da avaliação quantitativa, visando dar criticidade em estruturas de concreto e definindo as prioridades de realização da manutenção dessas estruturas (Vilas Boas, et al., 2018).

Desenvolvida por Castro (1994), para quantificar o grau de deterioração em estruturas de concreto armado convencionais, evoluiu através de Lopes (1998), Boldo (2002), Fonseca (2007) e Verly (2015).

Após a aplicação do método, Castro (1994) ressaltou a necessidade de maiores aplicações para que novas formulações e parâmetros fossem utilizados. Então criou-se o caderno de inspeções, onde há uma maior abrangência da concepção dos danos de maior ocorrência para cada família de elementos e propõe valores para determinar os Fatores de intensidade do dano (Fi).

A metodologia de Castro (1994) logo ganhou uma nova elaboração devida possíveis resultados desconexos em suas aplicações, e com isso, Lopes (1998) modificou o método em uma nova fórmula do grau de deterioração do elemento (Gde). Boldo (2002) também utilizou o mesmo princípio de Lopes (1998) para avaliar o grau de deterioração da família (Gdf), em edificações de diferentes ocupações, alterando sua denominação para Inspeção para Estruturas de Concreto.

Assim, sucessivamente, Fonseca (2007) utilizou a metodologia GDE/UnB buscando avaliar o grau de deterioração de estruturas de concreto armado e apresentou adaptações, indicando alterações nas formulações dos cálculos do Grau de deterioração da família (Gdf) e do Grau do Dano (D), além disso, apresentou uma alteração nos tipos mais frequentes de dano.

Do mesmo modo, Euqueres (2011) utilizou e efetuou adaptações a metodologia, com adequações às estruturas de pontes em relação às estruturas de edificações com base na metodologia utilizada por Fonseca (2007), para as inspeções e análises, mediante o documento de referência, e semelhante a Boldo (2002), o documento recebeu alteração na sua denominação para Roteiro de Inspeções para Estruturas e Pontes de Concreto Armado. E posteriormente, também foi utilizada e aplicada por Verly (2015), em estruturas de viadutos com as devidas alterações específicas, além disso, ele também criou o Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB a Obras de Arte Especiais, propondo modificações na formulação do grau de deterioração da estrutura (Gd).

Logo, a metodologia GDE/UnB, pode ser utilizada e aplicada em edificações com diferentes tipos de estruturas, por meio de inspeções e análises, avaliando tanto os elementos estruturais isoladamente, quanto o edifício como um todo, através dos resultados obtidos, como base para diversos métodos de avaliação. Além do mais, pode ser utilizada como ferramenta para gerir atividades de manutenção corretiva, permitindo indicar os elementos que possuem falhas com maior gravidade e/ou urgência, facilitando tomada de decisão, no âmbito técnico-financeiro das intervenções.

De modo geral, para a engenharia diagnóstica, as “espécies de perícias” são consideradas como os procedimentos técnicos investigativos, que são classificados pela

sua progressividade. São consideradas aqui como ferramentas diagnósticas e, no que lhe concerne, representadas pelas vistorias, inspeções, auditorias, perícias e consultorias (Tollini, et al., 2016).

6. Metodologia de Diagnóstico/Caracterização de Sistemas de Drenagem

Para fins de diagnósticos ou caracterização de sistemas de drenagem, foram citados alguns dos métodos mais comuns de serem utilizados devido a sua facilidade de aplicação, permitindo a identificação dos aspectos a serem corrigidos de forma mais eficiente, assim podendo ter um planejamento das ações para a intervenção nos sistemas.

