



CENTRO UNIVERSITÁRIO - UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DOM BOSCO  
ENGENHARIA CIVIL

**LEONARDO SMITH FERNANDES GONDIM.**

**SISTEMA DE DRENAGEM URBANA PARA CAPTAÇÃO, TRANSPORTE E DESAGUE  
DE ÁGUAS PLUVIAIS:** Um estudo de caso na Avenida São Carlos, situada no bairro Olho  
D'agua na cidade de São Luís

São Luís

2020

**LEONARDO SMITH FERNANDES GONDIM**

**SISTEMA DE DRENAGEM URBANA PARA CAPTAÇÃO, TRANSPORTE E DESAGUE DE ÁGUAS PLUVIAIS:** Um estudo de caso sobre a avenida São Carlos, situada no bairro Olho D'água, em cidade de São Luís

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil no Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco – UNDB, como requisito para obtenção do grau de bacharel em engenharia civil.



Orientador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Claudemir Gomes de Santana.

São Luís

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Centro Universitário - UNDB / Biblioteca

Gondim, Leonardo Smith Fernandes

Sistema de drenagem urbana para captação, transporte e desague de águas pluviais: um estudo de caso sobre a avenida São Carlos, situada no bairro Olho D'água em cidade de São Luís. / Leonardo Smith Fernandes Gondim. \_\_ São Luís, 2020.

67 f.

Orientador: Prof. Dr. Claudemir Gomes de Santana

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco – UNDB, 2020.

1. Drenagem urbana. 2. Elementos hidráulicos. 3. Macrodrenagem.  
4. Dimensionamento. I. Título.

CDU 628.2(812.1)

**SISTEMA DE DRENAGEM URBANA PARA CAPTAÇÃO, TRANSPORTE E DESAGUE DE ÁGUAS PLUVIAIS:** Um estudo de caso sobre a avenida São Carlos, situada no bairro Olho D'água, em cidade de São Luís

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitario, Unidade de Ensino superior, Dom Bosco – UNDB, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 07 / 12 / 2020.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Dr. Claudemir Gomes de Santana (Orientador)  
Centro universitario Unidade de Ensino Superior Dom Bosco - UNDB

---

Renata Medeiros Lobo Muller. (1º examinador)  
Centro universitario Unidade de Ensino Superior Dom Bosco - UNDB

---

Rafael Carlos Walachinski. (2º Examinador)  
Centro universitario Unidade de Ensino Superior Dom Bosco - UNDB

## AGRADECIMENTOS

Agradecer a Deus, que esteve comigo em toda elaboração do TCC e caminhada acadêmica me proporcionando a oportunidade de cursar Engenharia Civil, formando um profissional digno e competente na área.

Quero agradecer ao meu pai Marcio Aurelio Fernandes Gondim e minha mãe Marly Smith Fernandes Gondim por toda dedicação e investimento realizado na minha formação como profissional.

Agradecer a minha namorada Wanessa Ketellen Pereira de Souza, que teve uma importante participação na minha caminhada profissional, apoiando os momentos difíceis e dividindo ótimas lembranças ao meu lado.

Agradecer a minha vó, Maria Celeste pelo apoio em toda a caminhada no curso de Engenharia e a minha tia, Maria Antonia por todo apoio e investimento realizado na minha formação como profissional.

Ao professor Claudemir Gomes de Santana, por toda dedicação como Orientador e amigo ao longo desse trabalho, com toda paciência e principalmente todo conhecimento transmitido a respeito do tema, além de dicas fundamentais para elaboração do trabalho e principalmente por me dar a ideia acerca do estudo de caso.

À professora Renata Muller, como professora de TCC2, que nos deu todo suporte de estrutura e base para elaboração do trabalho, com ótimas aulas durante o período.

E aos meus amigos de sala presentes nesses anos de graduação, por todos os momentos compartilhados e conhecimentos adquiridos ao longo de todo curso de Engenharia, com a certeza de que serão grandes profissionais também.

**“Engenheiros gostam de resolver problemas. Se não há problemas disponíveis, eles criam seus próprios problemas.”**  
(Scott Adams.)

## RESUMO

O trabalho em questão apresenta um estudo de caso a respeito da obra de drenagem da avenida São Carlos, localizada no bairro do olho d'água, São Luís maranhão. Com base em visitas e análise do local, verificamos que o sistema de drenagem desenvolvido, foi feito inteiramente completo sem que houvesse qualquer sistema de drenagem mais elaborado na avenida, uma vez que a avenida por se se, possuindo um alto índice de inclinação, foi usada por muitos anos sem a presença de um sistema completo e eficaz. O estudo foi baseado em dados e relatórios fotográficos do local em questão, além de acompanhamento da execução de todo o sistema da avenida. A obtenção de alguns desses dados fornecidos foram cedidos por meio da empresa responsável para execução do sistema, além de auxílio de programas computacionais, como o Google Earth Pro<sup>®</sup>, GoogleMaps<sup>®</sup> e Excel<sup>®</sup>, com registros fotográficos, de toda área de analisada e dados obtidos em campo com o acompanhamento das atividades. Com base em estudos feitos na área, tendo em vista a não existência de um sistema anterior, constatou-se a ineficiência do método de drenagem existente. Conhecendo-se as características do local, tempos de concentração e a equação de chuva de São Luís, foi executado todo um projeto de novas dimensões e componentes do sistema, obras de arte da micro e macrodrenagem que irão permitir a viabilidade do devido escoamento das águas pluviais na área de estudo e seu transporte para um local final mais adequado.

**Palavras-chave:** drenagem urbana, macrodrenagem, elementos hidráulicos, método racional, dimensionamento, tubos e aduelas.

## ABSTRACT

The work in question presents a case study regarding the drainage work on the São Carlos avenue, located in the neighborhood of Olho d'água, São Luis Maranhão. Based on visits and analysis of the site, we found that the drainage system developed was made entirely complete without any more elaborate drainage system on the avenue, since the avenue itself, having a high slope index, was used for many years without the presence of a complete and effective system. The study was based on data and photographic reports from the site in question, in addition to projects made for the site. AutoCAD-2015®, Google Earth Pro®, GoogleMaps® and Excel®, with photographic records, of the entire analyzed area, and obtaining the projects used. Based on studies carried out in the study area, in view of the absence of a previous system, the inefficiency of the existing drainage method was found. Knowing the contribution flows, concentration times and the rain equation of São Luís, a project of new dimensions and components of the system was elaborated and dimensioned, works of art of microdrainage that will allow the viability of the rainwater drainage in the study area and its transport to a suitable location.

**Keywords:** urban drainage, microdrainage, hydraulic elements, design flows, rational method, design.



## LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 - Localização da área de estudo.....	39
Imagem 2 - Avenida São Carlos.....	41
Imagem 3 - Descida da Avenida São Carlos.....	44
Imagem 4 - Layout simplificado com as localizações aproximadas das caixas e bocas de lobo....	45
Imagem 5 - Escavação e execução de berço para as tubulações .....	47
Imagem 6 - Execução de contra berço das tubulações.....	47
Imagem 7 - Pontos de escavações mais profundos .....	48
Imagem 8 - Aparição e inundação de pontos por meio de olho d'agua .....	49
Imagem 9 - Assentamento dos tubos de concreto.....	51
Imagem 10 - Execução do método de degraus .....	52
Imagem 11 - Início da execução das bocas de lobo.....	53
Imagem 12 - Execução do canal ligando a BLT a galeria central.....	55
Imagem 13 - Execução do canal para contornar a tubulação de abastecimento .....	56
Imagem 14 - Etapa de aterro das tubulações e caixas finalizadas .....	57
Imagem 15 - Execução do contra piso, para assentamento das aduelas .....	58

## **LISTA DE QUADROS E TABELAS.**

Quadro 1 - Parâmetros utilizados em canais circular das galerias de águas pluviais.....	<b>24</b>
Quadro 2 - Período de retorno.....	<b>27</b>
Tabela 1 - Valores do coeficiente de escoamento superficial.....	<b>25</b>

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Coeficiente de escoamento.....	26
Equação 2 - Tempo de concentração .....	26
Equação 3 - Formula do cálculo de constante .....	27
Equação 4 - Formula do cálculo referente ao angulo central.....	28
Equação 5 - formula da área molhada.....	28
Equação 6 - Formula referente a área molhada .....	28
Equação 7 - Formula referente a razão, altura d'agua pelo diâmetro.....	28

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	14
1.1 Problema .....	15
1.2 Hipóteses.....	15
1.3 Objetivos.....	16
1.3.1 Geral.....	16
1.3.2 Específicos .....	16
1.4 Justificativa .....	16
1.5 Síntese metodológica. ....	17
2 DRENAGEM URBANA.....	18
2.1 Surgimento da drenagem urbana. ....	18
2.2 Quais elementos compõe a drenagem urbana.....	19
2.3 Sistema de drenagem urbana no brasil.....	21
2.4 Tipos de drenagem urbana. ....	22
3 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE UMA DRENAGEM.....	24
3.1 Método Racional.....	25
3.2 Método de Saatçi.....	27
4 BACIAS HIDROGRAFICAS X DRENAGEM URBANA.....	29
5 NOVAS TÉCNICAS DE DRENAGEM URBANA: .....	31
5.1 Reservatórios para retenção de água.....	31
5.2 Jardins de chuva.....	31
5.3 Pavimento drenante.....	32
6 PROJETO DE DRENAGEM URBANA.....	33
6.1 Etapas construtivas do sistema de drenagem.....	33
6.1.1 Identificação da topografia. ....	34
6.1.2 Escavação para tubulação. ....	34
6.1.3 Escoramento da escavação.....	34
6.1.4 Execução do lastro. ....	35
6.1.5 Construção dos poços de visita.....	35
6.1.6 Alvenaria e blocos estruturais.....	35
6.1.7 Elaboração de argamassa. ....	36
6.1.8 Fechamento da escavação. ....	36
6.2 Falhas na drenagem urbana.....	36
6.2.1 Inundações. ....	36

