



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO ARAGUAIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

PEDRO AUGUSTO BARROS PINHO

**GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS: UM DIAGNÓSTICO DOS DISPOSITIVOS
DE MICRODRENAGEM DA AVENIDA MINISTRO JOÃO ALBERTO NA CIDADE
DE ARAGARÇAS-GO**

Barra do Garças

2019

PEDRO AUGUSTO BARROS PINHO

**GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS: UM DIAGNÓSTICO DOS DISPOSITIVOS
DE MICRODRENAGEM DA AVENIDA MINISTRO JOÃO ALBERTO NA CIDADE
DE ARAGARÇAS-GO**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário do Araguaia, como parte das exigências para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.º Esp. Jéssica Nathália Florêncio Zampieri

Barra do Garças

2019

**ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DO
TRABALHO DE CURSO DO CURSO DE GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA CIVIL**

ALUNO(A): PEDRO AUGUSTO BARROS PINHO

Aos seis dias do mês de agosto do ano de dois mil e dezenove, às dezenove horas, na Sala 220, do Campus Universitário do Araguaia - UFMT na cidade de Barra do Garças, foi realizada a sessão pública de apresentação e defesa do Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) PEDRO AUGUSTO BARROS PINHO. A banca foi composta pelos seguintes professores: orientadora Prof.^a **Especialista Jéssica Nathália Florêncio Zampieri**, Prof. **Iury Bispo dos Santos** e Prof.^a **Deise Possati**. O Trabalho de Curso tem como título: **GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS: UM DIAGNÓSTICO DOS DISPOSITIVOS DE MICRODRENAGEM DA AVENIDA MINISTRO JOÃO ALBERTO NA CIDADE DE ARAGARÇAS-GO**. Após explanação no prazo regulamentar o(a) aluno(a) foi interrogado pelos componentes da banca. Terminada a etapa, os membros, de forma confidencial avaliaram o(a) aluno(a) e conferiram o(a) mesmo(a) o seguinte resultado Aprovado, proclamado pelo presidente da sessão. Dados por encerrados os trabalhos, lavrou-se a presente Ata, que será assinada pela banca e pelo(a) aluno(a).

Barra do Garças, 06 de agosto de 2019.

Aluno(a): Pedro Augusto B. Pinho

Banca:

Jéssica N. F. Zampieri
Prof.^a Especialista Jéssica Nathália Florêncio (orientadora)
Universidade Federal de Mato Grosso

Iury B. dos Santos
Prof. Iury Bispo dos Santos (membro)
Universidade Federal de Mato Grosso

Deise Possati
Prof.^a Deise Possati. (membro)
Universidade Federal de Mato Grosso

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

P654g Pinho, Pedro Augusto.
GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS: UM DIAGNÓSTICO DOS
DISPOSITIVOS DE MICRODRENAGEM DA AVENIDA MINISTRO
JOÃO ALBERTO NA CIDADE DE ARAGARÇAS-GO / Pedro Augusto
Pinho. -- 2019
64 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Jéssica Nathália Florêncio Zampieri.
TCC (graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Mato
Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Barra do Garças, 2019.
Inclui bibliografia.

1. Urbanização. 2. Inundações. 3. Enchentes. 4. Sistemas de drenagem.
5. Microdrenagem. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

RESUMO

Com a urbanização ocorrendo de forma abrupta e crescente aliada a redução demasiada de áreas permeáveis, tem-se o aumento da velocidade de escoamento superficial. Por este motivo, se faz necessário um sistema de drenagem eficiente, para evitar, contornar e amenizar a possibilidade de ocorrência de enchentes ou inundações. Nessa vertente, a presente pesquisa tem o objetivo de verificar os efeitos da urbanização no sistema de drenagem instalado na via dentro do perímetro entre os pontos delimitados da avenida Ministro João Alberto na cidade de Aragarças-GO, produzindo um diagnóstico do atual desempenho dos dispositivos deste sistema. Para tal, foi realizada a partir de uma metodologia aplicada e explicativa a caracterização e quantificação dos dispositivos que compõem o atual sistema de drenagem, a fim de capacitar a compreensão da situação em que os dispositivos se encontram. Por consequência, possibilitou-se compreender que o estado de fragilidade em que o sistema de drenagem se encontra, de fato é resultado dos efeitos do processo de urbanização acelerado, que diretamente culmina em um cenário crítico, pois 68,84% de metros lineares da via não possui sarjetas, danificando 86% das bocas-de-lobo. O dimensionamento atual também é insuficiente para a via, e os dispositivos de sarjetas, meio-fio e calçadas presentes no sistema ainda apresentam danificações ao longo do percurso. Logo o diagnóstico concluído da via é que o atual sistema está em situação crítica, tendo como necessidade um processo de redimensionamento.

Palavras-chave: Urbanização, Inundações, Enchentes, Sistemas de drenagem, Microdrenagem, Dispositivos de drenagem.

ABSTRACT

With the urbanization occurring in an abrupt and growing way allied with the reduction of too many permeable areas, we have an increase in the velocity of surface flow. For this reason, an efficient drainage system is necessary to prevent, bypass and minimize the possibility of inundation or flooding. In this aspect, the present research has the objective of verifying the effects of urbanization in the drainage system installed on the road within the perimeter between the bounded points of the Avenida João Alberto avenue in the city of Aragarças-GO, producing a diagnosis of the current performance of the devices of this system. For that, it was carried out from an applied methodology and explanatory the characterization and quantification of the devices that compose the current drainage system, in order to enable the understanding of the situation in which the devices meet. Consequently, it was possible to understand that the fragility state in which the drainage system is located is in fact the result of the effects of the accelerated urbanization process, which directly culminates in a critical scenario, since 68.84% of the linear meters of the has no gutters, damaging 86% of the gratins. The current sizing is also insufficient for the road, and the gutter, curb and sidewall devices present in the system are still damaged along the way. Therefore, the completed diagnosis of the pathway is that the current system is in a critical situation, requiring a process of resizing.

Keywords: Urbanization, Inundation, Floods, Drainage systems, Microdrainage, Drainage devices.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Antes e depois da Praça Cívica na capital Goiânia - GO.....	15
Figura 2 – Diferença entre Enchente e Inundação.....	18
Figura 3 – Características dos leitos do rio.....	18
Figura 4 – Tipos de meios-fios.....	27
Figura 5 – Esquema de divisão das calçadas da Cidade de São Paulo.....	28
Figura 6 – Sarjeta triangular de concreto.....	29
Figura 7 – Esquema transversal de uma valeta.....	30
Figura 8 – Tipos de boca de lobo.....	31
Figura 9 – Galeria de reforço em execução.....	32
Figura 10 – Modelo esquemático de um poço de visita.....	33
Figura 11 – Obra de macrodrenagem das bacias dos Ribeirões Onça e Arrudas....	34
Figura 12 – Poço de infiltração.....	36
Figura 13 – Seção transversal de um pavimento permeável.....	36
Figura 14 – Desenvolvimento metodológico.....	39
Figura 15 – Mapa do trecho analisado.....	40
Figura 16 – Distribuição da pista da via.....	42
Figura 17 – Mapa do perímetro analisado.....	43
Figura 18 – Medição das dimensões das boca-de-lobo.....	44
Figura 19 – Medição das dimensões das sarjetas.....	46
Figura 20 – Sedimentos sólidos nas sarjetas.....	47
Figura 21 – Fundo da escola com calçada de concreto irregular.....	48
Figura 22 – Meios fios em condições adversas.....	48
Figura 23 – Acumulo de água e resíduos sólidos nas sarjetas.....	49
Figura 24 – Danos nos pavimentos decorrentes de acumulo de água.....	50
Figura 25 – Ausência de dispositivos.....	50
Figura 26 – Estado das bocas-de-lobo.....	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Conceitos para definir inundação e enchentes.....	17
Quadro 2 – Principais danos decorrentes de inundações em áreas urbanas.....	19
Quadro 3 – Fases do desenvolvimento dos sistemas de drenagem.....	24
Quadro 4 – Espaçamento dos poços de visita em m.....	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução da urbanização no Brasil.....	14
Gráfico 2 – Evolução da urbanização em Goiânia.....	15
Gráfico 3 – Frequência anual dos registros de inundações no Brasil.....	20
Gráfico 4 – Metros lineares de sarjetas.....	51
Gráfico 5 – Situação de obstrução das bocas-de-lobo.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela tipo para dispor os dados das bocas-de-lobo e Meio fio.....	43
Tabela 2 – Tabela tipo reunindo os dados das sarjetas e meios fios nas quadras....	45
Tabela 3 – Tabela tipo para reunir os dados das sarjetas e meios fios dos canteiros centrais.....	45

LISTA DE SIGLAS

Av. – Avenida.

BL – Boca de lobo.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica.

NBR – Norma Brasileira.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	9
2.	OBJETIVOS.....	11
2.1.	OBJETIVO GERAL.....	11
2.2.	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	11
3.	JUSTIFICATIVA.....	12
4.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
4.1.	IMPACTOS DA CRESCENTE URBANIZAÇÃO.....	14
4.2.	ENCHENTES E INUNDAÇÕES.....	16
4.3.	SISTEMAS DE DRENAGEM.....	21
4.3.1.	Contexto da drenagem urbana.....	22
4.3.2.	Histórico da drenagem urbana.....	22
4.3.3.	Sistemas convencionais.....	25
4.3.3.1.	<i>Microdrenagem.....</i>	25
4.3.3.1.1.	Meio fio.....	28
4.3.3.1.2.	Calçadas.....	29
4.3.3.1.3.	Sarjetas.....	29
4.3.3.1.4.	Valetas.....	20
4.3.3.1.5.	Boca-de-lobo.....	31
4.3.3.1.6.	Galerias.....	32
4.3.3.1.7.	Poços de visita.....	32
4.3.3.2.	<i>Macrodrenagem.....</i>	34
4.3.4.	Sistemas compensatórios.....	35
5.	METODOLOGIA.....	38
5.1.	CARACTERIZAÇÃO DA VIA.....	40
5.1.1.	Caracterização dos dispositivos de drenagem.....	42
5.1.2.	Funcionamento dos dispositivos de drenagem.....	43
6.	DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	47
7.	CONCLUSÃO.....	55
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
	APÊNDICE A – Dados coletados das sarjetas e meios-fios.....	61
	APÊNDICE B – Dados coletados das bocas-de-lobo.....	64

1. INTRODUÇÃO

A formação do espaço social no Brasil ao decorrer do seu contexto histórico, é resultado de um processo de urbanização a partir da década de 60, onde é notável a transformação da população rural em urbana. O aumento demasiado da população em espaços urbanos, produzem um aumento de áreas impermeabilizadas, Pompêo (2000), diz que esse processo é decorrente do excessivo parcelamento do solo, e Tucci (1997) frisa que ocorre através de obras de engenharia como telhados, ruas, calçadas, pátios, que por fim acarretam em possíveis problemas para a população nas cidades.

No Brasil, o cenário devido a urbanização, como dito por Souza et al (2007), apresenta grande concentração populacional em pequenas áreas com deficiências nos sistemas de infraestrutura, apresentando deficiência no sistema de transporte, ausência de saneamento básico, poluição do ar e da água e um quadro crescente de eventos extremos.

O cenário resultado da nova organização das cidades predominante em urbano aliado a baixa ou até mesmo falta de infraestrutura, influência diretamente nos sistemas de drenagem, o que de acordo com Tucci (1997), devido ao aumento da impermeabilização das superfícies, ocorre um aumento das vazões máximas, que por sua vez acarreta em velocidades de escoamento superficial maiores. De forma que o resultado é uma maior demanda para os dispositivos do sistema de drenagem.

Os principais problemas gerados pela urbanização descontrolada associados a fenômenos naturais, de acordo com os dados do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED/UFSC, 2013), indicam que as inundações e alagamentos são os fenômenos mais recorrentes do país. A inundação sendo um dos principais danos a população, é definida pela Secretaria Nacional de Defesa Civil (2013), como a submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas.

Não distante desse cenário, o município de Aragarças – GO, desde a sua fundação na década 60, tinha principalmente população urbana. Os dados dos censos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) mostram que na década de 60 a população era de 3110 habitantes, das quais 2311 estavam residindo em cidades, o que representava 74%, já em 2010, a população urbana era de 17.625 habitantes de um total de 18.310, equivalendo a 96% delas.

No tocante a essa questão, a partir dos dados e argumentos abordados, o estudo realizado terá como principal objeto de análise os efeitos do processo de urbanização no desenvolvimento e estado atual do sistema de drenagem do município. Sob essa perspectiva, o atual sistema de microdrenagem é suficiente para atender a atual necessidade e futura do município?

A partir desta interrogativa, baseada em algumas hipóteses, o presente estudo busca fundamentar uma análise, partindo das consequências geradas nos componentes do sistema de drenagem, resultado do aumento populacional nas zonas urbanas aliado ao processo de impermeabilização do solo. Também procura verificar o estado dos dispositivos, que podem estar em situação de fragilidade, como obstrução de sarjetas ou bocas de lobo. Por fim, sobre preceitos de normativas e leis, busca-se diagnosticar o correto funcionamento dos dispositivos, para verificar a possibilidade de ocorrência dos possíveis transtornos inerentes em períodos chuvosos, como enchentes e alagamentos.

No capítulo 4.1, é apresentado a definição do processo de urbanização, contextualizando a alteração no espaço físico das cidades, destacando que sua ocorrência acelerada acarrete em impactos nas infraestruturas.

No capítulo 4.2, é apresentado as consequências causadas pela abrupta urbanização vinculada ao aumento das taxas de impermeabilização do solo, definições de enchentes e inundações e impactos gerados a população.