No Quadro 02 seguir são expostos alguns dos métodos usuais a fim de caracterizar ou diagnosticar os sistemas de drenagem urbana:

Quadro 2: Metodologias de caracterização/diagnóstico de sistemas de drenagem urbana

METODOLOGIAS PARA CARACTERIZAÇÃO/DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA				
METODOLOGIA	OBJETIVO DO MÉTODO	OBJETIVO DO TRABALHO	APLICAÇÃO DO MÉTODO	REFERÊNCIA
1. Levantamento Bibliográfico; 2) Visita em Campo; 3) Registro Fotográfico;	Caracterizar e diagnosticar principais problemas relacionados ao sistema de drenagem pluvial.	Fornecimento de subsídios para caracterização e diagnóstico técnico de sistema de drenagem pluvial em bacias hidrográficas.	Microbacia do Córrego Quarta-Feira, Cuiabá - MT	Moraes & Silva, (2019)
Aplicação de formulário	Classificação do sistema de drenagem em categorias como: péssimo, insuficiente, regular, bom e ótimo.	Diagnosticar os problemas e identificar as carências dos serviços de drenagem urbana.	Município de Manaus - AM, em seis zonas da cidade.	Oliveira & Araújo, (2017)
Listagens de controle escalares de Avaliação de Impacto Ambiental - AIA	Diagnosticar e hierarquizar os problemas relativos à drenagem urbana.	Apontar os principais problemas de drenagem, sendo eles: Alagamentos frequentes; Ocorrência de processos erosivos; Poluição das praias por ligações clandestinas de esgoto; Canalização com impermeabilização de cursos d'água.	Zona costeira Sul do Estado da Paraíba.	Silva, et al., (2008)

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Para esse tipo de problemática onde, através do diagnóstico de sistemas de drenagem por meio das metodologias citadas, é possível planejar medidas de minimização dos principais problemas, assim como implementar outras ferramentas que auxiliem em um diagnóstico mais eficiente, como a implementação de Plano Diretores, que tem como objetivo definir diretrizes básicas para expansão urbana, uso e ocupação do solo urbano, e implantação de infraestrutura urbana.

De acordo com Moraes & Silva (2019), no que diz respeito sobre o controle de alagamentos e inundações, faz-se importante a elaboração de programas de manutenção do sistema de drenagem, sendo integrado a um trabalho de educação ambiental junto à população, evitando o lançamento irregular de resíduos sólidos, prevenindo contra entupimentos, além de minimizar os risco de contaminação e alteração da qualidade da água.

7. Metodologia de Avaliação de Sistemas de Drenagem

No que diz respeito sobre a seleção de processos e medidas para controle e mitigação de inundações e eficiência da drenagem urbana, é usual a utilização de metodologias de auxílio a decisão, principalmente porque esses métodos podem simplificar a análise com múltiplos critérios, objetivos e interesses (Mendonça & Souza, 2019).

Trabalhos como o de Artina, et al., (2005), pode ser citado como exemplo de utilização de metodologia de indicadores de desempenho para analisar a eficiência de sistemas de drenagem pluvial, por meio de programa computacional que avalia o desempenho de sistemas de drenagem em função do impacto produzido. O Quadro 3 exemplifica algumas das metodologias mais utilizadas ao longo dos anos para avaliar sistemas de drenagem urbana, assim como avaliar a eficiência e o desempenhos desses sistemas:

Quadro 3: Metodologia de avaliação de sistema de drenagem urbana

METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE SISTEMA DE DRENAGEM URBANA				
METODOLOGIA	OBJETIVO DO MÉTODO	OBJETIVO DO TRABALHO	APLICAÇÃO DO MÉTODO	REFERÊNCIA