6.2.2 Alagamento.....	37
6.2.3 Enchente.....	37
6.3 Drenagem urbana x esgoto sanitário.....	38
7 METODOLOGIA.....	39
7.1 Tipo de pesquisa.....	39
7.2 Local de estudo.....	39
7.3 Coleta de dados.....	40
7.4 Análise de dados.....	40
7.5 Aspectos éticos.....	40
8 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
8.1 Considerações iniciais.....	40
8.1.1 Características desfavoráveis ao projeto.....	41
8.1.2 Pontos críticos da obra.....	43
8.2 Início da execução.....	45
8.2.1 Escavações.....	46
8.2.2 Tubos e aduelas.....	50
8.2.3 Caixas coletoras, de passagem e poços de visita.....	52
8.2.4 Aterro das tubulações e caixas de passagem.....	56
8.2.5 Ponto de desague da drenagem.....	57
8.3 Finalização e cenário atual da obra.....	59
8.4 Considerações finais.....	60
9. CONCLUSÃO.....	63
BIBLIOGRAFIA:.....	64
ANEXO:.....	66

## 1 INTRODUÇÃO

Drenagem urbana consiste em um conjunto de técnicas visando um único objetivo, minimizar e impedir enchentes, inundações e alagamentos causadas por chuvas e tempestades, garantindo que haja uma melhor segurança e diminuindo os riscos à saúde, além de assegurar o patrimônio público e privado, tendo assim um ambiente mais seguro e saudável para o crescimento urbano. Afirmam Dias e Antunes (2010) que a drenagem é um termo muito utilizado para definir o escoamento de águas em instalações hidráulicas, sendo elas sarjeta, poços de visita, boca de lobo entre outros, e utilizada em rodovias, em áreas urbanas ou zonas rurais

Sistemas de drenagem urbana representam uma parte de extrema importância para a área da engenharia, sendo uma das partes indispensáveis para a qualidade de vida das pessoas na cidade, tendo em vista que visa reduzir os riscos que a população está exposta, sejam a fenômenos naturais ou não, além de garantir a diminuição das despesas causadas por inundações e alagamentos, e contribui para o crescimento urbano de forma organizada.

Dentre as principais causas das enchentes, muitas delas ocorrem devido à ocupação desordenada das cidades, sendo tanto do território urbano quanto as periferias da cidade, sendo ocasionada quando o acumulado de toda a área da bacia hidrográfica da região e o sistema de drenagem, sofrem com o mau dimensionamento causando inúmeros problemas às residências vizinhas, onde muitos desenvolvidos no Brasil se quer tem a preocupação referente ao total de volumes escoados pelos sistemas.

Segundo Canholi (2005) existem duas medidas que tem como função solucionar o problema das enchentes, denominadas como medidas de controle, classificadas entre medidas estruturais e de fins não estruturais, sendo a primeira realizada por meio de obras de engenharia, executando canalização, retardamento do fluxo de escoamento, restauração de calhas naturais entre outras, enquanto a segunda medida se compreende na organização da ocupação urbana, a fim de ir melhorando a conscientização referente a ocupação das pessoas e de suas atividades.

O presente trabalho tem como objetivo fazer um estudo de caso de uma importante avenida em São Luís, que não possuía um sistema de drenagem eficiente, e que teve de ser feito um sistema completo para solucionar problemas de excesso de contribuição sendo jogados diretamente ao mar, e diminuir os estragos causados pela alta precipitação que descia pela avenida. O ponto analisado está localizado na Avenida São Carlos, dentro do bairro do olho d'água. Diante de muitas análises, se viu a necessidade da construção de um sistema novo para a avenida, a fim de solucionar alguns problemas encontrados e garantir a sua completa eficiência e trabalhabilidade.

## **1.1 Problema**

Com o passar dos anos, um assunto que tem ganhado espaço em discussões na área da construção civil, foi o de drenagem urbana, visto que principalmente em nosso país, esses tipos de construção sofrem e muito com a sua má utilização, ou dimensionamento incorreto, seja de etapas construtivas ou até mesmo referente a captação e transporte, fazendo com que muitos desses projetos, sejam inutilizados ou insuficientes para a finalidade em que foi executado.

Dentre vários fatores os quais prejudicam o funcionamento do sistema, temos também de destacar um de seus principais, que consiste na própria população, seja em mal-uso do mesmo ou a falta de manutenção básica, acarretando problemas como entupimentos das tubulações de transporte, desague de esgoto e águas não pluviais, quebra de caixas ou inutilização por conta de detritos depositados, entre outros, visto que em nosso país ainda o maior problema é a conscientização populacional.

Problemas na sua execução são um tanto quanto mais difíceis de ocorrer, porém existe essa possibilidade, seja por falta de mão de obra qualificada, material de má qualidade, inexistência de algumas etapas ou execução inadequada, fazendo com que o mesmo não tenha a sua eficiência comprovada, acarretando retrabalhos difíceis ou até mesmo a substituição de alguns dos componentes da tubulação.

A execução e desenvolvimento do sistema de drenagem da Avenida São Carlos, tem como finalidade garantir que toda a água desencadeada pelas chuvas consiga ser transportada para as suas respectivas saídas sem que haja alagamentos pontuais ao longo da avenida. A garantia de um bom dimensionamento dos tubos e aduelas utilizados, proporcionam ao sistema uma completa eficiência no seu funcionamento durante o seu período de validade, sendo assim o projeto de drenagem desenvolvido para a São Carlos, consegue atender a demanda exigida para a avenida e obter um resultado satisfatório?

## **1.2 Hipóteses**

- Analisar os principais problemas encontrados na Avenida São Carlos no seu projeto.
- explicar o processo executivo das tubulações, caixas de passagem e galerias.
- Identificar a etapa que mais levou tempo para ser executada.
- Discorrer sobre as adequações foram feitas no projeto e execução.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Geral**

Análise de todo o projeto e execução da drenagem referente a avenida São Carlos, analisando etapas construtivas, métodos utilizados e problemas ao longo do processo de execução.

### **1.3.2 Específicos**

- Avaliar os problemas encontrados na sua execução e implantação.
- Analisar as soluções adotadas para determinados problemas encontrados ao longo do projeto.
- Descrever as peculiaridades encontradas ao longo da execução e que medidas foram tomadas.
- Analisar se o sistema em questão atende as necessidades da avenida.

## **1.4 Justificativa**

O crescimento urbano aliado à falta de planejamento nas cidades, nos faz pensar em preocupações ambientais e do bem-estar da população, visto que o uso dos recursos hídricos é cada vez mais explorado e acaba por gerar um altíssimo estresse no mesmo, gerando problemas para o presente e futuro do corpo hídrico, se tornando assim um grande desafio aos planejadores, que buscam sempre o melhor cenário possível para garantir eficiência e qualidade do mesmo.

A drenagem urbana em contrapartida, se mostra também cada vez mais necessária para o crescimento populacional, visto que desde a sua criação, o conceito de funcionamento não sofreu muitas alterações, ou seja, fazer com que toda água decorrente de precipitações ou vazamentos possa ser transportada para jusante, garantindo que não haja inundações, alagamentos ou problemas decorrentes do acúmulo de água. A drenagem urbana é um dos pontos mais importantes na área da construção civil, porém a mais mal utilizada e subestimada, onde seu funcionamento acaba sendo executado de forma errada ou então o seu dimensionamento se dá de forma insuficiente para o ambiente que ela irá trabalhar.

O projeto em questão aborda sobre o desenvolvimento de um sistema de drenagem em uma avenida situada no bairro do olho d'água, na cidade de São Luís do Maranhão, o qual a mesma não possuía um sistema muito eficiente, apenas eram utilizados sarjetas e a própria declividade da avenida, sendo assim problemas como erosão e o transporte de sedimentos para a orla marinha, vinham sendo constantes, além do acúmulo de água em determinadas partes da avenida.

Desde a construção da avenida não se teve registro de nenhum sistema de drenagem pluvial, sendo assim ao decorrer deste trabalho serão mostradas as etapas construtivas do sistema, cálculos e projetos feitos, afim de garantir uma total eficiência do projeto, além de algumas



peculiaridades referentes ao terreno e adequações, para contornar problemas encontrados no seu desenvolvimento e garantir uma execução correta e capaz de suprir a demanda de vazão da avenida São Carlos, no bairro do olho d água.

### **1.5 Síntese metodológica.**

O trabalho apresentado é dividido em referencial teórico, metodologia, estudo de caso e referências bibliográficas, sendo assim, temos de início toda a fundamentação sobre o assunto, abordando tópicos e características, dimensionamento de um sistema, etapas de projetos e novas técnicas a serem utilizadas.