No capítulo 4.3, é contextualizado a evolução e concepção dos sistemas de drenagem, caracterizando de forma sistemática cada elemento que compõem o sistema de drenagem tradicional, fato esse que potencializa a importância deste capítulo, já que este sistema é o instalado na via estudada. Por fim, meios alternativos de caráter compensatórios são definidos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Diagnosticar as condições de funcionalidade dos dispositivos do sistema de microdrenagem da avenida Ministro João Alberto no município de Aragarças – GO.

2.2 Objetivo específico

- Discutir o resultado do aumento populacional nas zonas urbanas aliado ao processo de impermeabilização do solo acarreta em danos no sistema de drenagem;
- Levantar e quantificar os dispositivos de microdrenagem do município em questão;
- Diagnosticar o correto funcionamento e dimensionamento dos dispositivos de microdrenagem sob a luz de normativas e leis vigentes.

3. JUSTIFICATIVA

O crescimento da população brasileira ocorre veemente nas últimas décadas. De acordo com os censos do IBGE, no ano de 1872, registrou-se 9.930.478 habitantes; em 1970, existia mais de 90 milhões. Depois de quatro décadas, o registro é de 191.755.799 habitantes (IBGE, 2010). Outro registro, do censo de 2010, é que 84% da população brasileira está vivendo em áreas urbanas, de modo a entender que o crescimento demográfico aconteceu juntamente com o processo de urbanização acelerado.

O aumento demasiado da população, e concentração geográfica nas cidades devido a urbanização geram problemas relacionados a infraestrutura. Tais problemas são agravados em relação a abordagem acerca da drenagem urbana. De acordo com Canholi (2014), durante muitos anos, tanto no Brasil como em outros países, a drenagem urbana foi abordada de maneira acessória, no contexto do parcelamento do solo para usos urbanos, e não de forma preponderante.

A impermeabilização como fruto do desenvolvimento urbano, segundo Tucci (2007), ocorre através de telhados, ruas, calçadas, pátios, entre outros, de maneira que a parcela da água que infiltrava o solo, passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial.

O aumento das vazões máximas pela ausência ou insuficiência de superfícies permeáveis refletem em danos acumulativos. Em seu estudo Tucci e Collischonn (2000) dizem que a geração de problemas está interligada quanto aos impactos indesejáveis sobre a sociedade.

Os autores ainda afirmam que as enchentes aumentam de frequência não só pelo aumento da vazão, mas também pela redução da capacidade de escoamento provocada pelo assoreamento dos condutos e canais, gerando assim transporte de material sólido para leitos, e recursos hídricos naturais.

Esse cenário precário, resultado da baixa infraestrutura aliada aos problemas de escoamento é realidade para mais de 8 milhões de pessoas no Brasil, que vivem em áreas com risco potencial de enchentes e deslizamentos de terra (IBGE, 2010). O panorama dessa realidade é exemplificado com os registros de alagamentos, que no país tem ocorrido com maior frequência nos últimos anos, passando de uma média de 4,5 eventos/ano, entre 1991 e 2001, para uma média de 42 eventos/ano entre 2002 a 2012 (CEPED/UFSC, 2013).

Toda a carência acerbadada descrita causada pelas inundações, geram danos nos mais diferentes locais de uma cidade. Canholi (2014) elenca como espaços geralmente atingidos o tráfego, às propriedades em geral, moradias e ao comércio.

Nos aspectos legislativos, a União é responsável de acordo com o artigo 21, inciso XVIII da Constituição Federal/88, de planejar e promover a defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e as inundações (BRASIL, 1988).

Assim registrado, o manejo das águas pluviais e seus sistemas são de responsabilidades governamentais a partir de ações públicas, das quais devem ser realizadas de forma responsável.

Desta forma, acerca do assunto citado, entende-se que se faz necessário o estudo do atual sistema de drenagem, para a identificação dos seus dispositivos, diagnosticando se o mesmo está adequado para realização do serviço, afim de garantir que seja realizada com eficiência a drenagem da demanda de águas pluviais na cidade de Aragarças – GO.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

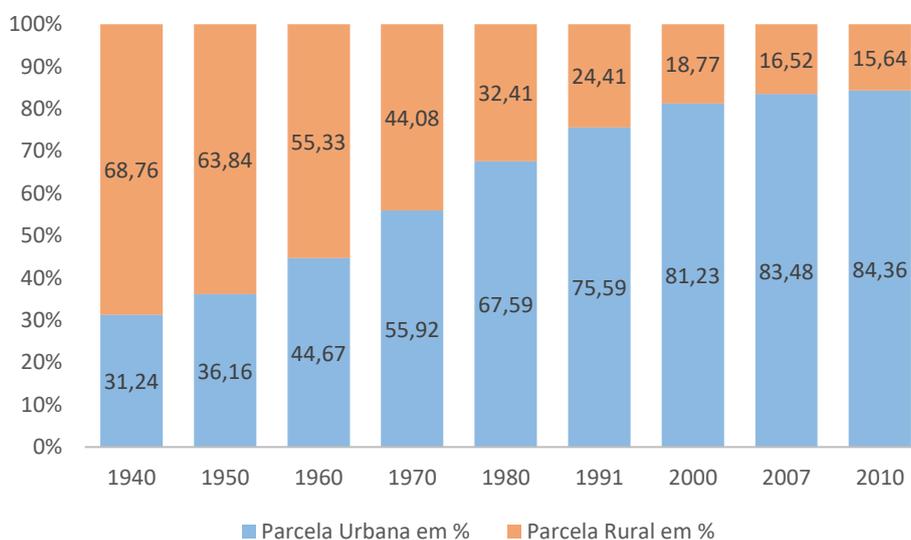
4.1 IMPACTOS DA CRESCENTE URBANIZAÇÃO

A urbanização em geral é definida como um processo de desenvolvimento econômico e social resultante da transformação de uma economia rural para uma economia cuja dinâmica é concentrada nas áreas urbanas (TUCCI, 2010).

O crescimento da população urbana tem sido acelerado nas últimas décadas no Brasil, os censos do IBGE mostram que no ano de 1940, apenas 32% da população era urbana, já em 1970 esse valor passou para 66%. Quarenta anos depois o registro é 84% da população estava residindo em cidade. (IBGE, 2010)

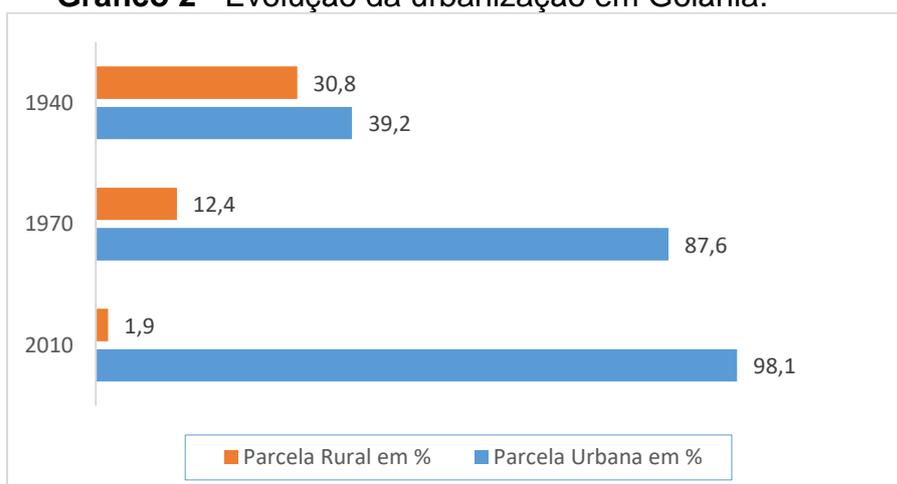
O Gráfico 1 demonstra dados relevantes que dão veracidade ao crescimento da urbanização no Brasil, pois elenca números com enorme discrepância quando comparados os anos de 1940 e 2010, provando a quão significativa foi o fenômeno de urbanização.

Gráfico 1 - Evolução da urbanização no Brasil.



Fonte: IBGE (2010).

Esse acelerado crescimento, é realidade para as maiorias das cidades do país, o Gráfico 2, dispõem de dados que explicita esse cenário na cidade de Goiânia, capital do estado de GO, demonstrando que a partir do ano de 1940, ocorreu um aumento abrupto da população urbana em relação a rural.

Gráfico 2 - Evolução da urbanização em Goiânia.

Fonte: adaptada de IBGE (2010)

A Figura 1, mostra a transformação do espaço geográfico da cidade, ocorrido pela alteração dos números de construções. Observa-se que a quantidade de construção aumentou, e o tipo de construção, o que conclui que o número de habitações aumentou devido ao aumento do número da população.

Figura 1 – Antes e depois da Praça Cívica na capital Goiânia – GO.

Fonte: <http://g1.globo.com/goias/noticia/2011/10/fotos-exibem-o-antes-e-depois-do-desenvolvimento-urbano-de-goiania.html>. Autores: Hélio de Oliveira (Década 50), Adriano Zago (2011)

Este crescimento urbano tem ocasionado alta concentração de pessoas em pequenos espaços, que por sua vez acarretam em impactos no meio ambiente. Tucci (2010), enfatiza que essa relação entre meio ambiente e população provoca efeitos interligados, que podem levar cidades ao caos se não forem controlados.

Jatoba (2011), também discute acerca da urbanização e meio ambiente, dizendo que ambos possuem uma relação direta, de modo que a urbanização pode implicar a concentração de pessoas e atividades produtivas sobre um espaço restrito. Jabota também diz que isso gera, necessariamente, impactos degradadores do meio ambiente com efeitos sinérgicos e persistentes.

O desenvolvimento urbano tem produzido um impacto significativo na infraestrutura de recursos hídricos (TUCCI, 2002). A necessidade de controlar os impactos no meio ambiente, vem de acordo com que o processo se desenvolve. À medida que o processo avança, os corpos hídricos vão sendo assoreados, tendo as suas águas degradadas (MOTA, 2008).

Tais problemas na infraestrutura são agravados em relação a abordagem acerca da drenagem urbana. De acordo com Canholi (2014), durante muitos anos, tanto no Brasil como em outros países, a drenagem urbana foi abordada de maneira acessória, no contexto do parcelamento do solo para usos urbanos, e não de forma preponderante durante o desenvolvimento dos municípios.

Os resultados desse panorama são destacados por Tucci (1997), o mesmo diz que podem ocorrer os seguintes impactos:

como o aumento das vazões máximas, por se tratar do aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e da impermeabilidade das superfícies, aumento da produção de sedimentos devido a desproteção das superfícies e a produção de resíduos sólidos e deterioração da qualidade da água, devido à lavagem das ruas, transporte de materiais sólidos e às ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial. (TUCCI, 1997).

4.2 ENCHENTES E INUNDAÇÕES

Com o avanço da urbanização do Brasil, ocorreu um aumento na frequência de alguns impactos ambientais hidrológicos. Tucci (2007) destaca de forma significativa a frequência das inundações, na produção de sedimentos, na deterioração da qualidade da água e contaminação dos aquíferos.

Contudo, ocorre uma divergência quanto aos termos utilizados em relação ao conceito de inundação e enchentes. Fato que pode ser entendido a partir das definições que seguem no Quadro 1.

Quadro 1 – Conceitos para definir inundação e enchentes.

Autor	Definição
Goerl e Kobiyama, (2005)	Quando as águas do rio elevam-se até a altura de suas margens, contudo sem transbordar nas áreas adjacentes, é correto dizer que ocorre uma enchente. A partir do momento em que as águas transbordam, ocorre uma inundação
Castro (1996), apud Goerl e Kobiyama, (2005)	As águas elevam-se de forma paulatina e previsível, mantém em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam-se gradualmente. Normalmente, as inundações graduais são cíclicas e nitidamente sazonais
Almeida (2011)	O fenômeno de aumento do nível de água do rio em razão de fortes precipitações periódicas, atingindo a água o seu leito menor ou leito de cheia.

Fonte: Adaptado de GOERL, KOBİYAMA (2005).

Já a Secretaria Nacional de Defesa Civil (BRASIL, 2013), traz as seguintes definições em uma publicação no Diário Oficial, onde as inundações representam a submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. A enxurrada é o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode estar ou não associado ao domínio fluvial. O alagamento é a extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em áreas rebaixadas.

A leitura das definições, mostram que há várias interpretações diferentes para conceituar o entendimento sobre enchentes, inundações, enxurradas e alagamentos, de modo que, neste trabalho adotaremos as definições Secretaria Nacional de Defesa Civil, de tal modo que, a diferença entre os conceitos está ilustrada na Figura 2, que exemplifica os limites de volumes de água, determinando qual impacto ambiental estará existindo.

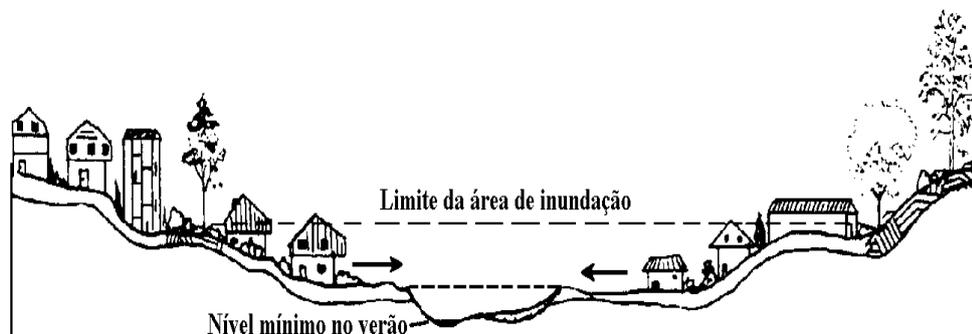
Figura 2 – Diferença entre Enchente e Inundação.



Fonte: Cemaden (2016).

A fim de acrescentar e reforçar no entendimento do fenômeno de inundação, a Figura 3 ilustra as características dos leitos do rio, demonstrando assim de forma mais clara como se faz existir esse processo.

Figura 3 – Características dos leitos do rio.