<p>ELECTRE III Bernard, 1960</p>	<p>Comparação de cada duas ações a partir de uma relação chamada de sobreclassificação, com a utilização de pseudocritérios, tendo como resultado da análise uma classificação difusa das alternativas.</p>	<p>Avaliação de sistemas de drenagem por meio de comparação global das alternativas de projetos de sistemas de drenagem urbana, através do uso de indicadores como parâmetros de comparação e critérios de avaliação de alternativas.</p>	<p>Aplicado em projetos de drenagem com diferentes alternativas e utilização de sistemas clássico e alternativo. Regiões de aplicação: Loteamento na Região Metropolitana de Belo Horizonte; Sub-bacia da bacia do córrego Vaca Brava - Goiânia; Technopolis, Bordeaux - França.</p>	<p>Castro, et al., (2004)</p>
		<p>Avaliação do desempenho de sistemas de drenagem urbana, suscetível de contribuir para a tomada de decisão por parte de gestores, assim como propor objetivos, critérios de avaliação e de indicadores de desempenho.</p>	<p>Aplicado na Região Integrada de Desenvolvimento Econômico no Distrito Federal (RIDE - DF), onde foram escolhidos cinco municípios de forma que se pudesse ter uma amostragem representativa dos tipos de sistemas municipais de drenagem.</p>	<p>Novaes, 2016</p>
<p>ELECTRE-TRI Yu & Roy, 1960</p>	<p>Propor suporte ao tratamento de problemas que se deseja designar um conjunto ordenado de categorias pré estabelecidas, configuradas com base em múltiplos critérios.</p>	<p>Desenvolvimento de metodologia para avaliação do desempenho de sistemas de drenagem urbana por meio da seleção de critérios (legal, econômica, ambiental, social, sustentabilidade, técnica) e utilização de categorias de mensuração do desempenho, sendo classificado em "excelente" ,</p>	<p>Aplicado na Região do Córrego Vaca Brava - Goiânia (GO) - mesma região estudada por CASTRO et al. (2004) - considerando 3 cenários distintos.</p>	<p>Mendonça & Souza, 2019</p>

		"muito boa", "boa", "regular", "ruim" e "muito ruim".		
TOPSIS Hwang & Yoon, 1991	A metodologia TOPSIS é uma evolução do método de programação de Compromisso, pois ele permite a avaliação de alternativas com relação não somente a uma solução ideal, mas em relação a duas soluções a mesmo tempo, uma ideal e outra anti-ideal.	Desenvolvimento de metodologia para avaliação do desempenho de sistemas de drenagem urbana por meio da seleção de critérios (legal, econômica, ambiental, social, sustentabilidade, técnica) e utilização de categorias de mensuração do desempenho, sendo classificado em "excelente", "muito boa", "boa", "regular", "ruim" e "muito ruim".	Aplicado na Região do Córrego Vaca Brava - Goiânia (GO) - mesma região estudada por CASTRO et al. (2004) - considerando 3 cenários distintos.	Mendonça & Souza, (2019)
Programação de Compromisso Zeleny, 1973	Identificação de soluções não-dominadas ou as mais próximas de uma solução ideal, por meio do emprego de uma medida chamada de grau de proximidade.	Avaliação de sistemas de drenagem por meio de comparação global das alternativas de projetos de sistemas de drenagem urbana, através do uso de indicadores como parâmetros de comparação e critérios de avaliação de alternativas.	Aplicado em projetos de drenagem com diferentes alternativas e utilização de sistemas clássico e alternativo. Regiões de aplicação: Loteamento na Região Metropolitana de Belo Horizonte; Sub-bacia da bacia do córrego Vaca Brava - Goiânia; Technopolis, Bordeaux - França.	Castro, et al., (2004)

Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS) Silva et al, 2004	Metodologia que adiciona componentes socioambientais e institucionais na elaboração de planos de drenagem urbana de águas pluviais ao Plano de saneamento do município de Alagoinhas - BA, o que enfoque ambiental aos problemas de drenagem.	Avaliar a fragilidade de Bacia hidrográfica por meio do IFS sob o sistema de drenagem pluvial urbana, se atentando a: i) identificar os elementos e as possíveis falhas de micro e macrodrenagem por meio de registro fotográfico e ii) adaptar, aplicar e avaliar os IFS para obter o grau de fragilidade da drenagem pluvial estudada.	Bacia Hidrográfica do córrego das Melancias - Montes Claros - MG	Santos Junior, (2014)
--	---	--	--	-----------------------

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

É de suma importância que todo e qualquer processo de decisão todos os participantes tenham participação ativa, contribuindo com suas opiniões sobre os diversos critérios utilizados. Cada método de decisão e de avaliação apoia-se em diferentes convicções, devido às funções distintas no processo, ou sistemas de valores, encontrando dificuldades em um consenso ou um compromisso entre eles (CASTRO et al. 2004).