Dando início temos o capítulo 2, sendo o mesmo o início do referencial teórico, discorrendo sobre a história da drenagem urbana, seu surgimento e primeiros registros históricos, além dos componentes de um sistema de drenagem e o presente cenário no Brasil.

Seguindo o enredo, vamos ao capítulo 3, parte inclusa também ao referencial teórico, abordando o dimensionamento de um sistema de drenagem, apresentando dois métodos que atualmente estão presentes em basicamente todos os sistemas, onde entendemos um pouco mais sobre cada método, suas variáveis e métodos de análise, além de significados e como determinar cada variável referente ao sistema de cálculos.

O capítulo 4, colocamos em ênfase a importância da análise da bacia hidrográfica, suas áreas de influência e como ela contribui para o dimensionamento e execução de um bom sistema de drenagem além da análise do crescimento urbano e suas influências na mesma.

Referente ao capítulo 5, apresentamos novas técnicas de drenagem, mostrando alternativas e soluções para um novo sistema, para se drenar as águas da chuva ou conduzi-la de uma maneira mais rápida e eficiente de volta aos corpos hídricos, sendo assim temos exemplos como o pavimento drenante, jardins de chuva e reservatórios, sendo os mesmos algumas das alternativas para auxiliar na drenagem e deságue adequado da precipitação.

Por fim ao referencial teórico, temos o capítulo 6, sendo o mesmo voltado ao projeto de um sistema de drenagem, apresentando as etapas construtivas, com cada passo a ser executado, recomendações e cuidados, além de apresentar as principais falhas de um sistema de drenagem e abordando um tema muito importante a respeito do cenário atual, que é a má utilização de um sistema de drenagem, servindo como receptor de esgoto doméstico, onde o mesmo não foi dimensionado para tal função, mas atualmente se vê muitos casos de contaminação do sistema por esgoto doméstico, gerando problemas ambientais além também de afetar o seu funcionamento normal.

## **2 DRENAGEM URBANA.**

### **2.1 Surgimento da drenagem urbana.**

Há mais de 5.000 anos atrás, surgem os primeiros registros de sistemas de drenagem, técnicas sendo aperfeiçoadas ao longo de vários anos onde o principal intuito continua a ser a condução de águas pluviais, porém durante primeiros 4.800 anos, os avanços não foram muito significativos. Passou a se perceber uma melhoria a partir dos últimos 150 anos, que própria mente dita, houve uma evolução, motivado, grande parte, pelos problemas e desafios do aumento populacional, auxiliado também pelo crescimento da industrial, concentração das populações nas zonas litorais e pelo agravamento da qualidade das águas dos meios receptores, onde a necessidade de melhorias nas técnicas e métodos construtivos se mostrou cada vez mais indispensável tanto para a própria população quanto para o meio ambiente.

Em períodos como à Idade Moderna, as obras de drenagem não eram consideradas, medidas de infraestrutura no desenvolvimento dos núcleos urbanos, porém existem registros de intervenções, baseado em conhecimentos trazidos pelas antigas civilizações. Webster (1962) cita, por exemplo, o sistema de drenagem com coletores e drenos do aglomerado de Mohengo-Doro, desenvolvido pela civilização Hindu, que atualmente faz parte do Paquistão Ocidental, onde as ruínas desse antigo sistema, destinava-se sobretudo à drenagem de escoamento das vias, datada de 3000 A.C., se destaca pela atenção e cuidado, na altura e com a construção desse tipo de infraestrutura (WEBSTER, 1962).

Em Cnossos, urbe da ilha de Creta, pode-se admirar na cidade de Iráklion, o famoso palácio, com pátios inferiores, terraços, decorações ao longo dos murais, além de um impressionante e bem executado, sistema de drenagem, onde o recurso desenvolvido, conta com sistemas de drenagem construídos em pedra e argila, com coletores de águas residuais que descarregavam no efluente a uma distância considerável da origem. Chuvas frequentes e com alta intensidade, faziam com que a região tivesse uma ocorrência praticamente cíclica para sua autolimpeza.

A Cloaca Máxima de Roma se tornou uma das primeiras obras de dimensão relevante, quando o assunto é drenagem, construída com intuito da melhoria na qualidade de vida urbana, a sua finalidade era um sistema de esgoto, construído na cidade de Roma para drenar os pântanos e remover os dejetos da cidade, despejando-os no rio Tibre. Com auxílio do serviço público existia um imposto específico, destinado a assegurar a manutenção das mesmas, além de uma equipe de funcionários responsabilizados pela sua inspeção, garantindo assim uma perfeita eficiência do sistema em questão.

Cloaca é um termo proveniente do latim que possui o significado de “condutor de drenagem urbana”, assim como o termo coletor provém do latim Colego, tendo como significado, reunir ou juntar, fazendo assim o conceito da rede de drenagem, construída por trechos interligados, formadas por coletores que destinam a água para seus devidos locais de desagüe.

A drenagem urbana se trata de um conjunto de medidas, afim de que tem como objetivo final, visa-se minimizar ou impedir qualquer inundações causadas pela ação da chuva, evitando assim riscos à saúde e ao patrimônio público, onde desde a antiguidade os povos já utilizavam artifícios para favorecer o percurso da água até pelo fato de muitas comunidades dependerem de agricultura para economia e abastecimento.

A drenagem urbana é um sistema que tem como objetivo escoar as águas provenientes de chuva que por ventura acumulam em determinadas regiões, e por meio de estruturas como tubos, tuneis, valas e sarjetas direcionarem para o descarte devidamente correto e seguro. Em estudos para o desenvolvimento da drenagem urbana temos de levar em consideração a bacia hidrológica da área inundada, definindo assim uma área, constituídas por divisores de água pelas partes mais altas, aproveitando ao máximo o escoamento por gravidade, para garantir a melhor funcionabilidade do sistema. Para poder entender e quantificar e poder realizar todo um estudo de drenagem, se tem como ponto crucial os estudar os parâmetros relacionados e as suas características físicas, geológicas e vegetativas (VALENTE, 2013).

## **2.2 Quais elementos compõe a drenagem urbana.**

Como qualquer outro sistema de grande escala, a drenagem urbana tem por característica a divisão em elementos necessários para o seu funcionamento, sendo eles partes fundamentais para seu desenvolvimento correto, entre eles podemos citar;

**Pavimento das ruas:** Responsável pela impermeabilização dos solos fazendo com que toda a água decorrente das chuvas, seja conduzida para as redes coletoras, por meio da sua inclinação para as laterais, onde o formato de hipérbole comumente utilizado na pavimentação, garante o caimento lateral da chuva, direcionando a mesma para as sarjetas e posteriormente as bocas de lobo.

**Guias e sarjetas:** Refere-se ao meio responsável pelo escoamento das águas pluviais em, em ruas e avenidas que beiram o meio-fio, conhecido também como guia, das calçadas. A sarjeta deve preferencialmente, estar num nível abaixo referente a pista de rolamento, para que possa conduzir a água até os bueiros ou bocas-de-lobo.

**Bocas de lobo:** Confeccionada com materiais altamente resistentes, devem ser executadas junto ao meio-fio ou guias, podendo assim redirecionar as águas decorrente de chuvas ou vazamentos, para a rede coletora.

Elementos confeccionados em formas ou loco, destinados a receber águas pluviais que venham a escoar pelas vias, sendo os mesmos, dispositivos essenciais para um sistema de drenagem, visto que toda a água que escoar pela galeria diretamente para os demais condutos é primeiramente recebida pelas bocas de lobo, logo devem ser dispostos em pontos estratégicos, em locais que garantam uma boa captação da água da chuva e para isso é necessário que seja adequadamente alocado numa bacia hidrográfica. Ramos et al. (1999), afirma que na execução de locação das bocas de lobos, é importante levar em consideração algumas medidas para essa etapa, sendo elas:

- Ser locadas em diferentes lados da rua quando a saturação da sarjeta for ultrapassada as suas capacidades de engolimento;
- Ser locadas nas cotas mais baixas da região, para garantir uma boa captação;
- Analisar a capacidade de descarga da sarjeta, obedecendo uma distância para as bocas de lobos com um espaçamento máximo de 60 metros entre elas;
- As sarjetas devem ser feitas em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento, junto às esquinas;
- Evitar a localização das bocas de lobos junto aos cantos do ou ângulos de interseção das sarjetas das ruas convergentes.

**Galerias de drenagem:** o sistema de tubos, aduelas ou canais subterrâneos, destinados à captação e escoamento de toda água coletada pelas bocas de lobo, para o seu destino final. Segundo Tomaz (2013), não existe apenas um critério estabelecido, para o diâmetro mínimo de ligação no Brasil, sendo assim o adotado como parâmetro, é na verdade uma declividade mínima de 1% como padrão, e no mais, os dimensionamentos são pautados pelo órgão municipal responsável por obras de drenagem. Em contra partida Moraes (2015), afirma que os tubos de ligação por sua vez, deveram possuir diâmetro mínimo, pelo menos de 500mm e serem feitos em concreto armado. Também complementando, para Hiroshi (2003), tubos, que partem das bocas de lobos para alimentar as galerias coletoras do canal principal, podem terminar em poço de visita, caixa de ligação ou então outra tubulação que sirva de conexão, porém não devem possuir diâmetro menor que 300mm, muito menos declividade menor a 1%, possuindo assim uma vazão de 80 l/s pelo tubo, aproximadamente.