Fonte: Tucci (2005).

Os danos existentes, devido as inundações nos perímetros urbanos são resumidamente listados por Cançado (2009), como podemos observar no Quadro 2. O autor classifica os danos em tangíveis e intangíveis, diretos e indiretos, definindo-os como danos tangíveis aqueles passíveis de mensuração em termos monetários; os intangíveis relacionam-se a bens de difícil quantificação; os danos diretos são resultado do contato direto de pessoas e bens com a água resultante da inundação, e indiretos são os danos consequentes dos danos diretos.

Quadro 2 - Principais danos decorrentes de inundações em áreas urbanas.

(continua)

Danos Tangíveis	
Diretos	Indiretos
Danos físicos aos domicílios: construção e conteúdo das residências.	Custos de limpeza, alojamento e medicamentos. Realocação do tempo e dos gastos na reconstrução. Perda de renda.
Danos físicos ao comércio e serviços: construção e conteúdo (mobiliário, estoques, mercadorias em exposição, etc.)	Lucros cessantes, perda de informações e base de dados. Custos adicionais de criação de novas rotinas operacionais pelas empresas. Efeitos multiplicadores dos danos nos setores econômicos interconectados.
Danos físicos aos equipamentos e plantas industriais.	Interrupção da produção, perda de produção, receita e, quando for o caso, de exportação. Efeitos multiplicadores dos danos nos setores econômicos interconectados.
Danos físicos à infraestrutura.	Perturbações, paralisações e congestionamento nos serviços, custos adicionais de transporte, efeitos multiplicadores dos danos sobre outras áreas.
Danos Intangíveis	
Diretos	Indiretos
Ferimentos e perda de vida humana.	Estados psicológicos de stress e ansiedade.
Doenças pelo contato com a água, como resfriados e infecções.	Danos de longo prazo à saúde.

Fonte: Adaptado de Cançado (2009).

Quadro 2 - Principais danos decorrentes de inundações em áreas urbanas.
(termina)

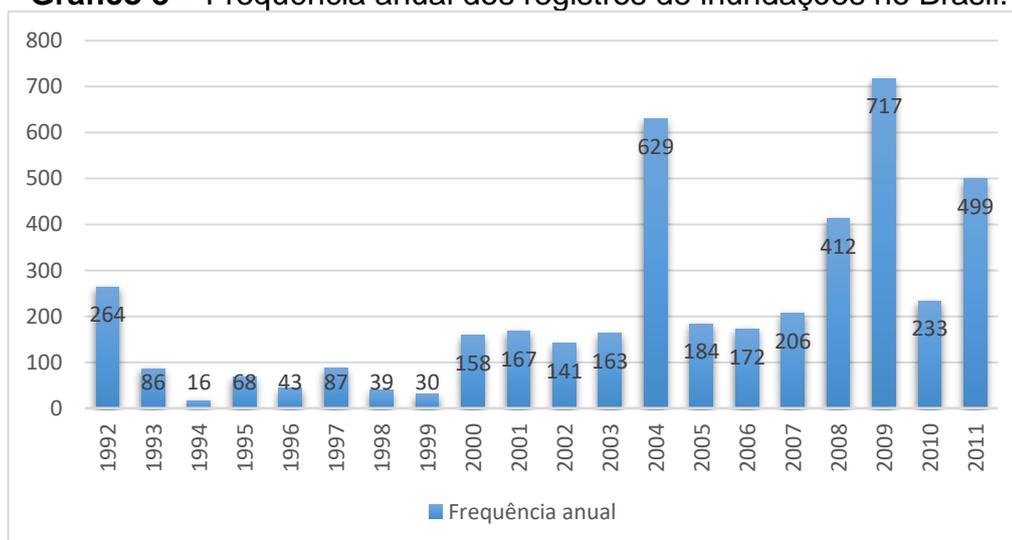
Perda de objetos de valor sentimental.	Falta de motivação para o trabalho.
Perda de patrimônio histórico ou cultural.	Inconvenientes de interrupção e perturbações nas atividades econômicas, meios de transporte e comunicação.
Perda de animais de estimação.	Perturbação no cotidiano dos moradores.

Fonte: Adaptado de Cançado (2009).

Os registros de inundações do CEPED (2013) no país mostram que a ocorrência desse impacto acontece com maior frequência nos últimos anos, passando de uma média de 89 eventos/ano, entre 1991 e 2001, para uma média de 338 eventos/ano entre 2002 a 2012.

O Gráfico 3 expõem dados relevantes da ocorrência das inundações no Brasil, demonstrando que nas últimas décadas, esse fenômeno tem ocorrido com maiores frequências, chegando a um valor alarmante de 717 casos no ano de 2009.

Gráfico 3 – Frequência anual dos registros de inundações no Brasil.



Fonte: CEPED (2013).

Assim, para Tucci (1997) as enchentes em áreas urbanas são devido a dois processos, que podem ocorrer isoladamente ou de forma integrada:

enchentes devido à urbanização: são o aumento da frequência e magnitude das enchentes devido a ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos. Adicionalmente o desenvolvimento urbano pode produzir obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento; enchentes em áreas ribeirinhas: as enchentes naturais que atingem a população que ocupa o leito maior dos rios. Essas enchentes ocorrem, principalmente pelo processo natural no qual o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos extremos, em média com tempo de retorno da ordem de 2 anos. (TUCCI, 1997)

Ainda conforme Tucci (2007) acerca das inundações localizadas, as mesmas podem ser ocasionadas por fatores como o estrangulamento da seção do rio devido a aterros e pilares de pontes, estradas, aterros para aproveitamento da área, assoreamento do leito do rio e lixo, remanso devido a macrodrenagem, rio principal, lago, reservatório ou oceano e até mesmo, erros de execução e projeto de drenagem de rodovias e avenidas, entre outros.

4.3 SISTEMAS DE DRENAGEM

Os sistemas de drenagem urbana são parte do sistema de infraestrutura dos municípios, com a função de conduzir as águas pluviais. A drenagem urbana consiste na rede de coleta da água (e de resíduos sólidos), que se origina da precipitação sobre as superfícies urbanas, e no seu tratamento e no retorno aos rios (TUCCI, 2005).

A classificação dos sistemas de drenagem urbana, de acordo com Castro (2002), se dá em sistemas clássicos e alternativos, Macedo (2004), em clássicos e compensatórios. Os autores, por mais que classifiquem com terminologias diferentes, ambos vão de encontro quando dizem que as concepções dos sistemas são de acordo com princípios vigentes, onde os sistemas clássicos estão relacionados com o higienismo e os alternativos/compensatórios relaciona-se com a oposição do conceito higienista de evacuações rápidas.

Castro (2002), define como sistema clássico a captação e condução das águas pluviais em condutos artificiais, preferencialmente subterrâneos, sendo este escoamento realizado por gravidade, sendo basicamente formados por dispositivos de captação das águas superficiais, de estruturas de condução dessas águas, na forma de canais abertos ou condutos enterrados com a necessidade ou não de obras complementares.

Já a definição dos sistemas compensatórios ou alternativos de drenagem urbana, baseiam-se na infiltração e retenção das águas precipitadas, acarretando uma diminuição no volume de escoamento superficial, bem como o rearranjo temporal das vazões (MACEDO, 2004).

4.3.1 Contexto da drenagem urbana

As cidades normalmente evoluem próximas a cursos d'água, contudo, as áreas vizinhas destas apresentam riscos maiores de ocorrência de inundações. Diante a estes riscos, o homem trabalha de várias formas sob os cursos d'água, modificando, canalizando ou até mesmo cobrindo o seu traçado (MACEDO, 2004).

Devido a indispensável interação da população com os corpos hídricos, utilizados como fonte de alimento e dessedentação, além de via de transporte, Canholi (2014) diz que causam a expansão das áreas urbanizadas.

Tal interação do ser humano com os cursos d'água, relacionadas a necessidade de expandir e evoluir as cidades, o sistema de drenagem é concebido, partindo assim para uma evolução ao longo dos anos se tornando os sistemas dos dias atuais.

4.3.2 Histórico da drenagem urbana

Ao longo dos tempos, as obras de drenagem não foram consideradas, em regra, como infraestruturas necessárias e condicionantes ao desenvolvimento e ordenamento dos núcleos urbanos (MATOS, 2003).

No decorrer da história, devido as civilizações possuírem uma grande relação com os cursos d'água desde as primeiras aglomerações urbanas constatadas, pode-se ver que as localizações são próximas a estes mananciais, tendo em vista que se favoreciam com a disponibilidade deste recurso, tornando mais fácil a produção de suprimentos para consumo e higiene da população, possibilitando ainda a evacuação dos dejetos (BAPTISTA *et al*, 2011).

O perigo de inundação desde a Idade Média era um preço a pagar pela disponibilidade de água, devido ao aprisionamento das águas no interior das cidades, aliado com a ocupação das populações menos favorecidas em áreas mais baixas, mais suscetíveis as inundações (CASTRO, 2002). Ocorria ainda um agravamento

desse cenário já que os sistemas implantados não eram renovados, e nem passavam por manutenções, gerando assim condições insalubres com a presença constante de lama e esgotos junto ao sistema viário (BAPTISTA e NASCIMENTO, 2001).

No século XIX iniciou uma mudança significativa na visão dos homens sobre as águas nas cidades, marcando assim uma significativa evolução no setor. Matos (2003), descreve uma verdadeira revolução tecnológica, com a introdução dos sistemas de abastecimento e de distribuição de água domiciliar, diferente dos sistemas anteriores existentes que serviam de balneários coletivos, mas não individuais.

Outras modificações constatadas neste século, ocorreram a partir das grandes epidemias de cólera que assolaram a Europa, surgindo então os princípios do higienismo. Estes tinham como fundamento a evacuação, para o mais longe e o mais rápido possível da água de qualquer natureza, baseando-se nas técnicas do “*tout a l'égout*” (AZZOUT, 1996). Essa técnica de coleta de água, baseia-se em um sistema unitário de captação e condução eficiente até o descarte seguro.

A implantação desse conceito, foi primeiramente construído em Hamburgo, com a implementação de novos coletores, em 1843, quando ocorreu a reconstrução da cidade devido a um incêndio (MATOS, 2003).

No Brasil Oliveira (2014), contextualiza que devido à ausência do Estado brasileiro na questão sanitária fez com que, por meio da iniciativa privada surgissem serviços que suprissem a demanda por sistemas de esgotamento. Assim, na década de 1850 a cidade do Rio de Janeiro passa a ser a primeira capital brasileira e uma das primeiras do mundo a possuir um sistema de esgoto (RESENDE; HELLER, 2008 apud OLIVEIRA, 2014).

Contudo, as ideias do “*tout a l'égout*” foram adotadas efetivamente a partir da proclamação da República, em 1889 (SILVEIRA, 1998 apud BAPTISTA E NASCIMENTO, 2001), tais princípios que continuam a ser válidos até os dias atuais, mesmo que os conhecimentos científicos e tecnológicos evoluíram, como a adoção de sistema separativo para o esgoto pluvial e o esgoto cloacal, eles são a base dos chamados sistemas clássicos de drenagem (MOURA, 2004).

De modo que a fase higienista existiu, se popularizou a prática de canalizações e a transferências de águas pluviais e esgotos, carregando poluentes e contaminantes para os recursos hídricos. Desta forma no ano de 1972, uma lei federal foi estabelecida nos Estados Unidos, mudando a visão do controle da poluição dos

corpos hídricos no país, estabelecendo assim o objetivo de recupera-los e conserva-los (TUCCI e MELLER, 2007).

O marco dessa lei de 1972, culminou no que é conhecido como fase corretiva. Bahiense (2013), diz que nessa fase, ocorreu altos investimentos no tratamento de esgotos domésticos e industriais, melhorando assim condições ambientais dos rios, lagos e reservatórios receptores das águas drenadas, de forma que a tentativa era controlar os impactos oriundos do modelo higienista que era predominante.

Bahiense também aborda que a evolução do modo de se relacionar com a responsabilidade de tratar a água sofreu uma nova mudança, pois, na década de 90, após as cidades se tornarem polos de concentração populacionais, tornando o processo de solucionar problemas relacionados a drenagem urbana cada vez mais onerosos e difíceis, fez necessário uma nova forma de abordagem. Concordantemente Canholi (2014) traz a necessidade de estudo e a aplicação de novas soluções estruturais, para adequar os sistemas existentes, surgindo assim o conceito de sistemas “inovadores” ou sustentáveis.

As fases do desenvolvimento existentes no decorrer dos anos, resumidamente com as características e consequências é resumidamente listado por Tucci (2005), como é possível observar no Quadro 3.

Quadro 3 – Fases do desenvolvimento dos sistemas de drenagem.

(continua)

Fase	Características	Consequências
Pré-higienista: até o início do século XX	Esgoto em fossas ou diretamente nas ruas, sem coleta ou tratamento.	Epidemias e doenças com alta taxa de mortalidade.
Higienista: até os anos 1970	<i>Tout à l'égout</i> – Transporte do esgoto junto às águas pluviais, por canalização dos escoamentos.	Redução das doenças e da mortalidade, degradação dos corpos d'água, contaminação dos mananciais.

Fonte: Adaptado de Tucci (2005) apud Bahiense (2013, p. 17).

Quadro 3 – Fases do desenvolvimento dos sistemas de drenagem.
(termina)

Corretiva: entre 1970 e 1990	Sistema separador absoluto, tratamento dos esgotos, amortecimento dos escoamentos pluviais.	Melhoria da qualidade da água dos rios, poluição difusa, obras de grande impacto.
Desenvolvimento Sustentável: após 1990	Tratamento do escoamento pluvial, preservação do sistema natural, integração institucional.	Conservação ambiental, melhoria da qualidade de vida, controle das inundações.

Fonte: Adaptado de Tucci (2005) apud Bahiense (2013, p. 17).