Os processos de avaliação consistem na escolha de alternativas de ações onde se faça comparações por meio dos métodos apropriados escolhidos, a fim de que se faça ponderação das perdas e ganhos, vantagens e desvantagens, de cada método em relação aos objetivos definidos previamente.

8. Considerações Finais

Ainda existem dificuldades para tornar possível uma padronização quanto aos métodos de diagnóstico para sistemas de drenagem, visto que não se pode encontrar muitas maneiras de se obter um eficiente diagnóstico ou caracterização nesses sistemas. Porém, para os métodos de avaliação podemos encontrar diversos modelos de aplicação e avaliação, sendo esse tipo de método mais abrangente em diversos estudos apresentado neste trabalho.

Mesmo com a falta de referências suficiente no que diz respeito sobre as metodologias de diagnóstico, a sua aplicação é mais fácil, de forma que se pode obter resultados mais diretos e específicos em sua utilização. Para os métodos de avaliação,

alguns podem apresentar certa dificuldade tanto na compreensão quanto na sua utilização, uma vez que determinados métodos exigem um conhecimento mais específico. Os métodos apresentados são aplicados em basicamente a toda rede do sistema de drenagem urbana, principalmente nas obras de macrodrenagem onde usualmente são aplicados a maioria dessas metodologias.

Considerando as dificuldades de se encontrar uma metodologia padrão ou mais usual, tanto para caracterização de rede de drenagem, bem como para sua avaliação, é possível perceber que ainda existe uma grande necessidade de desenvolvimento ou aperfeiçoamento de tais metodologias. Percebe-se que o assunto não tem sido muito discutido atualmente, o que gera uma grande necessidade de estudos mais amplos sobre tema.

Referências

ABNT NBR 15645, de 08 de dezembro de 2008. Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT NBR 12266, de 30 de abril de 1992. Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água esgoto ou drenagem urbana - Procedimento - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT NBR 9061, de 30 de setembro de 1985. Segurança de escavação a céu aberto - Procedimento - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT NBR 9814, de 30 de maio de 1987. Execução de rede coletora de esgoto sanitário - Procedimento - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

American Psychiatric Association (2012). *Manual de publicação da APA: American Psychological Association*. (6a ed., D. Bueno, Trad.). Porto Alegre: Penso.

Araújo, D. C. D. (2016). Metodologia para apoio à decisão na gestão das águas pluviais urbanas combinando métodos multicriterial e multidecisor. Tese de Doutorado na área de Engenharia Civil. Pernambuco.

Artina, S., Becciu, G., Maglionico, M., Paoletti, A., Sanfilippo, U. (2005). Performance indicators for the efficiency analysis of urban drainage systems. *Water Science and Technology*, 51(2), 109-118.

Azevedo Netto, J. M. D., Fernández, M. F. (2015). *Manual de Hidráulica*, São Paulo: Blucher.

Boldo, P. (2002). *Análise Quantitativa de Estruturas de Concreto Armado de Edificações no Âmbito do Exército Brasileiro* (Dissertação de Mestrado). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

Borges, V.V. (2004). *Drenagem urbana*. Acesso em: 16 jan. 2020.

Botelho, L. L. R.; Cunha, C. C. de A.; Macedo, M. (2011). O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. *Gestão e Sociedade*, 11(5), 121-136. DOI: 10.21171/ges.v5i11.1220.

Castro, L. M. A., Baptista, M. B., Netto, O. M. C. (2004). Análise Multicritério para a Avaliação de Sistemas de Drenagem Urbana: Proposição de Indicadores e de Sistemática de Estudos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 4(9), 05-19.