**Poços de visita:** São elementos localizados em pontos estratégicos da rede de captação e transporte de água com a finalidade de facilitar mudanças de direção ao longo dos anos, alteração na declividade, diâmetro da tubulação e limpeza das galerias, sendo a sua principal função, garantir que se tenha acesso as todas as canalizações a fim de fazer a realização da limpeza, e de garantir um funcionamento correto e sem problemas, das mesmas que ali se encontram. Segundo a Norma Técnica da Sabesp – NTS – 025, de julho de 2006, poço de visita é definida como uma câmara que possa ser visitada, por intermédio de uma abertura na sua parte superior, possibilitando assim à execução de tarefas internas de manutenção e inspeção das canalizações (BRASIL, 2006).

Segundo Botelho (2011), os P.V.s podem ser executados também em cruzamentos de ruas ou avenidas, em casos de quando a galeria tem seu diâmetro aumentado em projeto, quando houver mudança na direção e alinhamento, a montante da rede ou em trechos muito distantes uns aos outros nas galerias sem inspeção. Um projeto de drenagem é aconselhável não ser obrigado ou construir um número excessivo para execução de P.V.s, visto que é um elemento de alto custo ao ser executado.

### **2.3 Sistema de drenagem urbana no Brasil.**

Os sistemas de drenagem urbana no Brasil seguem um padrão baseado apenas na eficiência hidráulica, apesar de existir um reconhecimento de que essa abordagem não resolve os problemas, principalmente a longo prazo, é considerada uma ação pontual e que age sobre os efeitos. Sendo assim, os sistemas de drenagem continuam sendo concebidos, dimensionados com grandes riscos de ocasionar falhas. Mesmo com o grande avanço e desenvolvimento de técnicas, abordagens mais eficientes, com foco na bacia hidrográfica e nos impactos da urbanização, ainda não houve utilização desse conhecimento na prática dos técnicos municipais e tomadores de decisão, sendo assim muitos dos nossos sistemas acabam por não desempenhar suas devidas funções. Considerando aspectos da infraestrutura urbana, percebe-se a grande necessidade na mudança de paradigma, ou seja, substituir a gestão atual, ou sua abordagem, pela gestão da demanda visando a sustentabilidade e alternativas mais eficazes na sua execução.

A drenagem urbana no Brasil sempre se baseou na busca do sistema hidráulicamente mais eficiente, focado em uma visão higienista, criando estruturas de micro e macrodrenagem para conduzir a água para fora das cidades. O conceito de sistema de drenagem urbana adotado no Brasil, presente na maioria dos manuais, se refere a um conjunto de elementos destinados a recolher as águas pluviais precipitadas em uma determinada região e que percorra sobre sua superfície, conduzindo-as a um destino final. Como destaca Botelho (1998), os sistemas de drenagem pluvial

devem ser dimensionados com base na máxima “pegar e largar depressa”, ou seja, recolher as águas e conduzi-las da forma mais rápida para jusante. Em uma visão mais simples, o problema é calcular as vazões e dimensionar os condutos e galerias para transportá-las até a jusante.

No desenho atual das cidades brasileiras, se torna muito difícil visualizar cursos d'água, visto que atualmente a maioria se encontra enterrado sob as ruas e avenidas. Conforme apresentado por Borsagli (2011), em uma análise da cartografia de Belo Horizonte, os córregos vão sendo excluídos da paisagem gradativamente. O córrego Leitão, que cruza o centro da cidade, passou por várias etapas, sendo elas: retificação, canalização, ampliação, recobrimento, tendo sido canalizado em seção aberta, no final dos anos 1920, e nos anos 1970, em seção fechada. Apesar de as obras de canalização e ampliação terem o objetivo de resolver problemas de alagamentos do córrego, os anos 1990 e 2000 foram marcados pelo retorno dos alagamentos (BORSAGLI, 2012).

Vários relatos e acontecimentos de alagamentos de cidades no Brasil apenas nos mostram que, com o passar dos anos não houve melhoras significativas na drenagem pluvial, sendo assim muitos estados brasileiros contam com sistemas subdesenvolvidos e insuficientes para as precipitações atuais, acarretando alagamentos, enchentes, destruição de vias e estabelecimentos gerando prejuízos imensuráveis sem contar as possibilidades de mortes e ferimentos. Outro fator que percebemos na drenagem brasileira é a sua má utilização, o qual o mesmo seria apenas para captação e transporte de águas decorrentes da chuva, porém com um sistema de saneamento deficitário em nosso país, faz com que as galerias sejam transporte de esgoto e dejetos que acabam por serem jogados na tubulação, os quais os mesmos contribuem para a poluição em si e também para o mal funcionamento do sistema, acarretando obstruções ao longo de sua extensão e assim, fazendo que haja alagamentos na cidade.

#### **2.4 Tipos de drenagem urbana.**

Em se falando de drenagem a mesma é subdividida em macro e micro drenagem, a qual tem funções e elementos diferentes para cada sub tipo de drenagem, sendo assim temos suas definições como:

**Micro drenagem:** Definida como o sistema que leva todas as águas recolhidas da avenida ou rua, decorrentes do escoamento superficial, para galerias e seus canais urbanos, enquanto a macrodrenagem é definida pelo escoamento final das águas provenientes do sistema de micro drenagem (PINTO e PINHEIRO, 2006). Um sistema de condutos construídos destinados a receber e conduzir as águas das chuvas vindas das construções, lotes, ruas, praças, etc. onde a principal função do sistema é coletar e conduzir a água pluvial até o sistema de macrodrenagem, garantindo

a retirada da água pluvial dos pavimentos e vias públicas, evitando alagamentos, e garantindo a segurança dos pedestres e motoristas. Componentes do sistema de micro drenagem: sarjetas, meio-fio, bocas de lobo, tubos e conexões, poços de visita e condutos forçados.

No dimensionamento de um projeto de micro drenagem, deve-se atentar para alguns fatores essenciais para sua elaboração, dentre eles os principais são: a topografia da área de estudo, a geologia da área, o traçado das ruas e o sistema pluvial (BOTELHO, 2011).

**Macro drenagem:** corresponde à rede de drenagem natural, constituída por rios e córregos, localizados nos talwegues dos vales, e que recebem algumas obras que as modificam e complementam para maior eficiência do sistema, tais como canalizações, barragens, diques e outras. Os planos Diretor de Macro drenagem, em síntese, visam diagnosticar os problemas existentes no horizonte do projeto e determinar, do ponto de vista técnico-econômico e ambiental, as soluções mais interessantes.

Os sistemas de drenagem urbanas devem ser dimensionados para atender as necessidades de escoamento superficial de área urbanas considerando os períodos de maiores índices de precipitações pluviométricas, sendo assim, existem vários métodos que podem ser utilizados para realização dos dimensionamentos, conforme veremos no próximo tópico.

### 3 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE UMA DRENAGEM.

O bom dimensionamento de um sistema garante que o mesmo seja capaz de executar suas funções sem quais problemas, a garantia de um funcionamento correto está diretamente ligada ao seguimento de determinadas regras e métodos responsáveis pelo dimensionamento de um sistema de drenagem, o não cumprimento de determinada etapas ocasiona custos desnecessários e elevados ao longo do processo de execução, além da possibilidade do surgimento de alguns problemas como a saturação da capacidade de engolimento das bocas de lobo, ou alagamentos provenientes da pouca capacidade dimensionada para determinada região.

O dimensionamento de um sistema de drenagem ou galerias de águas pluviais segue um padrão de cálculos e cálculos, seguindo uma rotina exaustiva que demanda tempo e impossibilita a análise de possíveis alternativas que seriam mais econômicas e até mesmo mais viáveis. Segundo Menezes Filho (2007), devido à falta de normatização para projeto de galerias de águas pluviais há um grande leque de valores adotados para os parâmetros bem como a ausência de uma sistematização para o cálculo como visto no Quadro 1.

**Quadro 1** – Parâmetros utilizados em canais circular das galerias de águas pluviais

Autor	V min (m/s)	V max (m/s)	tci	Rm	Seção plena	Tipo de escoamento
Tucci et. Al (2004)	0,6	5	10	1	Plena	Unif.
Azevedo Neto e Araujo (1998)	0,73	5	5	1	Plena ou 0,9	Unif.
Wilken (1978)	0,73	3,5	5 a 15	-	Plena	Unif.
Alcantara apud. Azevedo Netto. (1969)	1,00	4	7 a 15	-	0,7	Grad. Variado
Porto (1999)	Vmed = 4 a 6		-	-	0,75	Unif.
Cirilo (2003)	0,6	4,5	-	-	h/d	Unif.
Methoda e Durrans. (2003)	0,6 a 0,90	4,5	-	0,90	0,85	Unif. e Grad. Variado.
DAEE-CETESB (1980)	-	-	-	-	0,82	Unif.
Menezes Filho (2007)	0,75	5	5	1	0,85	Unif.

**Fonte:** Curso de Canais, EE-UFMG, Dep. Engenharia Hidráulica, Edições Engenharia 58/72



### 3.1 Método Racional

Para o dimensionamento do sistema de drenagem, se faz necessário que haja uma vazão de projeto que se possa obter resultados importantes para assim iniciar a elaboração de todo o sistema, na qual constitui-se um parâmetro primordial no dimensionamento das estruturas hidráulicas integrantes ao projeto, das obras de engenharia e no alcance de cotas de alerta de inundações (STEFFEN e RONDON, 2000).