4.3.3 Sistemas convencionais

4.3.3.1 *Microdrenagem*

O sistema de controle de escoamento de microdrenagem, se refere no âmbito resultante de frações do espaço geográfico do município atuante. A quantificação desse sistema está relacionada na maioria das situações com projetos de loteamentos e drenagem específicos, como de avenidas ou outro desenvolvimento urbano (TUCCI, 2005).

A Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano do estado de São Paulo através do Manual de Drenagem e Águas Pluviais (2012) qualifica o bom funcionamento do sistema de microdrenagem dependendo essencialmente da execução cuidadosa das obras conforme projetadas, juntamente com a manutenção permanente.

A microdrenagem, compreende-se por espaços urbanos já ocupados, onde o princípio do seu funcionamento é o manejo das águas pluviais em determinados pontos, onde o aumento da vazão ocorre por causas já determinadas nesse trabalho.

Desta forma, vale salientar que a microdrenagem como medida de controle de escoamento, deve ser planejada para que não haja falha em seu sistema, falha essa

que ocorre devido ao seu modo de utilização. Tucci (2005), aborda essa sua utilização, e as consequências que isso ocasionam:

(...) tradicionalmente utilizada consiste em drenar a área desenvolvida através de condutos pluviais até um coletor principal ou riacho urbano. Esse tipo de solução acaba transferindo para jusante o aumento do escoamento superficial com maior velocidade, já que o tempo de deslocamento do escoamento é menor que nas condições pré-existentes. Dessa forma, acaba provocando inundações nos troncos principais ou na macrodrenagem. (TUCCI, 2005)

Neste contexto, a utilização da microdrenagem como sistema de controle deve ser planejada de forma que possa atender as necessidades de escoamento do município, a partir dos seus dispositivos (boca de lobo, redes coletoras, etc.) não podendo ter apenas o caráter de transferir as inundações e enchentes de pontos específicos para outros, mas sim o de minimizar os impactos naturais na sociedade.

A composição do sistema de microdrenagem, é feita com um ou conjunto de componentes como pavimentos das ruas, sarjetas, bocas de lobo, poços de visita e galerias de águas pluviais, de forma que a sua concepção ocorre de acordo com manuais e normativas vigentes, Prefeitura de São Paulo/FCTH (2012). O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes em suas normativas 030/2004, 018/2004 juntamente com o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas de 2010 trata de definir e ilustrar os dispositivos detalhados nos tópicos que se seguem.

4.3.3.1.1.1 Meio fio

O Instituto de Pesquisas Rodoviárias, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) através do Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (2010), trata de definir meios-fios como:

uma construção longitudinal em degrau, disposta na borda da pista de rolamento, acostamento ou faixa de segurança, com o objetivo de delimitar fisicamente a pista, proteger o trânsito de pedestres, conduzir águas pluviais, conter o pavimento, delimitar áreas não pavimentadas e, especialmente, realçar para o motorista, mediante um obstáculo intencional ao deslocamento transversal do veículo, as trajetórias possíveis (DNIT, 2010),

Usualmente os meios-fios são construídos nas extensões das vias urbanas, principalmente onde as sarjetas laterais de drenagem não são viáveis, em razão da largura extra que acrescentam à seção transversal. Nesses casos o meio-fio é posicionado na borda da pista de rolamento ou do acostamento, caso exista, e a

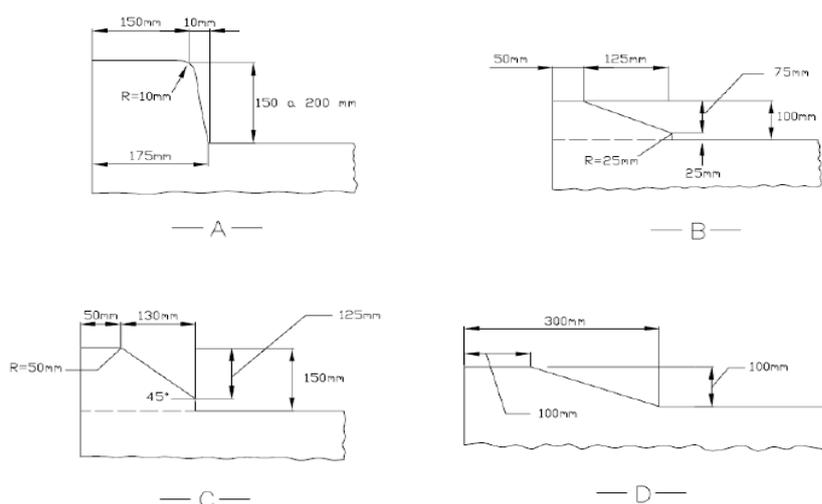
drenagem é feita através de bocas de lobo localizadas ao longo do mesmo (DNIT, 2010).

A existência do meio fio numa via, afeta diretamente os motoristas e a segurança dos mesmo que utilizam a via. Desta forma o DNIT (2010) preconiza que a concepção dos meios-fios deve ocorrer para que eles sejam fáceis de serem vistos, principalmente à noite em áreas sujeitas a neblina e chuvas constantes. Para tal, recomenda -se sua construção com superfície refletora, sendo mais recomendável a construção usufruindo de cimento branco em sua composição ou pintura que ofereça uma boa visibilidade.

Em 2006 através da Norma - Especificação de serviço NORMA DNIT 020/2006 – ES – O DNIT, trata de definir a importância da existência do meio-fio em uma via na ótica da drenagem, onde destaca que tem a função de proteger o bordo da pista dos efeitos da erosão causada pelo escoamento das águas precipitadas sobre a plataforma que, decorrentes da declividade transversal, tendem a verter sobre os taludes dos aterros.

A Figura 4 abaixo, mostra os possíveis meios-fios e suas configurações e medidas, os quais podem incluir ou não uma sarjeta.

Figura 4 - Tipos de meios-fios.



Fonte: Manual de Projeto Geométrico Travessias Urbanas (2010, p.313).

Por fim, o DNIT classifica os meios-fios em dois grupos mais relevantes, meio-fio intransponível e o meio-fio transponível. O meio-fio transponível são projetados e

executados, de forma que haja a possibilidade dos veículos em baixa velocidade os transponham facilmente, causando os mínimos danos possíveis, já os intransponíveis se trata dos que cuja conformação não permita sua transposição pelos veículos.

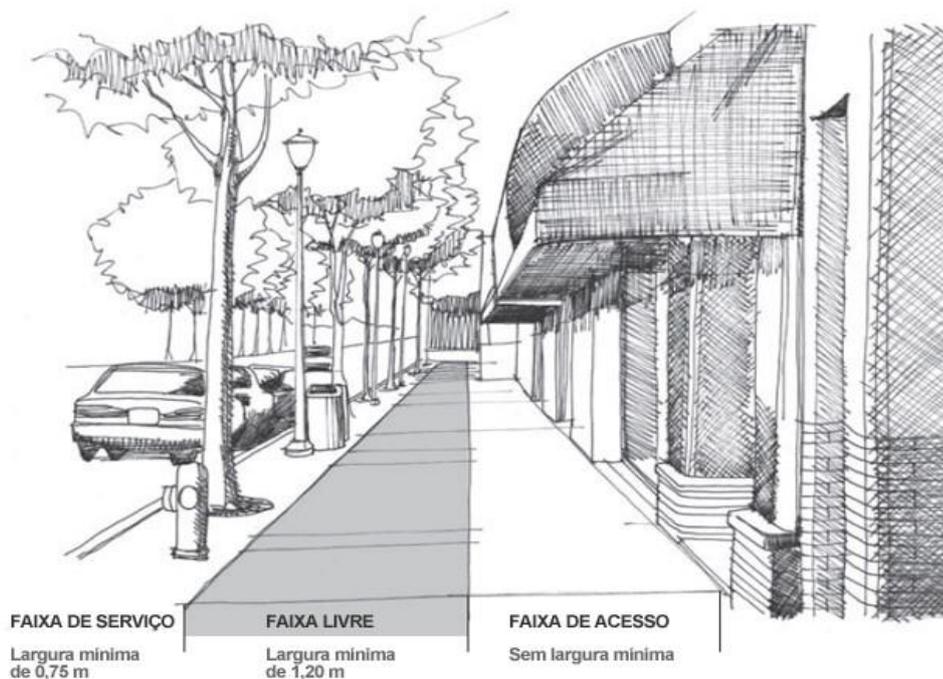
Na Figura 4.a, é demonstrado um modelo de meio-fio intransponíveis, apresentando uma face vertical que dificulta a transposição do veículo. Nas Figuras 4.b, 4.c e 4.d é demonstrado três tipos de meios-fios transponíveis, suas faces inclinadas para o lado da via facilitam sua transposição.

4.3.3.1.1.2 Calçada

O DNIT (2010), considera a calçada parte da via, em nível diferente e normalmente segregadas, restringindo ao trânsito de pedestres e quando possível, à implantação de mobiliário, sinalização, vegetação, placas de sinalização e outros fins.

A Figura 5, apresenta um modelo de calçadas, exigido como modelo construtivo pela Prefeitura de São Paulo.

Figura 5 - Esquema de divisão das calçadas da Cidade de São Paulo.



Fonte: Divulgação/Prefeitura de São Paulo (2012).

Na Figura 5, se observa a divisão da calçada em 3 faixas com as larguras mínimas exigidas. A faixa de serviço é destinada a colocação de árvores, rampas de

acessos a portadores de deficiência, com a finalidade de contribuir para o paisagismo do ambiente, amenizar o processo de escoamento superficial através de áreas permeáveis e garantir dignidade e direitos aos portadores de deficiência. A faixa livre é exclusiva à circulação dos pedestres, tendo a necessidade de estar em estado perfeito, sem obstáculos, desníveis ou apresentar fissuras. Por fim a faixa de acesso é um espaço para o apoio à propriedade, servindo com rampas, toldos ou mobiliário comercial.

Em geral as calçadas possuem como principais componentes necessários, uma largura maior ou igual a 1,50m, com a existência de auxiliares para portadores de deficiência (rampas de acesso, piso tátil, etc.) e preferencialmente com área permeável para contribuir com a drenagem pluvial.

4.3.3.1.1.3 Sarjetas

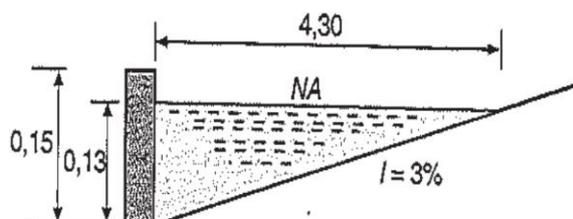
Através da Norma 018/2006, o DNIT (2006) determina que a execução de sarjetas é destinada a drenagem das águas que incidem sobre o corpo estradal, a fim de conduzi-las.

Shu Han Lee (2017), define sarjeta como um dispositivo de drenagem superficial, nas seções em corte, tendo como objetivo interceptar e coletar as águas superficiais, de modo a evitar que atinjam os acostamentos e a pista da rodovia.

Assim, as sarjetas em sua funcionalidade, podem garantir a segurança sobre o tráfego de uma via, quando não sobrecarregadas, além de aumentar a vida útil do pavimento.

Na Figura 6, é ilustrado um modelo típico de sarjeta triangular, comumente empregada.

Figura 6 - Sarjeta triangular de concreto.



Fonte: Azevedo Netto (1998, p.546).

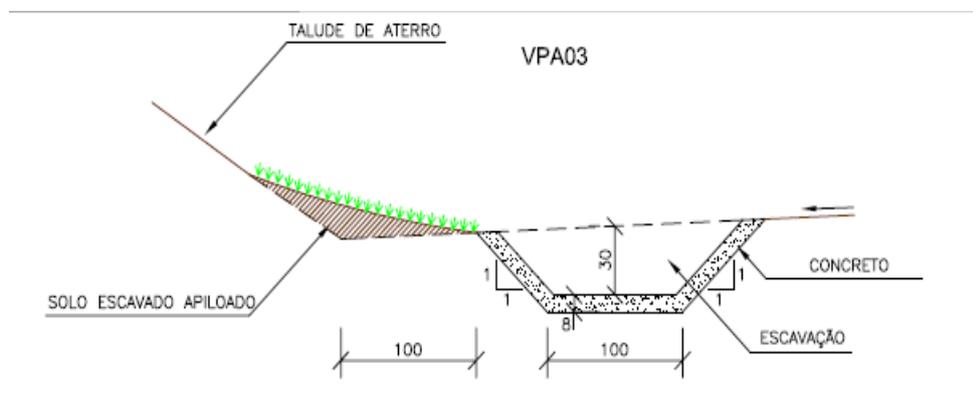
De acordo com o DNIT (2010), através do Manual de Projeto Geométrico Travessias Urbanas, delimita a construção das sarjetas juntamente aos meios-fios, como conjunto do sistema de drenagem da via, atentando ao fato de exigir outros dispositivos de drenagem, para que não ocorra uma sobrecarga nas mesmas e acarrete uma invasão do fluxo de água na faixa de rolamento.

4.3.3.1.1.4 Valetas

Valetas de acordo com o DNIT (2004), através da Norma 018/2004, são dispositivos localizados nas cristas de cortes ou pés de aterro, conseqüentemente afastados das faixas de tráfego, com a finalidade de interceptar os deflúvios. Seus escoamentos são geralmente em grandes vazões, ou em razão de suas características construtivas possuem em geral forma trapezoidal ou retangular.

Na Figura 7, é exibido um esquema de valeta de proteção de aterros, geralmente empregada de revestimento vegetal.

Figura 7 - Esquema transversal de uma valeta.



Fonte: Álbum de projetos – tipos de dispositivos de drenagem. DNIT (2013).