Cánovas, M. F. (1988). *Patologia e terapia do concreto armado* (M. Celeste, Trad.). São Paulo: Pini.

Castro, E. K. (1994). *Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado* (Dissertação Mestrado em Estruturas). Departamento de Engenharia Civil. Universidade de Brasília, Brasília, DF.

Cosentino, L. T., Borges, M.M. (2016). Benefícios da captação de água pluvial para a gestão urbana de Recursos Hídricos. *SBE Series*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/311536519_Beneficios_da_captacao_de_agua_pluvia_l_para_a_gestao_urbana_de_recursos_hidricos.

Costa, M. A. (2008). *Reflexões sobre a política participativa das águas: o caso do CBH Velhas (MG)*. (Dissertação de Mestrado-Departamento de Geografia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

Diniz, C. M., Rangel, M. P., de Oliveira, M. B., Rostagno, P. V. (2016). Interferência das redes subterrâneas na qualidade da pavimentação urbana: comparativo Econômico entre alternativas de traçado. *Revista Interdisciplinar do Pensamento Científico*, 1 – 5.

DNIT (2005). Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem, 2a ed, Rio de Janeiro.

Einfalt, T.; Arnbjerg-Nielsen, K.; Golz, C.; Jensen, N.-E.; Quirmbach, M.; Vaes, G.; Vieux, B. (2015). Towards a roadmap for use of radar rainfall data in urban drainage. *Journal of Hydrology*, 186-202.

Euqueres, P. (2011). *Metodologia de inspeção em estruturas de pontes de concreto armado* (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Goiás, Goiania, GO, Brasil.

Fonseca, M. N.; Ferentz, L. M. S.; Garcias, C. M. (2019). Integração dos instrumentos de gestão municipal das águas pluviais frente aos alagamentos em centros urbanos paranaenses entre 1980-2018. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer*, 1-16.)

Fonseca, R. P. (2007). *A estrutura do Instituto Central de Ciências: Aspectos históricos, cinetíficos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e propostas de manutenção* (Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção civil). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

Ferreira, C.A., Moruzzi, R.B. (2017, novembro). Considerações sobre a plicação do telhado verde para captação de água de chuva em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis. IV Encontro Nacional e II Encontro Latino - Americano sobre edificações e comunidades sustentáveis. Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil, 4. Anais ELECS, v.1, 1027 - 1037.

Fuchs, B.E. (2011). *Desenvolvimento de um sistema de Cálculo automatizado para projetos em drenagem urbana* (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. (6. ed.) São Paulo: Atlas.

Guabiraba, D. K. D. (2019). Sistema de drenagem urbana: estudo de caso em um residencial de interesse social em Arapiraca–AL. *Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na área de Engenharia Civil*. Alagoas.

Gomide, T. L. F., Fagundes Neto, J. C. P., Gullo, M. A. (2015). *Engenharia Diagnóstica em edificações* (2a ed). São Paulo: Pini.

Hafner, A. V. (2007). *Conservação e Reúso de Água em Edificações – experiências nacionais e internacionais* (Dissertação de Mestrado). Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Hess, C., Rodrigues, N. A. P. (2014). Gestão da água em Stuttgart e em São Paulo. *Águas em Ambientes Urbanos*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Holanda, M. J. O. (2015). *Técnicas preventivas e de recuperação de estruturas de concreto* (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Estadual da Paraíba,

Houghtalen, A. J., Hwang, H. C., Akan, A. O. (2016). Engenharia Hidráulica (L. Teixeira, Trad.). São Paulo: Pearson.

Instituto de Engenharia de São Paulo (IE/SP) (2014). Diretrizes Técnicas de Engenharia Diagnóstica em Edificações.