Para um dimensionamento eficaz da drenagem pluvial, existem métodos os quais nos auxiliam no seu desenvolvimento, tendo em vista parâmetros os quais são essenciais para a atuação do sistema. Um dos métodos utilizados para o seu desenvolvimento é o método racional, que é desenvolvido por meio de uma equação, que expressa a maior vazão em uma seção da bacia contribuinte, em função das características da própria bacia e da quantidade de chuva precipitada. Para o dimensionamento racional precisamos de alguns dados, como:

**Vazão superficial local ou de projeto:** Referente a quantidade que será transportada na área analisada descoberta por meio da equação racional. A utilização do método racional para obtenção da vazão de projeto é bastante utilizada hoje em dia por sua praticidade, sendo muito utilizada por ter uma grande aceitação e clareza de aplicação. Segundo Botelho (2011), a vazão de projeto determina a quantidade final de bocas de lobo a serem construídas em um determinado ponto.

**Coefficiente de escoamento:** O coeficiente depende de alguns fatores e características que alteram no seu valor sendo eles, a cobertura, o tempo de retorno das chuvas, a intensidade e o tipo do solo. Os valores para o coeficiente de escoamento são retirados de tabelas os quais facilitam a análise, diante de determinados tipos de superfície tendo assim valões específicos para cada um.

**Tabela 1** – Valores do coeficiente de escoamento superficial

<b>Zonas</b>	<b>Valor de C</b>
Edificação muito densa: partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas.	0,70 – 0,95
Edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro, de menos densidade de habitantes, mas com ruas e calçadas pavimentadas.	0,60 – 0,70
Edificações com poucas superfícies livres: partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas.	0,50 – 0,60
Edificações com muitas superfícies livres: partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas.	0,25 – 0,50
Subúrbios com alguma edificação: partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construção.	0,10 – 0,25
Matas, parques e campos de esporte: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados e campos de esporte sem pavimentação.	0,05 – 0,20

**Fonte:** Ramos et al (1998) apud P.S. Wilken (1978).

Como forma de se encontrar o coeficiente de escoamento, realiza-se a média ponderada para suas devidas variáveis, onde segundo Tomaz (2013) tal informação é utilizada para bacias que possuem sua ocupação de forma muito variada, onde a área estudada possui edificações, arruamentos pavimentados e não pavimentado e terrenos de solo exposto em suas proximidades.

$$A1.C1 + A2.C2 + A3.C3 \dots Ax.Cx / A1 + A2 + A3 \dots Ax$$

Tendo em vista que  $C_1, C_2, \dots, C_n$ , são referentes aos coeficientes de escoamento para cada ocupação, e os valores de  $A_1, A_2, \dots, A_n$ , são referentes a suas respectivas áreas.

**Intensidade da precipitação:** são valores baseados na curva de IDF, ou seja, intensidade duração e frequência, os quais tem valores diferentes, de acordo com a região analisada. Segundo Botelho (2011) pode ser obtida com base na utilização da equação da chuva de cidades analisadas em que se conhece o seu regime hidrológico local.

**Área da bacia contribuinte:** referente a área o qual será analisada a contribuição e a viabilidade do projeto em questão, sendo um parâmetro de extrema importância a fim de se determinar o dimensionamento da rede de drenagem, sendo esse parâmetro o espaço que contribui para o escoamento das águas em um determinado ponto.

**Tempo de concentração:** Para Ven te Chow (1964), o tempo de concentração, nada mais é que tempo necessário em que toda a bacia hidrográfica contribua para o escoamento superficial no ponto analisado, e pode ser encontrado de maneira que, se encontra o resultado ao ir seguindo a fórmula de Kirpich, que leva em consideração o comprimento do curso principal e a diferença de cotas da bacia de contribuição.

$$Tc = 0,019 x (L^{0,77} / S^{0,385})$$

Sendo os dados,  $L$  o comprimento do curso frequente ou principal da bacia em quilômetros e  $S$  a diferença entre as cotas da bacia dada em metros.

**Período de retorno:** O Período de Retorno é o espaço de tempo em anos para que um evento seja igualado ou superado em menos uma vez nesse período (MARTINS, 2015).

**Quadro 2** – Período de retorno

<b>Tipo de obra</b>	<b>Tipo de ocupação da área</b>	<b>Tr (anos)</b>
<b>Microdrenagem</b>	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviços ao público	5
	Aeroportos	2 – 5
	Áreas comerciais e arteriais de tráfego	5 – 10
<b>Macro-drenagem</b>	Áreas residenciais e comerciais	50 – 100
	Áreas de importância específica	500

**Fonte:** Martins (2015).

Para este tipo de escolha temos a decisão mais econômica para ser implantada, onde a declividade do terreno conduz melhor a precipitação com custos menores referentes à escavação. Baseado no cálculo de vazão, vemos que a seção plena e a vazão a ser escoada, determina a razão  $Q/Q_p$  e por conseguinte determina-se através da interpolação, dados como a velocidade do escoamento, obtendo os valores que caso ultrapassem os limites para a velocidade ou a relação altura-diâmetro, providencia-se a troca do diâmetro da tubulação ou proceder a alterações na declividade da galeria.

### 3.2 Método de Saatçi

Afim de reduzir a quantidade de cálculo que pode consumir tempo diminuir possíveis alternativas quanto a velocidade e da profundidade do escoamento, Saatçi (1990) introduziu uma solução usando geometria e a Equação de Manning. Utilizando dados como a vazão, a declividade e o diâmetro, calcula-se a constante  $K$  por meio da equação e o ângulo central também, certificando também a área molhada e o cálculo da velocidade e profundidade, com todas essas constantes calculadas por meio de equações pré-determinadas facilitando assim o desenvolver do problema.

$$k = Q n D^{-8/3} I^{-1/2}$$

#### **Formula de cálculo da constante:**

**K** = constante;

**Q** = vazão (m<sup>3</sup>/s);

**D** = diâmetro (m);

**I** = declividade (m/m).

$$\theta = \frac{3\pi}{2} \sqrt{1 - \sqrt{1 - \sqrt{\pi K}}}$$

**Formula do cálculo referente ao ângulo central:**

**Θ** = ângulo central (rad);

**K** = constante.

$$A_m = \frac{D^2(\theta - \text{sen}\theta)}{8}$$

**Formula da área molhada:**

**A<sub>m</sub>** = área molhada.

$$V = Q/A_m$$

**Formulas referentes a velocidade da água:** -

**V** = velocidade

**Q** = vazão

**A<sub>m</sub>** = área molhada

$$\frac{h}{D} = \frac{1}{2} \left[ 1 - \cos \left( \frac{\theta}{2} \right) \right]$$

**Formula referente a razão, altura d'água pelo diâmetro:**

**h/D** = relação altura lâmina d'água-diâmetro;

**h** = profundidade do escoamento (m);

**D** = diâmetro (m).

O método de Saatçi nos proporciona um olhar mais direto, ou seja, economicamente mais rápido além de garantir análises de outras alternativas, ao contrário do método racional que demanda tempo e impossibilita algumas adequações, é um método mais recente mas que vem sendo muito utilizado na construção civil para análise e dimensionamento de drenagem pluvial.

A obra em questão a ser analisada, fez uso do dimensionamento pelo método racional, sendo o mesmo um método mais fácil de ser aplicado, gerando resultados e análises mais simples da área em que seria feito o sistema, garantindo um bom dimensionamento além também de uma

boa eficiência de projeto, sendo capaz de suprir as necessidades apresentadas na avenida, sem que prejudique quais ter parte envolvida no desenvolvimento e conclusão do sistema.

#### **4 BACIAS HIDROGRAFICAS X DRENAGEM URBANA.**

Com o desenvolvimento urbano e o seu uso intenso do solo e da bacia hidrográfica, acarreta que ao longo dos anos esse sistema acaba sendo alterado substancialmente, decorrente da introdução de elementos artificiais e aumento das descargas na bacia, proveniente de sistemas como o de micro drenagem, que corresponde a tudo que constitui o funcionamento do sistema viário e concede acesso a lotes e habitações urbanas, sendo ele composto pelos pavimentos, guias e sarjetas, bocas de lobo, galerias, valas e muitos outros dispositivos relacionados, que costumam ter fim em rios ou bacias hidrográficas.

Toda bacia hidrográfica é composta por uma rede de elementos de drenagem constituída por rios, riachos, córregos e pântanos, que naturalmente se formaram e se mantem em função da dinâmica das precipitações e das características do terreno, como tipo de solo, declividades, cobertura vegetal, entre outros.

Com o desenvolvimento e expansão urbana a macro drenagem herdou as funções da malha hídrica original, onde os córregos, riachos e rios se tornaram túneis, reservatórios de detenção e retenção, barragens e outros elementos de uma drenagem. Com a sua alta interconectividade, a macro drenagem acaba transferindo problemas de um subsistema para outro, fazendo o principal motivo pelo qual se admite um limite mínimo de falhas e utilização de tempos de recorrência superiores a 25 anos.

O crescimento desordenado das cidades, fez com que se eliminasse as áreas de armazenamento natural, onde administrar de forma eficiente um sistema de drenagem, consiste em resolver primeiramente um problema de espaço, além da limitada disponibilidade hídrica de algumas bacias, fazendo com que as demandas humanas, ensinam que o controle da poluição também é um fator a ser analisado para a drenagem de uma cidade, já que a mesma serve para a condução e dispersão de poluentes no meio hídrico.