As valetas do tipo de proteção de corte, são em geral pequenas valas escavadas in loco no terreno natural, como explica Shu Han Lee (2017). O autor acrescenta que com o material resultante da escavação sendo depositado a jusante da valeta, visando à formação de um pequeno dique, chamado banquetta de proteção do corte, o qual serve como uma barreira para prevenção quanto a eventuais extravasamentos da valeta.

4.3.3.1.1.5 Boca-de-lobo

De acordo com a Norma 030/2004 – ES do DNIT, as Bocas-de-lobo são dispositivos de captação, localizados junto aos bordos dos acostamentos ou meios-fios da malha urbana viária que, através de ramais, transferem os fluxos para galerias ou outros modelos de coletores. Por razões de segurança, devido a se situarem em área urbana, são capeados com grelhas metálicas ou de concreto.

A Figura 8 ilustra o detalhamento e tipos de boca de lobo, sendo um dos dispositivos mais relevantes e usados no sistema de microdrenagem.

Figura 8 – Tipos de boca de lobo.



Fonte: Tucci (1995).

A locação das bocas de lobo, de acordo com o Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais (2012), deve seguir as seguintes recomendações, para prover as condições mais adequadas para a o sistema de drenagem.

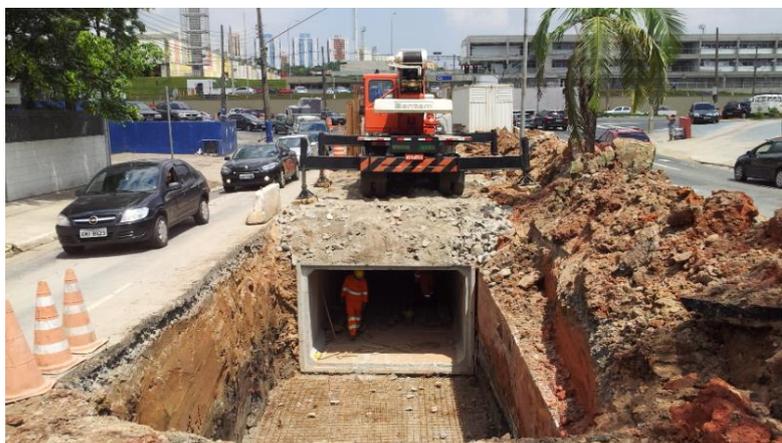
- serão locadas em ambos os lados da rua quando a saturação da sarjeta assim o exigir ou quando forem ultrapassadas as suas capacidades de engolimento;
- serão locadas nos pontos baixos das quadras;
- recomenda-se adotar um espaçamento máximo de 60 m entre as bocas de lobo caso não seja analisada a capacidade de descarga da sarjeta;
- a melhor solução para a instalação de bocas de lobo é que esta seja feita em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres, junto às esquinas; (MANUAL DE DRENAGEM, 2012).

4.3.3.1.1.6 Galerias

A norma DNIT 030/2004 – ES define as galerias como dispositivos destinados à condução dos deflúvios que se desenvolvem na plataforma rodoviária para os coletores de drenagem, através de canalizações subterrâneas, integrando o sistema de drenagem da rodovia ao sistema urbano, de modo a permitir a livre circulação de veículos.

A Figura 9, apresenta uma ilustração do processo construtivo de uma galeria de reforço em aduelas fechadas retangulares feitas de concreto armado.

Figura 9 – Galeria de reforço em execução.



Fonte:

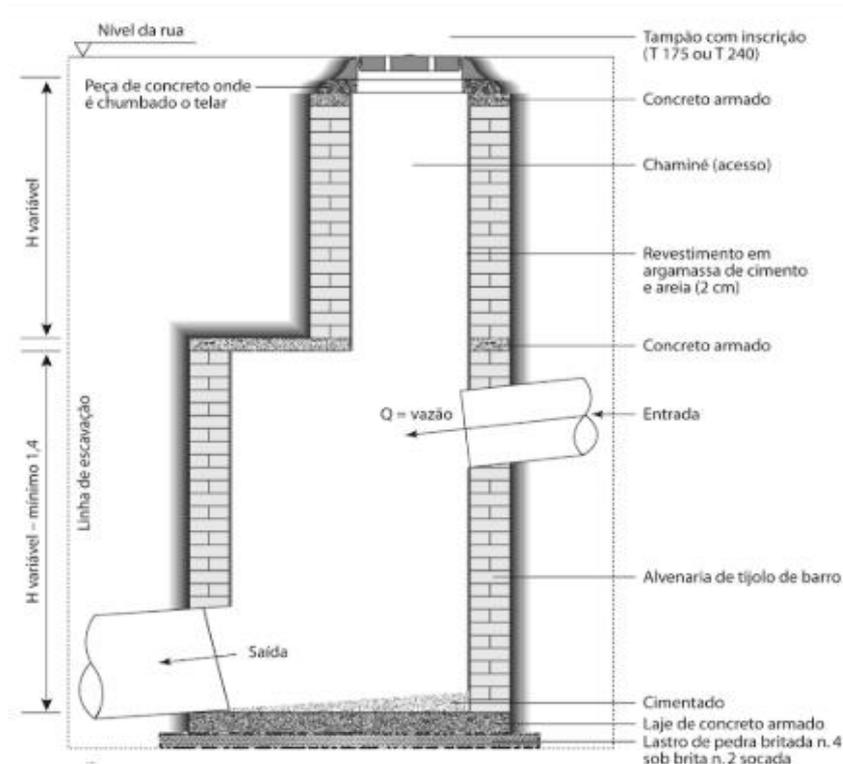
https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/obras_de_drenagem/galerias/index.php?p=38295.

O DNIT ainda prescreve recomendações das escavações, devendo ser executadas de acordo com as cotas e alinhamentos indicados no projeto e com a largura superando o diâmetro da canalização, no mínimo, em 60 cm.

4.3.3.1.1.7 Poços de visita

Os poços de visita, são definidos pelo DNIT (2004), pela norma 030/2004, como caixas intermediárias que se localizam ao longo da rede para permitir modificações de alinhamento, dimensões, declividade ou alterações de quedas. Abaixo na Figura 10, exibe um modelo esquemático de um poço de visita.

Figura 10 – Modelo esquemático de um poço de visita.



Fonte: Botelho (1998)

Como a função primordial dos poços de visita, é o acesso às canalizações, o Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais (2012), sugere que a locações dos mesmos sejam em locais que ocorrem mudanças de direção, cruzamento de ruas (reunião de vários coletores), mudanças de declividade e mudanças de diâmetro. O espaçamento máximo, recomendado é apresentado a seguir no Quadro 4.

Quadro 4 - Espaçamento dos poços de visita em m.

Diâmetro (ou altura do conduto) m	Espaçamento (m)
0,30	50
0,50 – 0,90	80
1,00 ou mais	100

Fonte: adaptado de DAEE/ CETESB (1980), apud Manual de Drenagem de Águas Pluviais (2012)

4.3.3.2 *Macrodrenagem*

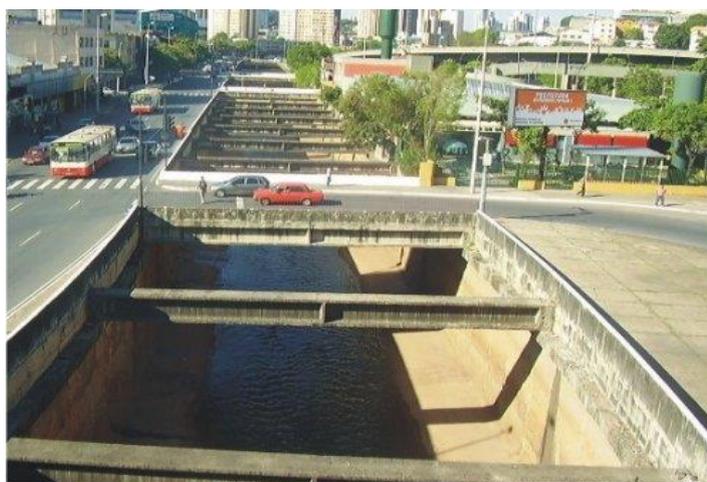
Como já mencionado, a macrodrenagem trata-se de um tipo de projeto de controle de escoamento, porém está relacionado aos principais riachos e canais urbanos (TUCCI, 2005).

As obras de macrodrenagem compreendem as estruturas de condução principais da bacia e, em geral, originam-se nos elementos de drenagem como rios e córregos naturais e suas ampliações e canalizações. A macrodrenagem tem o papel concentrador e condutor das águas pluviais da bacia, recebendo as contribuições de diversos subsistemas de microdrenagem. (Prefeitura de São Paulo/FCTH, 2012)

Com esse entendimento, os projetos de macrodrenagem referem-se aos projetos de obras para atender grandes vazões, das quais os projetos de microdrenagem não atenderiam. Em seus estudos Tucci (2005), diz que tais obras envolvem áreas de pelo menos 2 km² ou 200 ha, fazendo a observação que esses valores não devem ser tomados como absolutos, pois a disposição urbana pode existir nas mais diferentes configurações.

A seguir, a Figura 11 ilustra uma obra de macrodrenagem no Município de Belo Horizonte – MG, sobre as bacias dos Ribeirões Arruda e Onça.

Figura 11 – Obra de macrodrenagem das bacias dos Ribeirões Onça e Arrudas.



Fonte: COBRAPE (2008).

Assim, as obras de macrodrenagem constituem-se na maioria das vezes em grandes obras, tratando-se em geral de:

(...) retificação e ampliação das seções de canais naturais, construção de canais artificiais ou galerias de grandes dimensões, ainda em estruturas auxiliares para controle, dissipação de energia, amortecimento de picos, proteção contra erosões e assoreamento, travessias e estações de bombeamento. (MONTES, LEITE, 2008)

4.3.4 Sistemas compensatórios

Com o atual modelo de sistemas de drenagem urbana em situação de colapso, devido a saturação e sobrecarga do sistema, e sua ineficiência sendo exposta a senso comum, surgiu-se o estudo de novas técnicas estruturais, ditas como alternativas ou compensatórios. Oliveira *et al* (2016), salientam que estas alternativas diferem dos dispositivos clássicos, pois consideram os impactos da urbanização de forma global, levando em consideração a bacia de contribuição como base de estudo.

Na tentativa de compensar as deficiências apresentadas pelos sistemas tradicionais, Souza *et al* (2007) dizem que os 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. Os autores, enfatizam que essas medidas buscam compensar efeitos da impermeabilização de superfícies que ocorre pela urbanização.

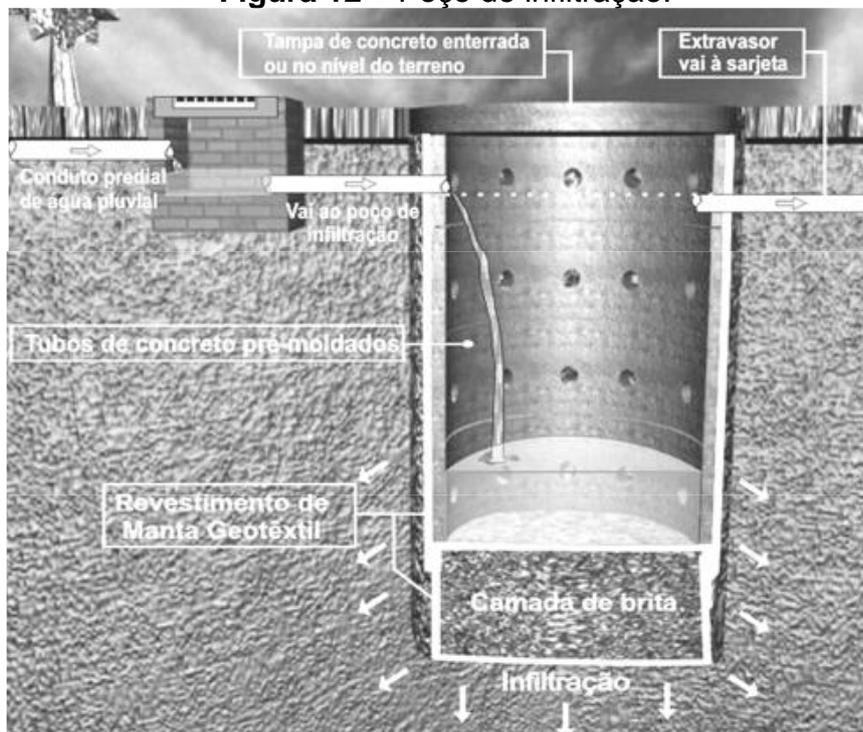
Tais técnicas são caracterizadas por Baptista *et al* (2013), em estruturas que visam à retenção e infiltração de águas precipitadas, fazendo rearranjos com as vazões temporariamente e que haja uma redução do volume escoado, visando à redução das inundações e obtendo ganhos na qualidade das águas pluviais

Com a evolução dos sistemas de drenagem em técnicas compensatórias, nasce uma nova perspectiva sob a ótica da qualidade, preservação e recuperação do meio ambiente, Baptista *et al* (2013) reforça, dizendo que quando a concepção destas técnicas ocorre de forma otimizada, reflete numa efetiva melhoria da qualidade de vida nas cidades, como a recuperação e a preservação do meio ambiente com a redução das cargas de poluição de origem pluvial.

Assim, com a proposta de conter a quantidade e reduzir a velocidade de água escoada superficialmente, no processo de condução para rios, Baptista e Nascimento (2001), classificam esses procedimentos em três metodologias:

- Técnicas para controle na fonte: São associadas a pequenas superfícies de drenagem, como poços de infiltração, valetas e valas, telhados armazenadores e microrreservatórios domiciliares. A Figura 12 apresenta um modelo dessa técnica:

Figura 12 – Poço de infiltração.