Kamura, D. T. (2005). *Microdrenagem nas grandes cidades: problemas e soluções* (Doctoral dissertation, Dissertação (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) -EPUSP/SP, São Paulo)

Kobayashi, F. Y., Faggin, F. Chirinéia, M. L., Fernandes, M. (2008). Drenagem Urbana Sustentável. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001. Estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm

Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm

Lisboa, L. D. A. (2016). *Sistemas públicos de drenagem de águas residuais: Estudo comparativo entre o regulamento português e o brasileiro* (Dissertação de mestrado). Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, Portugal.

Lopes, B.A.R., (1998). *Sistema de manutenção estrutural para grandes estoques de edificações: Estudo para a inclusão do componente Estrutura de Concreto* (Dissertação de Mestrado), Universidade de Brasília, Brasília, DF.

Melo, V. S., Santos, H. A., Silva, A. P. (2009). Patologias em estruturas hidráulicas revestido de concreto. *Construindo*, 32-37.

Mendonça, E.C., Souza, M.A.A. 2019. A multi-objective and multicriteria methodology for performance evaluation of urban drainage systems. *Ingeniería del agua*, 23(2), 89-106. <https://doi.org/10.4995/Ia.2019.10214>

Michel, P. D. L.; Brandli, L.; Lopes I. C. (2013). Proposta para Gestão de Infraestrutura Urbana Integrada em Cidades de Pequeno Porte a Partir de um Estudo de Caso. *Revista CIATEC – UPF*, 12-28.

Miguez, M.G., Veról, A.P., Rezende, O.M. (2015). *Drenagem Urbana: Do Projeto Tradicional à Sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Elsevier.

Moraes, G. F., Silva, A. R. C. B. (2019). Metodologias de diagnóstico do sistema de drenagem pluvial aplicado a microbacia do córrego Quarta-Feira em Cuibá-MT. *E&S Engineering and Science*. 1(8), 79-94.

Mota, N. M. B. (2019). Projeto, execução e manutenção de edificações: sistemas construtivos e engenharia diagnóstica: estudos de caso.

Nogueira, S. (2015). *Ciência Proibida: As experiências científicas mais perigosas, assustadoras e cruéis já realizadas*. São Paulo: Abril.

Norma DNIT 030/2004 - ES, de 20 de abril de 2004. Drenagem - Dispositivos de drenagem pluvial urbana - Especificação de serviço.

Norma DNIT 020/2006 - ES, de 15 de agosto de 2006. Drenagem - meios-fios e guias - Especificação de serviço.

Norma DNIT 018/2006 - ES, de 15 de agosto de 2006. Drenagem - Sarjetas e Valas - Especificação de serviço.

Novaes, C. A. F. O. (2016). Desenvolvimento de Metodologia para Avaliação de Desempenho de Sistemas de Drenagem Urbana: Aplicação ao caso da RIDE-DF e entorno (*Dissertação de Mestrado*), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Brasília, Brasília, DF, Brasil.

Oliveira, L. M., Araújo, V. S. (2017). Proposta de um plano de manutenção para as ruas alagadas e inundadas na cidade de Manaus. *Congresso ABES FENASAN*, São Paulo, SP, Brasil.

Pagnoccheschi, B. (1997). A Política Nacional de Recursos Hídricos no cenário da integração das políticas públicas. *Interfaces da gestão de recursos hídricos, desafios da lei de águas de*, 31-57.

PMSP. Prefeitura do Município de São Paulo (1999). Diretrizes Básicas para projetos de Drenagem Urbana. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica.

PMSJC. Prefeitura Municipal de São José dos Campos (2010). Diretrizes de Macrodrenagem para loteamentos. São Paulo.

Santos Junior, V. J. (2014). Avaliação da fragilidade do sistema de drenagem pluvial urbana: o caso da bacia hidrográfica do córrego das Melancias em Montes Claros-MG. *Revista Monografias Ambientais*, 13(5), 3986-3997.

Santos, M. (2008). *Por uma Geografia Nova: Da Crítica da Geografia a uma Geografia Crítica* (6. ed.), São Paulo: Edusp.