Segundo Okumo (apud PINTO, 2011) o uso do solo urbano evolui constantemente, não apenas em função do crescimento populacional, mas também com a mudança de hábitos, situação econômica e cultural e efeito das políticas públicas de controle e incentivo. Estudos demonstrados em PINTO et all (2008) indicavam uma variabilidade maior nesta relação, principalmente quando se tomava em conta a densidade de domicílios, que reflete diretamente a demanda por espaço e é na verdade a causadora da impermeabilização.

Uma das maiores consequências da urbanização, é a impermeabilização do solo, por conta de avenidas e ruas construídas faz com que as áreas de percolação da água diminuam, causando uma maior facilidade para inundações e enchentes nas cidades com maior índice de urbanização. Outro impacto de extrema deterioração das bacias hidrográficas, se dá por conta da contaminação e comprometimento na qualidade da água, por alguns fatores como, a própria poluição existente no ar, que se precipita e é transportado junto a água.

Superfícies urbanas que ao lavadas geram contaminação com inúmeros componentes orgânicos, resíduos sólidos e sedimentos erodidos decorrentes do aumento da velocidade da água e também a contaminação por meio do lixo urbano transportado para a drenagem, além de esgoto decorrentes de vazamentos que escoam através da drenagem e desagua nas bacias hidrográficas mais próximas. Levando em consideração os fatores de contaminação, a carga de contaminação desses itens pode ser superior à carga total do esgoto sem tratamento algum.

Segundo Canholi (2015) a falta de um sistema eficiente de drenagem na etapa inicial do crescimento urbano pode gerar futuros problemas na elaboração de soluções caras e até mesmo inviáveis. O planejamento do sistema de drenagem é de suma importância no crescimento urbano, visto que sem ele a cidade tende a sofrer por problemas futuros decorrentes do seu subdimensionamento.

## **5 NOVAS TÉCNICAS DE DRENAGEM URBANA:**

Com o avanço de técnicas e a procura para tentar resolver a situação atual dos sistemas de drenagem, inicia-se uma busca por várias formas de se drenar as águas da chuva ou conduzi-la de uma maneira mais rápida e eficiente de volta aos corpos hídricos, utilizando de novos métodos construtivos ou aperfeiçoamentos de técnicas já existentes, como pavimento e jardins para condução das águas acumuladas.

### **5.1 Reservatórios para retenção de água.**

Dentre algumas técnicas utilizadas temos a de retenção da água da chuva, que consiste em reservatórios de grande capacidade, mas que não é exatamente nova, porém tem sido empregada com maior frequência ultimamente, os chamados piscinões. Sua utilização vem desde a década de 90, como uma solução fácil para tentar reduzir enchentes e inundações de lugares com alta densidade populacional, onde não se pode aumentar o suficiente as estruturas de drenagem. Os piscinões são implantados para controle do volume das chuvas, segundo o engenheiro Marcelo Gomes Miguez, professor dos Programas de Engenharia Ambiental e de Engenharia Urbana da Escola Politécnica da UFRJ.

Segundo Gomes, é necessária uma estrutura robusta para lidar com os resíduos Sólidos decorrentes da água da chuva, que se acumulam no interior do reservatório, fazendo com que exija manutenção constante e acessos adequados para caminhões de grande porte. No mês de fevereiro de 2017 o piscinão Guamiranga foi entregue na capital de São Paulo, onde a estrutura comporta cerca de 850 mil m<sup>3</sup> de água, caracterizada como a maior do estado, levando cerca de 5 anos para ser finalizada custando por volta de 160 milhões de reais. Desenvolvida e executada pela DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica), o projeto tenta ao máximo minimizar o risco de inundações referentes aos bairros da Vila Prudente e Mooca.

### **5.2 Jardins de chuva**

Os Jardins de Chuva, também conhecidos como Sistema de Biorretenção, têm a característica de remover impurezas presentes na água dos sistemas de drenagem, onde essas estruturas rasas recebem a água superficial e pelo processo de infiltração de maneira gradativamente, captam por um dreno, para seguir o curso pelo sistema de drenagem comum. Dentre algumas das vantagens de utilização desse método, estão a contribuição para a beleza estética da rua, a remoção eficaz de sedimentos nos sistemas de drenagem, redução de inundações e melhora da qualidade da água transportada.

Apesar de algumas vantagens, é necessário se atentar para a não utilização desse método em áreas de grande fluxo de água, devido a percolação no solo não ser tão rápida, poderá causar inundações na área, logo recomenda-se por exemplo bairros residenciais, ou de pouco movimento, além de ser recomendável locais de grandes calçadas, visto que a sua implementação acarreta a redução da área da mesma. Para implantação do Jardim de Chuva necessita o desenvolvimento de um projeto onde as licenças mínimas necessárias, são as ambientais, do órgão responsável e autorização do proprietário do lote utilizado para construção.

### **5.3 Pavimento drenante.**

Com o desenvolvimento de novas tecnologias, o sistema para pavimentação asfáltica passou a adotar medidas para também ajudar no controle e eficácia dos sistemas de drenagem. O material desenvolvido permite a percolação da água por meio de vazios na sua estrutura, com objetivo de facilitar o escoamento e mantê-lo resistente a variações externas. Os pavimentos drenantes também oferecem outras vantagens, entre elas a de evitar a aquaplanagem por meio da drenagem da água no asfalto, que é um fenômeno identificado como falta de aderência do pneu ao chão, podendo causar graves acidentes pela perda de controle do veículo.

Em áreas densamente ocupadas, boa parte das superfícies são destinadas ao sistema viário e estacionamento, ocupando espaços consideráveis, totalizando cerca de 30% da área da bacia de drenagem. A utilização dos pavimentos permeáveis, facilita a diminuição do escoamento superficial, visto que pavimentos com revestimentos permeáveis, possibilitam. A redução da velocidade do escoamento, a retenção temporária de pequenos volumes no pavimento e a infiltração das águas pluviais. Com sua estrutura porosa, é efetuada a detenção temporária das águas pluviais, proporcionando um amortecimento de vazões e a alteração no hidrogramas,

No Brasil já temos alguns exemplos de pavimento permeável como na região de São Bernardo dos Campos, que teve de instalar esse tipo de asfalto por conta de uma lei que só permitia a utilização do mesmo, realizando testes feitos no solo para análise de sustentação do, a chamada granulométrica, e pôr fim a implementação dos Pavimentos Drenantes. Os resultados foram satisfatórios devido grande absorção de água nas áreas aplicadas, porém essa alternativa ressalta alguns alertas, como de utilizar apenas em locais de alto fluxo de veículos e os demais com as sarjetas e bocas de lobo, pois o uso inadequado gera custos e pode não ajudar no combate a aquaplanagem.



## **6 PROJETO DE DRENAGEM URBANA.**

Um dos principais fatores aliados ao gerenciamento e planejamento do crescimento populacional e sua ocupação, no que tange a definição do tipo de drenagem que será utilizado, é o projeto, onde em cenários nacionais, o quadro das cidades brasileiras demonstra uma urgente necessidade de organização com relação a drenagem urbana e que precisam da sua elaboração em busca por recursos para a execução de obras e recuperação de estruturas existentes (DAL-PRÁ, 2016).

A garantia da existência de um projeto de drenagem tem como principais funções, a diminuição da população está correndo a risco de sofrer com inundações, reduzir estragos causados caso aconteça algum problema ou incidente, preservar as várzeas, garantir o escoamento e armazenamento da água, além também de garantir que as medidas adequadas para cada região, para assim reduzir os problemas de erosão e sedimentação, preservando o meio ambiente e o bem-estar social, possibilitando o uso da região para atividade de lazer e obras de infraestrutura.

Segundo Canholi (2015) projetos de drenagem urbana devem conter importantes informações em sua elaboração e execução, como: dados físicos da bacia que influencia na região inundada, dados hidráulicos locais, dados hidrológicos de suas proximidades, dados de uso e ocupação, dados referentes a qualidade da água da área, diretrizes para a aprovação do projetos no âmbito da bacia, e as políticas de fiscalização por parte dos órgãos responsáveis da cidade para garantir dados importantes para o projeto.

Um dos fatores que mais auxiliam no planejamento urbano, são os planos diretores de cada cidade, sendo o mesmo pautado no Estatuto das Cidades, é um instrumento básico porém extremamente importantes, para o desenvolvimento e planejamento municipal, tendo como principal objetivo a implantação da política de desenvolvimento urbano, que serve como base para a ação dos agentes públicos e privados em uma cidade ou município, tendo em vista a contemplação de aspectos do município e suas características aliado aos principais aspectos socioeconômicos da região.

### **6.1 Etapas construtivas do sistema de drenagem.**

Independente da obra de engenharia impreterivelmente deve-se possuir um projeto, para que haja uma melhor qualidade na execução, onde além de um eficiente projeto, assim deve haver um rigoroso controle das atividades feitas na obra, gerenciando e organizando cada etapa de execução. Segundo Alves (2013) explica que todas as obras deverão ser executadas rigorosamente de acordo com os projetos básicos e os demais projetos apresentados pelo contratante, tendo como base todos os detalhes presentes no memorial e demais memoriais específicos por meio das técnicas

da ABNT, outras normas utilizadas e/ou normas municipais, estaduais ou federais vigentes.