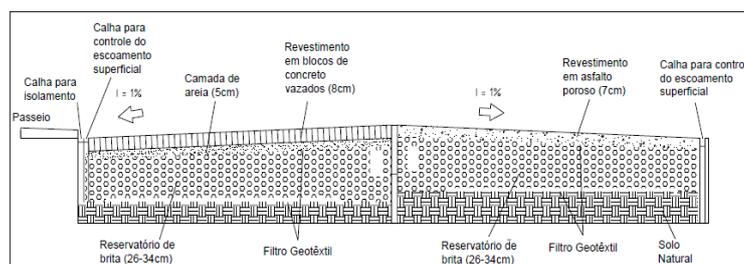


Fonte: Reis, Oliveira, Sales (2008).

A Figura 12, demonstra um esquema de um poço de infiltração, que consiste em uma escavação no solo, construindo por materiais que permitem a infiltração, para o solo, do volume de água pluvial escoado para o seu interior.

- Técnicas lineares: são admitidas para controle nos sistemas viários e de drenagem, inseridas nos sistemas viários, pátios, estacionamentos e arruamentos, através de pavimentos porosos, calas de retenção e trincheiras de infiltração. Assim a Figura 13 exemplifica um sistema dessa técnica.

Figura 13 – Seção transversal de um pavimento permeável.



Fonte: Acioli (2005).

O esquema do pavimento representado na Figura 13, mostra algumas dimensões e materiais dessa técnica. Os materiais têm propriedades porosas, pois a partir deles, deve assegurar que, parte da água possa ser retida e tenha a possibilidade de se infiltrar no solo para ser absorvida.

- Técnicas para controle centralizado: são bacias de detenção e retenção, relacionadas a drenagem de maiores portes, com finalidade de redução de cargas de poluição e abastecimento do lençol freático.

5. METODOLOGIA

Do ponto de vista da sua natureza, a presente pesquisa classifica-se como aplicada, pois objetiva gerar conhecimento para a aplicação prática e solução de problemas que contenham objetivos a serem alcançados a médio prazo.

Também é classificada como explicativa no intuito de atingir os objetivos, de levantar, quantificar e diagnosticar o sistema de microdrenagem urbana. Torna-se ainda descritiva no intuito de discorrer sobre a ligação do crescimento populacional aliado à impermeabilização do solo e sistemas de drenagem deficitários. Classifica-se ainda como exploratória no sentido de elaborar um plano de ação para melhorias do sistema.

Através de consultas em artigos, e livros, foi realizado uma análise sobre conceitos, relacionados ao processo de urbanização, atentando-se as consequências desse processo na concepção/formação do cenário populacional da sociedade e sua distribuição geográfica aliada ao processo de impermeabilização do solo, analisando assim conceitos que resultem em possíveis danos no sistema de drenagem.

A partir de consultas em arquivos da Prefeitura municipal de Aragarças-GO e possíveis órgãos municipais ou estaduais responsáveis pelo planejamento, execução e manutenção do sistema de drenagem do município, foi levantado e quantificado os dispositivos de microdrenagem do mesmo em questão, sendo realizado à olho nu, pelo próprio aluno com o acompanhamento da orientadora. Se necessária, a verificação de medidas de distancias lineares, como intervalos de bocas de lobo, foi feita com o auxílio de uma trena e realizado um memorial fotográfico.

Após a mensuração quantitativa, foi realizada uma análise qualitativa dos dispositivos, no intuito de aferir qual o estado em que os mesmos se encontram, para possibilitar a compreensão da atual situação do sistema de drenagem da cidade.

Para isso, a fim de melhorar o entendimento da elaboração do presente artigo, foi elaborado um fluxograma apresentando as etapas de sua construção ilustrado na Figura 14.

Figura 14 – Desenvolvimento metodológico.



Fonte: Do autor (2019).

A etapa 01 é fundamentada em coleta de dados, estudos e pesquisas em diversas fontes (livros, normas técnicas, sites da internet, artigos, monografias, teses de doutorado e dissertações mestrado), com o intuito de levantar, definir e descrever as principais técnicas, materiais e ações utilizados em sistemas de drenagem. Desta forma a revisão bibliográfica ocorre sobre os seguintes temas: urbanização, enchentes e inundações e sistemas de drenagem.

Depois de estudada a bibliografia sobre o assunto, passou-se à etapa 2 em que foi feita a análise visual no sistema de drenagem do município de Aragarças – GO, realizando assim uma contagem quantitativa dos dispositivos de drenagem (metros lineares de sarjetas, bocas de lobo, poços de visita e galerias), com o auxílio de trena, caderneta e celular para levantamento fotográfico, com o intuito de analisar a situação dos mesmos.

Sobre uma perspectiva crítica, na etapa 03 foi concebido uma análise qualitativa dos dispositivos, possibilitando assim uma verificação do atual estado em que eles se encontram.

Portanto, se fez necessária a etapa 04, que após diagnosticar a situação particular dos elementos de microdrenagem encontrados na via, foi realizado uma análise dos dados para compreensão do funcionamento conjunto dos mesmos, caracterizando a situação atual do sistema de drenagem da cidade.

5.1 Caracterização da via

Aragarças é uma cidade localizada a Oeste no estado de Goiás, aproximadamente a 350 km da Capital. Tem como principal atividade econômica o turismo, graças a presença do Rio Araguaia, que percorre as margens da cidade, residindo aproximadamente 18.310 habitantes de acordo com o último censo do IBGE (2010), sendo estimada no ano de 2018, 19.959 habitantes.

O município, é interceptado pela BR 070, que dentro do seu limite torna-se Ministro Joao Alberto. A caracterização da via ocorre de acordo com algumas leis, que a partir da análise de suas características como quantidade de faixas, velocidade diretriz, irá classificar o trecho que está sob análise nesse trabalho.

Com o propósito de aprimorar o entendimento e compreensão, a Figura 15, apresenta o perímetro limitado que será analisado da Av. Min. João Alberto, através da linha vermelha, de 1.002,38 m, local de maior movimento da cidade, resultante do comercio aliado da proximidade com a ponte sobre os rios que servem de ponto de acesso as cidades vizinhas.

Os pontos nomeados de Início e Final estão destacados abaixo na Figura 15, estando localizados respectivamente nas coordenadas (15°53'44.89"S; 52°15'11.23"O) e (15°53'47.42"S; 52°14'37.63"O). O perímetro de análise paralela as quadras foi de 1.002,38m lineares em linha reta de cada lado externo da pista, resultando em 2.004,76m. Para os canteiros centrais, a análise ocorreu percorrendo os dois lados externos dos mesmos, numa linha linear de 788,57m, resultando assim uma totalidade de 1.577,14m lineares analisados.

Figura 15 – Mapa do trecho analisado.



Fonte: Google Earth (2019).

De acordo com a Lei Nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 que instituiu o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), no art. 60 têm-se a classificação das vias de circulação, no qual é definida de acordo com sua utilização:

- I. Vias urbanas:
 - a) via de trânsito rápido;
 - b) via arterial;
 - c) via coletora;
 - d) via local.
- II. Vias rurais:
 - a) rodovias;
 - b) estradas.

Diante disso, o art. 61 do CTB (1997), define mais um critério relevante para classificação das vias, que é a velocidade máxima permitida, normalmente indicada por sinalizações, sempre obedecendo suas características técnicas e as condições de trânsito, sendo assim têm-se:

§ 1º Onde não existir sinalização regulamentadora, a velocidade máxima será de:

- I. nas vias urbanas:
 - a) oitenta quilômetros por hora, nas vias de trânsito rápido;
 - b) sessenta quilômetros por hora, nas vias arteriais;
 - c) quarenta quilômetros por hora, nas vias coletoras;
 - d) trinta quilômetros por hora, nas vias locais;

Desta forma, de acordo com a legislação determinada pelo CTB (1997), conclui-se que a via na av. Ministro João Alberto no perímetro estabelecido para estudo, trata-se de uma via arterial, existindo 2 faixas de rolamento, mais 2 faixas de acostamento, dividida por um canteiro central, totalizando 4 faixas para desenvolvimento do tráfego. A Figura 16, exibe a composição dessa via.

Figura 16 – Distribuição da pista da via.



Fonte: Do autor (2019).

Na Figura 16, é possível notar a ausência das demarcações das pistas por meio de sinalizações no pavimento, acarretando na distribuição das faixas de acordo com o fluxo dos veículos, que de modo geral se perfilam na faixa de rolamento com largura de 4,15m e mais 2,35m destinadas a acostamento, resultando uma via com 13,00m, sendo as mesmas divididas por canteiros centrais que possuem larguras irregulares, entre 3,84m a 1,97m.

5.1.1 Caracterização dos dispositivos de drenagem

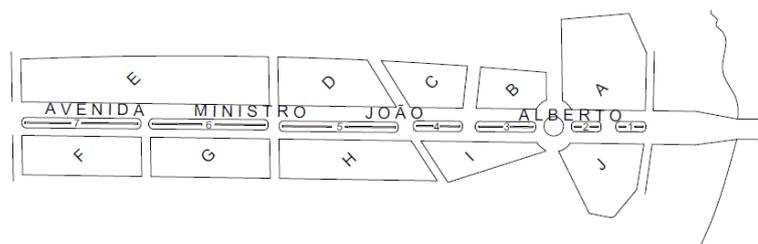
A caracterização dos dispositivos no perímetro determinado da avenida Ministro João Alberto, para estudo do sistema de drenagem urbana, ocorreu através de medidas realizadas *in loco*, utilizando prancheta, caneta e uma trena 5m/16 ft, percorrendo 1.002,38m de cada extremidade da via, e os 788,57m nos extremos dos canteiros centrais, totalizando uma distância de aproximadamente 3.581,90 m.

O aprimoramento do entendimento dos dispositivos, se dá com o levantamento de dados referentes a sua geometria, localização e estado de funcionamento, possibilitando verificar em termos quantitativos e qualitativos a situação atual em que se encontram os dispositivos.

5.1.2 Funcionamento dos dispositivos de drenagem

A caracterização do funcionamento dos dispositivos de drenagem foi decorrente da análise da atual situação de funcionamento dos dispositivos. A determinação deste cenário em que cada unidade de dispositivo se encontra, ocorreu a partir dos dados levantados na vistoria realizada no dia 05 de julho de 2019. Na intenção de mensurar as mais diversas características em função de cada tipo de elemento, a análise ocorrerá para cada classe dos dispositivos. No intuito de facilitar a orientação tomada durante o levantamento de dados, a Figura 17 traz um mapa do perímetro analisado, atribuindo nomes as quadras e números aos canteiros.

Figura 17 – Mapa do perímetro analisado.



Fonte: Adaptado de Dias (2018).

Desta forma, para as bocas-de-lobo foi analisado suas medidas geométricas e o seu tipo. A Tabela 1, ilustra quais dados foram tomados para análise das bocas-de-lobo.

Tabela 1 – Tabela tipo para dispor os dados das bocas-de-lobo e Meio fio.

Bocas-de-lobo					
Quadra	Qtd	comp(cm)	l (cm)	H (cm)	Tipo de B. L
A					

Fonte: Do autor (2019).

A Tabela 1 apresenta todas as medidas obtidas *in loco*, representando a geometria das bocas-de-lobo, e questões referentes ao funcionamento do dispositivo e sua classificação, envolvendo os seguintes parâmetros:

comp = comprimento da boca-de-lobo (cm);

l = largura da boca-de-lobo (cm);

H = altura da abertura da boca-de-lobo (cm).

A obtenção dos parâmetros previamente apresentados ocorreu com a utilização de uma trena, já o nível de obstrução e o tipo de BL, é determinado por análise visual, onde a verificação é sob a ótica de observar algum possível material estar obstruindo ou não os dispositivos. A Figura 18, demonstra como ocorreu a medição das bocas-de-lobo com a utilização da trena.

Figura 18 – Medição das dimensões das boca-de-lobo.



a) Comprimento da BL



b) Largura da BL

Fonte: Do autor (2019).

Observa-se nas Figuras 18.a e 18.b, a forma com que foram tomadas as medidas do comprimento da boca-de-lobo e sua largura, respectivamente. Os dados coletados estão juntamente dispostos no Apêndice B.

As sarjetas e meios fios, foram determinados de forma associados e assim disposto juntamente nas Tabelas 2 e 3, onde uma se refere as quadras e a outra dos canteiros respectivamente. A determinação do perfil geométrico destes dispositivos foi realizada a partir de medições na vistoria em três pontos de cada lado da via, sendo eles início, meio e final em cada quadra ou canteiro, já o tipo de obstrução é mensurado visualmente, classificando o tipo de material que ocasiona a obstrução da sarjeta, gerando assim os dados elencados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Tabela tipo reunindo os dados das sarjetas e meios fio nas quadras.

Sarjeta				
Quadra	Ponto de Medição	h(cm)	l (cm)	Tipo de obstrução
A	Início			
	Meio			
	Final			

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 3 - Tabela tipo para reunir os dados das sarjetas e meios fios dos canteiros centrais.

Sarjetas						
Canteiro 1						
	Lado direito da via			Lado esquerdo da via		
Ponto de medição	h (cm)	l (cm)	Tipo de Obstrução	h (cm)	l (cm)	Tipo de Obstrução
Início						
Meio						
Final						

Fonte: Do autor (2019).

As medidas apresentadas nas Tabelas 2 e 3, estabelecem a forma geométrica das sarjetas presentes na via, envolvendo os seguintes parâmetros:

h = altura da guia do meio fio (cm);

l = largura da base da sarjeta (cm).

Figura 19 - Medição das dimensões das sarjetas.



a) Largura da base da sarjeta



b) Altura da guia do meio fio

Fonte: Do autor (2019).

A Figura 19 ilustra a obtenção das medidas geométricas das sarjetas, resultando uma caracterização aproximada do perfil dos dispositivos, o qual na Figura 19.a mostra a medição da largura da base da sarjeta, já medição da altura da guia do meio fio está demonstrada na Figura 19.b. Os dados resultantes das medições estão detalhados no Apêndice A.

6. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

As circunstâncias em que os dispositivos do sistema de drenagem se encontram na via se mostraram semelhantes em quase todas as quadras. Na quadra A à situação é de meio fio irregular, com sedimentos e água acumulada em algumas sarjetas, cenário que apenas se difere das quadras B e J, devido a uma parte das mesmas não possuírem meio fio nem sarjeta. Já na quadra C foi detectado uma nova situação, onde parte do comprimento da sarjeta está num nível acima do pavimento, o restante não existe sarjeta.

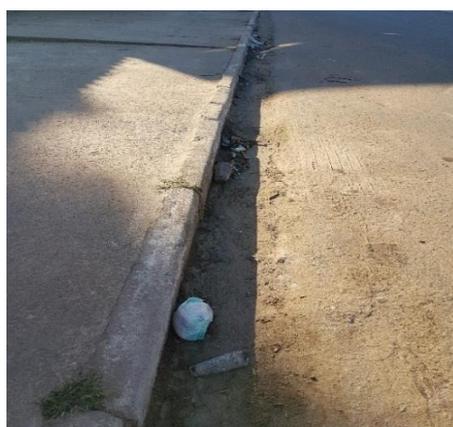
Nas quadras D, E, F, G e H, não possuem sarjetas ao longo dos seus comprimentos, ou até em casos piores há a ausência das sarjetas e meio fio. A quadra I é a única quadra que tem sarjetas em todo seu comprimento, contudo estão com presença de resíduos sólidos.

De modo geral, danos provenientes do aumento populacional foram constatados nos dispositivos do sistema de drenagem ao longo do comprimento da via analisada. Neste perímetro pode-se observar diversos fatores que explicitam os danos nos dispositivos, como a presença de sedimentos e resíduos sólidos, acomodados nas sarjetas, resultando em um mal funcionamento dos mesmos. A figura 20 ilustra uma situação recorrente em que as sarjetas se encontram.

Figura 20 – Sedimentos sólidos nas sarjetas.



a) Sedimentos na sarjeta



b) Resíduos sólidos na sarjeta

Fonte: Do autor (2019).

Na Figura 20.a, é facilmente detectado a presença de sólidos nos dispositivos, os mesmos podem ser provenientes das lavagens das ruas durante chuva ou por

degradação das guias do meio-fio. Resíduos sólidos também são encontrados, na forma de garrafas plásticas e fraldas descartáveis como demonstrado na Figura 20.b.

Outra forma que acarreta na acumulação de partículas sólidas nas sarjetas, acontece pela ausência de regularidade das calçadas. Em alguns pontos não existe calçadas construídas, de maneira que o solo acaba invadindo a pista, que durante a chuva carregam as partículas sólidas para os dispositivos. A Figura 21 ilustra o fundo de uma escola estadual, onde parte da calçada está danificada.

Figura 21 – Fundo de escola com calçada de concreto irregular.



Fonte: Do autor (2019)

A situação dos meios fios, que está ilustrada na Figura 22, também funciona como um catalizador na ocorrência do lançamento de sedimentos nas sarjetas, já que os mesmos estão em sua maioria destruídos.

Figura 22 – Meios fios em condições adversas.



Fonte: Do autor (2019).

Outra situação frequente observada é a presença de danos no pavimento asfáltico devido ao acúmulo de água nas sarjetas, que se demonstra em formas de “bulbos” e buracos. A Figura 23 mostra a situação de água parada na sarjeta, e como se apresenta na lateral da via.

Figura 23 – Acúmulo de água e resíduos sólidos nas sarjetas.



Fonte: Do autor (2019).

O caso do acúmulo de água vislumbrado na Figura 23 está condicionado a alguns fatores que são correlacionados. O baixo valor da inclinação da via, ausência de medidas corretas das sarjetas e enorme presença de resíduos sólidos, geram uma situação de obstrução do escoamento das águas, impedindo assim que aconteça de forma gravitacional.

As consequências desse cenário, é vislumbrado na Figura 24.a e 24.b que respectivamente demonstram onde há manifestação de bulbos e buracos no pavimento decorrentes desse conjunto de fatores. Também é possível observar na Figura 24.b, existe a presença de água empoeçada no buraco no meio da via, dando destaque que não ocorreu chuvas no período em que as imagens e vistorias foram definidas.

Figura 24 – Danos nos pavimentos decorrentes de acúmulo de água.



a) Bulbos no pavimento



b) Buraco no pavimento

Fonte: Do autor (2019).

Outro fator constantemente observado é a irregularidade e até mesmo ausência das sarjetas e meios fio. A causa dessas irregularidades podem estar relacionadas a vários fatores, como concepção incorreta, falta de manutenção, ausência de leis municipais que obriguem a construção por parte dos proprietários, etc., porém neste trabalho as causas não podem ser definidas com exatidão. O que se pode observar é que a ausência destes dispositivos gera danos nos demais dispositivos já existentes, afetando assim o próprio pavimento, as calçadas e bocas-de-lobo.

A Figura 25, ilustra a situação observada em várias partes da via. A ausência das sarjetas e meio fio faz com que a água fique acumulada na lateral da via, onde supostamente tais dispositivos deveriam estar, acarretando assim em danos no pavimento e calçada.

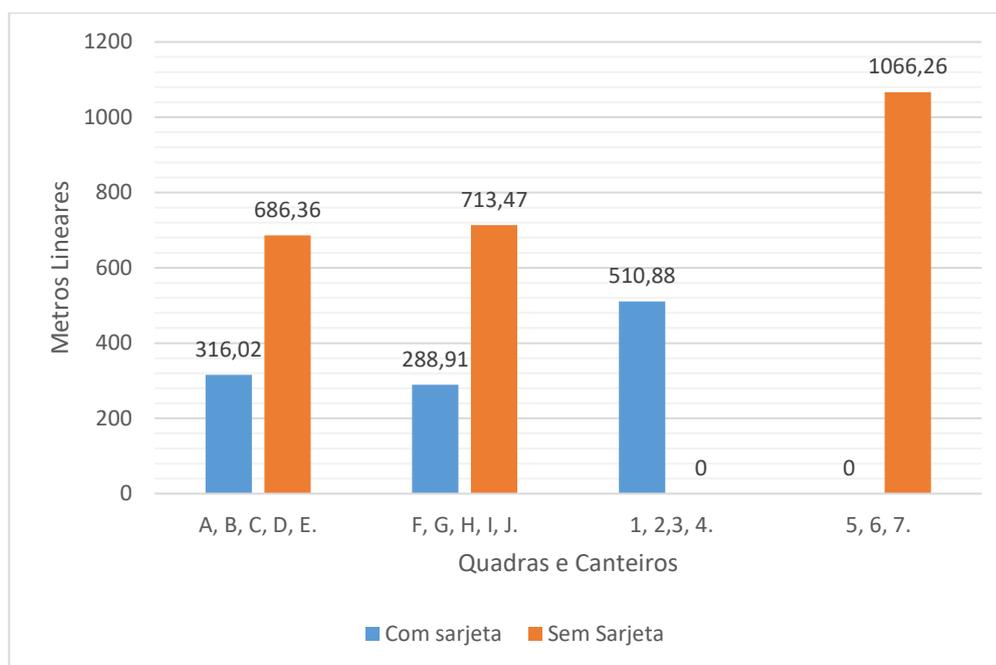
Figura 25 - Ausência de dispositivos.



Fonte: Do autor (2019).

Das ausências de dispositivos, a mais frequente é a falta de sarjetas ao longo da via. O gráfico 4 quantifica os metros lineares das vias que possuem ou não possuem sarjetas.

Gráfico 4 – Metros Lineares de sarjetas.



Fonte: Do autor (2019).

O gráfico 4, acima, mostra a dimensão da situação de ausência das sarjetas. Do lado das quadras A, B, C, D, E, 68,5% do comprimento da via não possui sarjetas, número que aumenta para 71,2% no lado oposto da via, referindo as quadras F, G, H, I e J. Já a situação dos canteiros chega aos dois extremos da situação, onde ambos os lados externos dos canteiros 1,2,3 e 4 possuem 100% de sarjetas, já os canteiros 5,6 e 7, em seus lados não possuem nenhuma sarjeta. Desta forma, a ausência de sarjetas em toda a via é de 68,84% em metros lineares.

A situação das bocas-de-lobo não se difere dos demais dispositivos, pois, o atual cenário em que se encontram mostra-se precário, revelando que as bocas-de-lobo estão expostas a particulares problemáticas, resultando em um funcionando em estado de fragilidade.

O mal funcionamento das bocas de lobos está atrelado a vários fatores que não podem ser confirmados com exatidão, mas é possível afirmar que o processo de

urbanização acelerado é um fator primordial para a fragilização desses dispositivos, já que o mesmo é responsável por elevar o escoamento superficial que acaba facilitando a deposição de sedimentos e resíduos sólidos nas bocas de lobos, acarretando assim, na obstrução ou até em casos mais críticos o entupimento e falha absoluta.

Desta forma, na via se observou que as bocas-de-lobo estão em sua maioria obstruídas, seja por vegetação, resíduos sólidos, sedimentos ou até o conjunto deles. Assim, a Figura 26 apresenta situações em que alguns dispositivos se encontram.

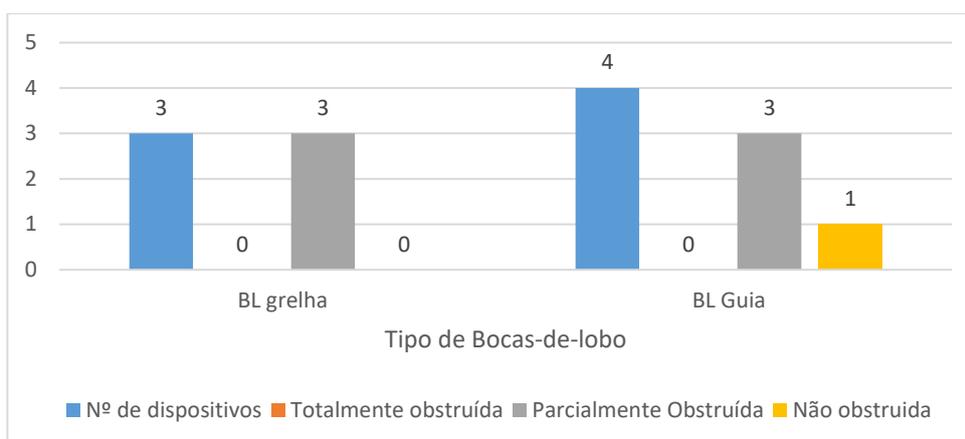
Figura 26 – Estado das bocas-de-lobo.



Fonte: Do autor (2019).

Analisando a Figura 26, se observa materiais de caráter vegetativo e resíduos sólidos, que resultam em uma obstrução parcial da boca-de-lobo do tipo grelha. Nesse caso há a obstrução da água devido a seção geométrica da peça estar reduzida, diminuindo assim a capacidade de escoamento do dispositivo possibilitando a atingir o ponto de chegar à falha do dispositivo.

Partindo da detecção de fragilidade observada nas bocas-de-lobo passíveis de obstrução, o Gráfico 5 foi criado para aprimorar o entendimento dessa situação.

Gráfico 5 – Situação de obstrução das bocas-de-lobo.

Fonte: Do autor (2019).

A concepção do Gráfico 5 ocorreu a partir da realização de um estudo quantitativo das bocas-de-lobo existentes no perímetro estudado em função dos tipos encontrados na vistoria. Os dados que retornam do gráfico, confirmam uma situação crítica das bocas de lobo. A partir da verificação notou-se que 100% das BL tipos grelha estão parcialmente obstruídas, e 75% dos tipos guia encontram-se na mesma situação. A relevância desses dados se torna mais alarmante se observar que em um total de 7 dispositivos drenantes encontrados na via, 86% deles não funcionam na sua total capacidade.

O conjunto de sarjetas, meios-fios e bocas-de-lobo em circunstâncias indesejáveis, se dão devido a vários condicionantes, mas uma análise sobre a faceta da concepção dos mesmos resulta o próprio dimensionamento como ato de falha. A partir dessa perspectiva, resgatando o que o Manual de Drenagem de Águas Pluviais da Cidade de São Paulo de 2012, recomenda para a disposição dos componentes do sistema de drenagem, se observa que várias destas premissas não são respeitadas ao longo da via.

O manual de drenagem, enfatiza que o sistema de galeria deve ser constituído de forma homogênea, onde a disposição dos elementos deve ser fundamentada na premissa de gerar condições adequadas de drenagem. Desta forma as recomendações para as bocas-de-lobo são ignoradas, o Manual diz que o espaçamento máximo entre as BL, é de 60,00 m, caso não analisada a capacidade de descarga da sarjeta. Devido à irregularidade e ausência das sarjetas, as bocas de

lobo deveriam respeitar essa premissa, contudo na vistoria, a distância menor entre dois desses dispositivos era de 123,00 m.

Desta forma, seguindo o critério do Manual, sem analisar a capacidade de descarga da sarjeta, a quantidade mínima de bocas-de-lobo em cada lado da via deveria ser de 17 unidades, dispostos em distâncias de 60,00m entre si.

Outro item não verificado é a presença de poços de visitas, onde o manual determina que para dispositivos de 1,00 metro ou mais de diâmetro, o espaçamento é de 100,00m, contudo não existe nenhum poço de visita ao longo dos 1.002,38m vistoriados.

Na via, supondo dispositivos de 1,00m de diâmetro, seguindo o espaçamento mínimo recomendado, deveriam existir no mínimo 10 poços de visitas, a fim de formar um conjunto de dispositivos homogêneos e eficientes.

7. CONCLUSÃO

Diante do estudo apresentado, verificou-se os reflexos ocasionados pelo processo de urbanização do Município no sistema de drenagem instalado na Av. Ministro João Alberto no perímetro de 1.002,48m responsável pelo maior movimento do município.