Santos, M. (2013). *A urbanização brasileira*. (5. ed.), São Paulo: Edusp.

Sarabia F. (2013). *Ciclo Hidrológico*. Acesso em: 16 jan. 2020, em <http://www.imagui.com/a/ciclo-da-agua-TG6rGMzbn>.

Silva, T. C., Carvalho, M. B. M., Gadelha, C. L. M., Silva Júnior, W. R. (2008). Diagnóstico e Hierarquização de problemas de drenagem urbana da zona costeira sul do Estado da Paraíba. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 13(2), 144-152. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/250045300_Diagnostico_e_hierarquizacao_de_problemas_de_drenagem_urbana_da_zona_costeira_sul_do_estado_da_Paraiba. doi: 10.1590/S1413-41522008000200004

Souza, V.C.B. (2013). Gestão da drenagem urbana no Brasil: desafios para a sustentabilidade. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)*, 58-072.

Souza, C. F., Gonçalves, L. S., Goldenfum, J. A. (2007). Planejamento Integrado de Sistemas de Drenagem Urbana. Acesso em: 03/01/2020

Tonelli, G.H., Masini, L. S., Santos, L. R. (2017). *Hidrologia e Drenagem*. Londrina: Educacional S.A

Tsutiya, M. T., & Bueno, R. C. R. (2004). Contribuição de águas pluviais em sistemas de esgoto sanitário no Brasil. *Agua Latinoamérica*, 4(4), 20-25.

Tollini, H. T., Filho, S. A. C. (2016). *Proposta para padronização das ferramentas diagnósticas* (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

Tucci, C. E. M. (2008). Águas urbanas. *Estudos avançados*. Acesso em 22 de jan. 2020, em www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295.

Tucci, C. E. M.; Hespanhol, I.; Netto, O. de M. C. (2001). *Gestão da Água no Brasil*. 2. ed. Brasília: UNESCO.

Tucci, C. E. M., Bertoni, J. C. (2003) *Inundações Urbanas da América do Sul*. 1 ed. Porto Alegre, RS, Ed. Universidade / UFRGS: ABRH.

Tucci, C. E. M. (2015). *Hidrologia: ciência e aplicação*, 4a edição. Porto Alegre, editora da UFRGS/ABRH.

Verly, R. C., *Comparação das metodologias de inspeção em obras de arte especiais: GDE/UnB e DNIT* (2015). (Dissertação de mestrado). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

Vieira, Z.C., da Silva Junior, C.G. & Ribeiro, S.N., (2015, dezembro). *Uso de Telhados Verdes em edificações de Aracaju para redução do escoamento superficial*. Congresso Internacional Gestão da Água e Monitoramento Ambiental, Aracaju, SE, Brasil, 2.

Vilas Boas, E. L. B., V. P., Silva, R.C., Alves, T. A. S., Costa, Y. R., Nascimento, M. L. M., Ferreira, S. G. (2018, setembro). *Aplicação de metodologia GDE/UnB em uma edificação habitacional: estudo de caso*. *Anais do Congresso Brasileiro do Concreto*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 60.

Volschan, I. Tsutya, M.T., Martins, R. H. O., Yazaki, L. F. O. (2009). *Ensaio Sistema Unitário x Sistema Separador Absoluto*. *Revista DAE*. 40-43.

y Fernández, M. F., & Netto, A. (2015). *Manual de hidráulica*. São Paulo: Blucher

Yano, A., Barros, H. C., Coler, K. M., Miranda, M. Z. C., Ormonde, V. S. S., Soares, A. K. (2011). *Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Maceió, AL, Brasil, 19.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Geovane da Silva Teixeira – 20%

Rodrigo Silvano Silva Rodrigues – 20%

Diêgo Lima Crispim – 20%

Lindemberg Lima Fernandes – 20%

Germana Menescal Bittencourt – 20%