### **6.1.1 Identificação da topografia.**

A primeira etapa de execução para o início das obras de sistemas de drenagem, é a topografia, mostrando que é necessário a verificação exata de cada locação, além de detectar e conferir todos os pontos baixos onde serão instalados os elementos do sistema hidráulico, que irá captar as águas pluviais decorrentes da precipitação, e apresenta as seguintes parâmetros topográficas a serem seguidas sendo eles:

- Estaqueamento da passagem dos coletores de 20 em 20m;
- Elaboração do perfil da tubulação mostrando as interferências encontradas;
- Conter a referência de Nível com espaçamento de 200 em 200m, que estejam em locais de fácil visibilidade ao longo do trajeto.

### **6.1.2 Escavação para tubulação.**

Segundo Botelho (2011, p. 88), a abertura de valas que receberão a instalação dos tubos da rede de galeria, deve ter as seguintes especificações:

- Ser feita de forma que garanta a regularidade do fundo, e o alinhamento da tubulação.
- A largura da vala será igual ao diâmetro do tubo, com um acréscimo de 0,6 m para diâmetro até 0,4m e de 0,8m para diâmetros superiores a 0,4m.
- Para profundidades maiores, cada metro ou fração é acrescentado mais 0,1- m na profundidade da vala;
- Na etapa de abertura da vala, deverão ser feitas todas as proteções nos outros serviços públicos enterrados e de edificações próximas que podem ser danificadas com o serviço.

Segundo (DIDOMENICO *et al.*, 2015), na etapa de escavação deverá ser realizada na retirada de todo o material da área demarcada, e que quando feita manualmente deve-se realizar os acertos de fundo de vala e retirada de materiais e obstáculos subterrâneos.

### **6.1.3 Escoramento da escavação.**

Sendo uma atividade de extrema importância na etapa de escavação, tem por finalidade proteger a integridade, além de estar garantindo a segurança dos operadores, deve ser feita de maneira rigorosa e segura com uma incisiva fiscalização a fim de garantir todos os parâmetros de segurança exigidos. Segundo Botelho (2011), o escoramento da vala é uma atividade peculiar ao

tipo de escavação no que diz respeito a sua largura, profundidade, localização do lençol freático e geologia da região.

Existem varias tecnicas de escoramento de valas, mas ntre as mais utilizadas estão as de escoramento com prancha metálicas, que nada mais é que um escoramento com perfis de aço laminado, e módulos pré-fabricados, feita com módulos constituídos com duas paredes metálicas ligadas entre si, garantido a estabilidade das paredes laterais a escavação e impossibilitando ao maximo a ocorrencia de acidentes.

#### **6.1.4 Execução do lastro.**

Nas etapas construtivas do sistema o lastro deverá ser executado com brita, areia ou até mesmo em concreto magro, caso feito sob lastro de pedra, o tamanho das mesmas deve variar entre 4 ou 5 bem compactadas, com largura igual da tubulação. Para lastros feitos em concreto magro, o mesmo deve conter cerca de 150 kg de cimento por metro cubico. O lastro deverá ser compactado até uma boa uniformização das pedras, completando o preenchimento dos vazios com pó de brita ou areia fina.

Baseado na NBR 12266/1992 o projeto de deve indicar método utilizaddo mais adequado para execussão do lastro a ser utilizado, podendo ser feito com compactação do solo natural, substituição, lastro granular ou uma laje de concreto simples.

#### **6.1.5 Construção dos poços de visita.**

Para garantia de uma boa funcionalidade, as paredes dos poços de visita deverão ser de alvenaria com argamassa, revestindo toda sua parte interna também com argamassa, obtendo cerca de 2 cm de cobrimento, além de garantir que a laje da caixa deverá ser executada sobre camadas de brita ou concreto magro, e garantir que toda parte interna do poço seja revestida. As “chaminés”, deverão ser circulares, deverão ter 70cm de diâmetro, feitas em alvenaria de tijolos.

#### **6.1.6 Alvenaria e blocos estruturais.**

Na etapa de assentamento dos blocos ou tijolos da alvenaria, e da aplicação da argamassa, os blocos ou tijolos devem ser umedecidos antes da sua colocação para garantia de uma melhor aderência e absorção, além de que na etapa de assentamento deve ser realizado com argamassa de cimento, e para garantir uma boa aderência dos blocos ou tijolos a superfície de concreto aplica-se o chapisco, sendo uma argamassa mais fraca apenas para ajudar a fixação do reboco a parede e garantir a uniformização de cimento e areia na alvenaria.

### **6.1.7 Elaboração de argamassa.**

Para o preparo da argamassa utilizada nos elementos hidráulicos, as de enchimento de juntas e revestimentos em geral deverão ser preparadas em masseiras, em um local revestido, evitando dessa forma a sua preparação diretamente no solo e as especificações do cimento e areia devem obedecerem às normas da ABNT e a água para mistura da argamassa deverá se oriunda do sistema público de distribuição (BOTELHO, 2011).

### **6.1.8 Fechamento da escavação.**

O fechamento da escavação deve ser feito com camadas de 30 cm bem compactadas com uso de um equipamento mecânico, com uma altura de 30 cm acima da parte superior do tubo, além de que o material do aterro deve ser escolhido cautelosamente para se evitar material com pedras e terra vegetal, sendo em boa parte utilizados solos argilosos.

O grau de compactação do solo deve ser de 95% com averiguação do controle da umidade do material tendo o objetivo de obter uma umidade ótima, e caso houver umidade excessiva, a mesma deverá ser escarificada com intuito de reduzir a sua umidade e garantir uma maior compactação da área analisada (BOTELHO 2011, p.96).

## **6.2 Falhas na drenagem urbana.**

Em projetos de drenagem urbana podem ocorrer falhas, assim como qual quer outro projeto executivo, quando há falta de planejamento, impermeabilizações feitas de forma desorganizadas limitando a área de penetração do solo, além de grandes áreas de escoamento da água da chuva, gerando assim sérios problemas executivos e as propriedades próximas a obra de drenagem.

### **6.2.1 Inundações.**

Um dos problemas mais comuns de acontecer são as inundações, chamado assim por significar a invasão pela água de um rio ou encanamento pluvial. A inundação urbana é um que já acomete as cidades a muitos anos, sendo tão antiga quanto as próprias cidades, que ocorre quando águas dos rios ou galerias pluviais passam do nível do leito de escoamento proveniente da falta de capacidade e passa a ocupar as áreas utilizadas para moradia, transporte, comércio, indústria, entre outros, onde o projeto feito de forma insuficiente, ou que não leve em consideração chuvas atípicas, precipitações maiores que já ocorreram na região, mas com menos frequência, fazem com que o

sistema desenvolvido não consiga suprir a capacidade de escoamento, onde o excesso do volume que não consegue ser drenado, sendo estes eventos ocorridos em função dos processos climáticos locais.

### **6.2.2 Alagamento.**

Dentre os fenômenos de uma má execução da drenagem, temos também o alagamento, que consiste em uma quantidade muito grande de água depositada em um determinado local, causando impedimentos ou dificuldades para sair e se movimentar dentro da região.

### **6.2.3 Enchente.**

Outro problema também proveniente de má execução da drenagem são as enchentes, fenômeno fluvial em que um rio transborda, pelo excesso de contribuição despejado no mesmo, sendo assim por não conseguir dar vazão às águas desaguadas no mesmo, as enchentes invadem casas, estabelecimentos e alagam ruas, além também da presença de lixo e toda sujeira jogada pelas ruas que polui, contamina e degrada o meio ambiente, sendo também uma causa de má execução, pelo fato de pegar grandes precipitações e transportar todas para o mesmo ponto de desague causando assim as enchentes.

No Brasil assim como qualquer parte do mundo, se tem notícia das inúmeras tragédias causadas pelo excesso de chuvas, aliado ao altíssimo crescimento populacional que não se consegue conter decorrentes da taxa de urbanização, a falta de investimentos em sistemas eficientes faz com que esses tipos de acontecimentos sejam cada vez mais comuns, causando prejuízos inestimáveis tanto a casas como a estabelecimentos comerciais.

Grandes catástrofes decorrentes de uma falta de sistemas de drenagem eficientes no Brasil, temos um caso ocorrido, ao final de 2017, na região do rio Casca, em Mata Mineira, onde sofreu muito com as chuvas fortes na região, chovendo o equivalente a 254 litros por metro quadrado, fazendo com que muitas regiões ficassem assoladas por inundações e enchentes, gerando números que chegaram a duas mil pessoas desabrigadas, mostrando mercadorias, eletrodomésticos, residências e escolas completamente destruídas.

Segundo estudos do IBGE, confirmam que 90% dos municípios do Amazonas sofrem com inundação ou enchente, onde o mais alarmante é que os municípios não se prepararam e poucos tomam medidas de prevenção diante da situação, sendo que 22 dos 62 municípios apresentam processos erosivos e 35 foram afetados por enchente, sendo ocasionado pela falta de algum tipo de gestão, onde os municípios não possuem um plano de gestão de riscos (IBGE, 2011).

### **6.3 Drenagem urbana x esgoto sanitário.**

Em um país como o Brasil, muito se observa que os sistemas de drenagem existentes são utilizados de maneira incorreta, visto que para boa parte de população, as tubulações que passam em frente suas moradias, não há uma procura para saber se foi executada para receber o esgoto doméstico, ou águas pluviais, boa parte dos moradores tem como intuito um único objetivo, que é descartar o resíduo líquido da sua residência, gerando assim um grande problema seja para o operador do sistema ou moradores, onde o cheiro e a poluição causada que se forma, faz com que muitos moradores tapem as bocas de lobos, a fim de diminuir o desconforto causado, fazendo com que o escoamento pluvial se dê apenas pela superfície das ruas e avenidas.