A conjuntura dos elementos que compõem o sistema de drenagem nessa área se apresentaram em circunstâncias de fragilidade, onde foi constatado os mais variados danos devido ao processo de urbanização aliado a impermeabilização do solo, fato esse que é previsto por Tucci (1997), quando diz que tais processos aumentam as vazões máximas das águas superficiais, que por sua vez acarretam em um aumento de demanda para o escoamento juntamente com a produção de resíduos sólidos.

O aumento do escoamento superficial não é previsto na concepção do atual sistema, ou a previsão já está defasada pelo longo dos anos, o que é constatado quando a análise sobre os dispositivos demonstra que os mesmos estão em quase toda a sua totalidade em situação crítica. O que se torna notável com as altas porcentagens de metros lineares que não possuem sarjetas, sendo 68,5% e 72,2%, do lado direito e lado esquerdo respectivamente da via, que somado aos canteiros, se tornam 68,84% de metros lineares sem a presença de sarjetas. Outros danos e obstruções foram verificados nas estruturas dos meios-fios, calçadas e bocas-de-lobo. O que é enfatizado quanto a taxa de 86% das bocas-de-lobo estarem obstruídas devido a presença de sedimentos e resíduos sólidos. É importante ainda ressaltar a irregularidade de meio-fio e calçadas em todo o perímetro analisado, o que acarreta maiores dificuldades para o sistema de drenagem em questão.

Existe ainda o fato de a disposição dos elementos atuais constituintes do sistema de drenagem da via estarem de forma não homogênea, diminuindo a eficiência dos dispositivos a ponto do desempenho dos mesmo não serem suficientes para a demanda atual e muito menos a futura do município. Há apenas 7 BL, e nenhum poço de visita, o que de é um número bem inferior se caso fosse seguido as orientações do Manual de Drenagem de Águas Pluviais da cidade de São Paulo, que nos retornam os valores de 17 BL para cada lado da via e 10 poços de visitas, mesmo que não esteja sendo analisado capacidade das cargas das sarjetas.

Desta forma este trabalho possibilita a realização de novos estudos, onde sugere-se para trabalhos futuros analisar a concepção e implementação de um projeto de redimensionamento do sistema atual de drenagem, e de um sistema compensatório, com o intuito de fazer uma comparação entre a eficiência de ambos na realização da captação das águas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZZOUT, Y. **Apoio à decisão aplicado à escolha de técnicas alternativas em saneamento de águas pluviais**. 1996. 245 p. (Tese de Doutorado em Métodos de Design em planejamento, construção e técnicas urbanas) - Instituto Nacional de Ciências Aplicadas, Lyon, 1996.

BACCHI, J. M. **Avaliação de técnicas compensatórias em drenagem urbana baseadas no conceito de desenvolvimento de baixo impacto, com o apoio de modelagem matemática**. Rio de Janeiro, 2013.

BOTELHO, M. H. C. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. 4. ed. rev. e sensivelmente ampl. São Paulo: Blucher, 2018.

BAPTISTA, M. O.; NASCIMENTO, N. O. **O contexto da Drenagem Urbana**. Belo Horizonte: [s.n.], 2001.

BAPTISTA, M. O.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. 2ª. ed. Belo Horizonte: ABRH, 2011. 318 p.

BAPTISTA, L.; FELIPE, M.; TECEDOR, N.; BARBASSA, A **MICRODRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL A PARTIR DAS TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS**. SIMPGEU - Simpósio de Pós Graduação em Engenharia Urbana, Brasil, out. 2013. Disponível em: <<http://www.eventos.uem.br/index.php/simpgeu/simpgeu/paper/view/942/770>>. Data de acesso: 17/05/2019.

BRASIL. Constituição Federal (1988), art. 21. inc. XVIII. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de projeto de geométrico de travessias urbanas**. Rio de Janeiro, 2010. 392p. (IPR, publ., 740).

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Geral. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Álbum de projetos – tipo de dispositivos de drenagem**. - 4. ed. Rio de Janeiro, 2013. 210p. (IPR, publ., 736).

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 018/2004 – ES: **Sarjetas e valetas: Especificação de serviço**. Rio de Janeiro. IPR, 2004.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 020/2006 - ES: **Drenagem - Meios-fios e guias - Especificação de serviço**. Rio de Janeiro. IPR, 2004.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 030/2004 – ES: **Dispositivos de drenagem pluvial urbana: Especificação de serviço**. Rio de Janeiro. IPR, 2004.

BRASIL. **Portaria conjunta nº 148**, de 18 de dezembro de 2013. Diário Oficial da União, Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil, Brasília, DF. 2013. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=58&data=24/12/2013>>. Acesso em 02/05/2019.

CANÇADO, V.L. **Consequências Econômicas Das Inundações E Vulnerabilidade: Desenvolvimento de metodologia para avaliação do impacto nos domicílios e na cidade**. UFMG, Tese de Doutorado, Belo Horizonte, 2009.

CANHOLI, A. P.; (2014). **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2ª ed. São Paulo, São Paulo, Brasil: Oficina de Textos.

CASTRO, L.A.M. **Proposição de indicadores para a avaliação de sistemas de drenagem urbana**. 2002. (Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) — Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2002.

CEPED - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRE. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010: Volume BRASIL**. 2ª ed. rev. ampl. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013.

COBRAPE. **Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos**. Disponível em: <http://www.cobrape.com.br/det_portfolio.php?id=101>. Acesso em 03/05/2019.

DE OLIVEIRA, Alinne Prado; BARBASSA, Ademir Paceli; GONÇALVES, Luciana Márcia. **Aplicação de técnicas compensatórias de drenagem na requalificação de áreas verdes urbanas em Guarulhos-SP**. Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes, v. 4, n. 9, 2016.

GOERL, R.F; KOBIYAMA, M. **Considerações sobre as Inundações no Brasil**. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2005, João Pessoa. Anais... Porto Alegre, ABRH, 2005.

DEMOGRÁFICO, IBGE Censo. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 29/04/2019, v. 3, 2010.

JATOBÁ, S. U. S. **Urbanização, Meio Ambiente e Vulnerabilidade Social**. IPEA. [S.l] p. 141 a 148. 2011. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5567/1/BRU_n05_urbanizacao.pdf>. Acesso em 01/05/2019.

LEE, S. H. **Introdução ao projeto geométrico de rodovias**. 4 ed. Ver. Ampl. Florianópolis: Editora da UFSC, 2017.

MACEDO, P. M. **Contribuição para a Avaliação global de Sistemas de Drenagem Urbana**. Belo Horizonte: Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2004. 164 p.

MATOS, José S. **Aspectos Históricos e Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano**. Revista Engenharia Civil, Lisboa, n. 16, p. 13-23, 2003.

MONTES, R. M.; LEITE, J. F. **A Drenagem Urbana de Águas Pluviais e seus Impactos Cenário Atual da Bacia do Córrego Vaca Brava-Goiânia-GO**. Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 2008. 29 p.

MOTA, S. **Gestão ambiental de recursos hídricos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008.

MOURA, P. M. **Contribuição para a avaliação global de sistemas de drenagem urbana**. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos da Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte. 164p., 2004.

POMPÊO, C. A. **Drenagem Urbana Sustentável**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Florianópolis, v. 5, p. 15-24, 2000.

OLIVEIRA, Diogo Jorge; DE PAULA ANDRADE, Wallace Carrieri. **Os sistemas de saneamento enquanto tecnologias em disputas: o tout-à-l'égout em Belo Horizonte (1893-1902)**. URBANA: Revista Eletrônica do Centro Interdisciplinar de Estudos sobre a Cidade, v. 6, n. 1, p. 694-715, 2014.

SÃO PAULO (Município). Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. São Paulo, 2013. 10 p.

SÃO PAULO (CIDADE). Secretaria Municipal De Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana: volume I**. manual de orientação. 1ª ed. São Paulo: SMDU, 2012.

SÃO PAULO (CIDADE). Secretaria Municipal De Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana: volume III**. manual de orientação. 1ª ed. São Paulo: SMDU, 2012.

SOUZA, Christopher Freire; GONÇALVES, Lidiane Souza; GOLDENFUM, Joel Avruch. **Planejamento integrado de sistemas de drenagem urbana**. IPH/UFRGS, p. 1-50, 2007.

TUCCI, C. E. M. **Água no meio urbano**. In: Águas Doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação, v. 2, p. 475-508, 1997.

TUCCI, C. E. M. **Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre: ABRH. v. 2, n. 2, p. 5-12, 1997.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da drenagem urbana**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre: ABRH. v. 7, n. 1, p. 5-27, 2002.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. 4. ed. Brasília: Ministério das Cidades. 2005.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, v. 11, 2007.

TUCCI, C. E. M. Urbanização e Recursos Hídricos. In: BICUDO, C.E.M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTHUL, M. C. B. **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, p.113-128, 2010.

TUCCI, C.E.M., COLLISHONN, W. **Drenagem urbana e controle de erosão**. In: Tucci, C.E.M. e Marques, D.M.L.M. Avaliação e controle da drenagem urbana – Porto Alegre: Ed. Universidade, pp. 119 – 127. 2000.

TUCCI, C. E. M.; MELLER, A. **Regulação das águas pluviais urbanas**. Rega – Revista de Gestão da América Latina, Porto Alegre:v. 4, n. 1, p. 75 – 89, 2007.

URBANO, S. M. D. D. **Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana**. São Paulo: [s.n.], v. I, 2012. 168 p.

APÊNDICE A – DADOS COLETADOS DAS SARJETAS E MEIOS-FIOS.

Sarjetas e Meios fios				
Quadra	Ponto de Medição	h(cm)	l (cm)	Tipo de obstrução
A	Início	9	32	Resíduo sólido
	Meio	24	24	Sedimentos + Resíduos sólidos
	Final	11	X	X
B	Início	Sem sarjeta e meio fio		X
	Meio	11	34	Sedimentos sólidos
	Final	12	42	Sedimentos sólidos
C	Início	21	Irregular	Sarjeta + alta que pavimento
	Meio	9	Sem sarjeta	X
	Final	12	Sem sarjeta	X
D	Início	13	Sem sarjeta	X
	Meio	19	Sem sarjeta	X
	Final	Sem sarjeta e meio fio		X
E	Início	12	27	X
	Meio	15	Sem sarjeta	X
	Final	23	Sem sarjeta	X
F	Início	14	Sem sarjeta	X
	Meio	13	Sem sarjeta	X
	Final	14	Sem sarjeta	X
G	Início	15	Sem sarjeta	X
	Meio	13	Sem sarjeta	X
	Final	18	Sem sarjeta	X
H	Início	15	Sem sarjeta	X
	Meio	17	Sem sarjeta	X

	Final	13	Sem sarjeta	X
I	Início	20	Sem sarjeta	X
	Meio	25	21	Resíduos sólidos
	Final	15	33	Resíduos sólidos
J	Início	15	46	Resíduos sólidos
	Meio	14	20	Resíduos sólidos
	Final	Sem meio fio e sarjeta		X

Sarjetas e meio fio						
Canteiro 7						
	Lado direito da via			Lado esquerdo da via		
Ponto de medição	h (cm)	l (cm)	Tipo de Obstrução	h (cm)	l (cm)	Tipo de Obstrução
Início	15	X	X	14	X	X
Meio	18	X	X	21	X	X
Final	20	X	X	19	X	X
Canteiro 6						
	Lado direito da via			Lado esquerdo da via		
Ponto de medição	h (cm)	l (cm)	Tipo de Obstrução	h (cm)	l (cm)	Tipo de Obstrução
Início	21	X	X	14	X	X
Meio	16	X	X	14	X	X
Meio'	18	X	X	17	X	X
Final	23	X	X	21	X	X
Canteiro 5						
	Lado direito da via			Lado esquerdo da via		
Ponto de medição	h (cm)	l (cm)	Tipo de Obstrução	h (cm)	l (cm)	Tipo de Obstrução
Início	14	X	X	15	X	X
Meio	15	X	X	13	X	X
Final	20	X	X	16	X	X
Canteiro 4						

	Lado direito da via			Lado esquerdo da via		
Ponto de medição	h (cm)	l (cm)	Tipo de Obstrução	h (cm)	l (cm)	Tipo de Obstrução
Início	14	31	Sedimentos	17	25	Sedimentos
Meio	17	27	Sedimentos	18	31	Sedimentos
Final	15	27	Sedimentos	13	24	Sedimentos
Canteiro 3						
	Lado direito da via			Lado esquerdo da via		
Ponto de medição	h (cm)	l (cm)	Tipo de Obstrução	h (cm)	l (cm)	Tipo de Obstrução
Início	17	32	X	16	29	X
Meio	15	25	X	17	31	X
Final	13	28	Sedimentos	11	32	Sedimentos
Canteiro 2						
	Lado direito da via			Lado esquerdo da via		
Ponto de medição	h (cm)	l (cm)	Tipo de Obstrução	h (cm)	l (cm)	Tipo de Obstrução
Início	13	18	Sedimentos	19	22	Sedimentos
Meio	14	22	X	18	32	X
Final	17	29	Sedimentos	16	28	Sedimentos
Canteiro 1						
	Lado direito da via			Lado esquerdo da via		
Ponto de medição	h (cm)	l (cm)	Tipo de Obstrução	h (cm)	l (cm)	Tipo de Obstrução
Início	19	26	Sedimentos	17	19	Sedimentos
Meio	17	27	Sedimentos	17	23	Sedimentos
Final	16	28	Sedimentos	14	22	Sedimentos

APÊNDICE B – DADOS COLETADOS DAS BOCAS-DE-LOBO

Bocas-de-lobo					
Quadra	Qtd	comp(cm)	l (cm)	H (cm)	Tipo de B. L
B	1	120	40		Grelha
C	1	124	116		Grelha
E	3	128		17	Guia
		131		26	
		111		21	
G	1	155		25	Guia
I	1	122	80 142		Grelha