Analisando o fato inverso, quando se interliga as tubulações de águas pluviais na rede de esgoto, gera um acréscimo de volume muito superior ao limite do sistema de tratamento, fazendo com que o tratamento seja prejudicado e tenha sua eficiência diminuída, fazendo com que o ambiente se torne impróprio para o proliferamente bacteriano necessário para o tratamento

Ter acesso à rede de esgoto gera uma valorização muito maior a rede de imóveis, Além de proporcionar uma maior qualidade de vida, reduzindo o consumo de água e gastos com saúde, onde o uso de sistemas de tratamento gera um acréscimo de até 18% o valor referente às áreas urbanas. Segundo uma pesquisa feita com parceria entre o Instituto Trata Brasil e a Fundação Getúlio Vargas (FGV), a abrangência do acesso à rede de esgoto, oferece uma valorização de em média 18% no valor do imóvel, além também de valorizar as regiões próximas a esses imóveis, sendo mais perceptível a valorização, em sua grande parte na população de baixa renda (FGV, 2010).

A conscientização da população no geral, seria um grande fator para a diminuição do mau uso dos sistemas de drenagem, visto que o maior causador de problemas envolvendo esse tipo de situação, é a falta de informação, além também da falta de fiscalização, onde com a mesma sendo feita de forma mais intensificada, proporcionaria de forma mais rápida a diminuição de casos de utilização indevida. A contaminação de águas pluviais ao ter contato com esgoto despejado no sistema de drenagem, se torna um fator de grande risco ao meio ambiente, onde em sua grande maioria, as galeria de coleta e transporte de águas pluviais são desaguadas em pontos hídricos próximos, sendo assim a contaminação do sistema faz com que ao ser despejado em seu local destinado, leve em suas galerias materiais perigosos tanto ao meio ambiente quanto a população em si, gerando pontos de poluição sérios além de também ser um fator que é responsável por inúmeras catástrofes referentes a fauna e flora próximas ao ponto de despejo.



Carlos, sendo assim iniciado a execução de um sistema completo de drenagem com captação e desague de águas pluviais de forma correta e devidamente dimensionado.

### **7.3 Coleta de dados**

Os dados foram coletados com base em fotos retiradas do local e suas etapas, acompanhamento de obra feitos ao longo de toda a execução, além de alguns dados executivos de suas construções, referentes as etapas da avenida. Lembrando que todas a informações tiveram a devida autorização da empresa responsável pela execução da obra em questão.

### **7.4 Analise de dados**

A análise de dados foi baseada em resultados de testes e experiencias na execução das etapas construtivas, além de acompanhamento em campo referente as atividades de construção e adequação do local para as escavações e construções do sistema, fiscalizando etapas e metodos, além do levantamento de dados referentes a área e seus principais problemas.

### **7.5 Aspectos éticos**

A empresa JCA Empreendimentos, responsável pela execução do sistema de drenagem e adequação da avenida São Carlos, que será estudada autorizou a utilização dos dados, planilhas, fotos, laudos e projetos para a pesquisa e desenvolvimento deste trabalho.

## **8 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **8.1 Considerações iniciais**

Iniciada a obra de prolongamento da litorânea em meados de 2018, um dos principais pontos analisados de sua extensão, foi a avenida São Carlos, uma avenida larga e de boa trafegabilidade, situada no bairro do olho d'agua. Primeiro aspecto analisado pela equipe responsável foi de que em nenhum momento a avenida, dispusera de um sistema de captação e transporte de água pluvial, sendo basicamente todo o processo de captação sendo feito por galerias laterais de baixa capacidade, sarjetas mal dimensionadas que se aproveitava da alta inclinação em alguns pontos para o escoamento da agua.

Baseado em registros do bairro, os históricos de alagamento não eram muito frequentes, porem a quantidade de agua que descia pela parte final da mesma, já em contato com a praia era alta, levando boas parte de todos os dejetos da avenida para o mar, sem qualquer retenção dos mesmos, onde além da grande quantidade proveniente da parte superior, a própria quantidade de



água que escoava era considerável e causava alguns problemas a moradores e comerciantes locais, sendo assim para aplicação da obra de prolongamento da litorânea, seria necessário um desenvolvimento proporcional para a quantidade de transporte de águas pluviais da avenida, sendo assim sendo preciso não uma adequação do sistema da mesma, mas sim uma implantação de um novo sistema, com caixas coletoras, ou bocas de lobo, simples, duplas e triplas para a captação e transporte de toda precipitação coletada em épocas de chuvas mais fortes, além também de um sistema de transporte eficiente e que consiga atender com perfeição a situação analisada e capaz de superar alguns desafios encontrados. A seguir temos uma imagem da avenida São Carlos, antes das intervenções feitas como mostra a Imagem 2.

Imagem 2: Avenida São Carlos



Fonte: Google Mapas (2020).

### 8.1.1 Características desfavoráveis ao projeto

Em se tratando da área analisada, vale ressaltar alguns aspectos presentes a obra em si, os quais apresentam alguns empecilhos a execução e desenvolvimento do sistema de drenagem,

sendo aspectos negativos para o seu decorrer, desencadeando alguns possíveis problemas ao decorrer da sua execução, sendo eles:

- **Alta declividade:** A avenida São Carlos, possui em seu comprimento, pontos de alta declividade, onde tal característica mesmo parecendo favorável ao sistema, acarreta que, em altos índices de inclinação todo o sistema sofre com níveis de estresse perigosos, decorrentes da velocidade da precipitação transportada, que prejudica o seu funcionamento correto, desenvolvendo ao longo dos anos patologias e falhas provenientes do grande desgaste natural em sua utilização, sendo um de seus pontos críticos para execução.
- **Solo instável:** O alto crescimento urbano da área analisada, ocasionou que ao longo da sua existência, fossem realizados algumas adequações para suprir a demanda da população, porem boa parte de sua estrutura, ainda conta com poucas alterações, sendo o solo abaixo das pistas de rolamento, praticamente inalterado, visto que como não havia um sistema completo de drenagem, poucas foram suas intervenções e estudos do solo com o passar dos anos.

O solo da avenida em questão apresenta pontos de instabilidades decorrentes da falta de compactação ao longo do seu crescimento, além também de reparos feitos em sua rede de abastecimento de água potável, que por ser uma rede muito antiga, e com o crescimento da área de forma constante, necessitava de alguns reparos ou adequações, porem boa parte deles, dispunham de uma certa falta de qualidade em sua execução, onde se encontraram muitos pontos de reparos preenchidos com areia retirada da praia, ocasionando mais pontos de instabilidade no solo.

- **Alta movimentação urbana:** Como mencionado no tópico anterior, a área analisada teve um crescimento populacional urbano relativamente alto, além de que por ser acesso a uma das praias da capital, o fluxo de pessoas em determinados dias e horários se torna um pouco mais intenso, fazendo com que todo cuidado em sua execução e desenvolvimento seja dobrado, garantindo total segurança aos moradores, porem tornar essas ocorrências as mínimas possíveis pode ser feito, porem evita-las não, ao decorrer de todo o seu processo de implementação, ainda mais referente a algo tão incisivo na infraestrutura, acarreta problemas como a necessidade de mudanças em rotas, imprevistos por conta de encontro a redes de água e energia, transtornos por conta do seu andamento, além de alguns deturpos nas notícias relacionadas a obra, sendo um de seus aspectos mais críticos quando se diz respeito a problemas.

- **Tubulações não mapeadas:** Aliado ao crescimento populacional, o acesso a determinadas tecnologias e necessidades básicas faz com que com o aumento das casas e propriedades relacionadas a avenida, tenha que ter acesso a água, telefone, internet e esgoto, sendo assim o cuidado relacionado a tais pontos se torna um tanto quanto dificultoso, quando muitas das ligações são feitas por meio subterrâneo, onde boa parte de suas conexões de telefone e fibra ótica, passam por baixo do pavimento existente, sendo um dos maiores cuidados ao se escavar, para evitar encontrar redes e parti-las ao retirar o material. Porém um dos problemas encontrados ao longo do decorrer da execução, foi uma certa gama de ligações, em sua grande maioria, de água não localizadas pela responsável do fornecimento, fazendo com que ao longo de muitas de suas escavações ocorresse o fato de um vazamento inesperado além de uma precária manutenção das mesmas, onde a rede principal em sua grande maioria era antiga e sem cuidados preventivos, ocasionando quebras e reparos, demandando tempo, gerando assim transtornos à população, além também da falta da disponibilização dos planos de influência, fazendo com que achar os locais corretos dos tubos, fosse difícil e trabalhoso, ocasionando adequações de projeto e mudanças ao decorrer de todo processo executivo da obra..

### **8.1.2 Pontos críticos da obra**

Como qualquer obra que tenha por caráter de infraestrutura, um de seus maiores problemas, acaba por ser as propriedades e estabelecimentos próximos, visto que boa parte da avenida em si, é composta por casas e cruzamentos de acesso a outros bairros, então uma intervenção de tal tamanho causaria sim um grande impacto a população existente, seja na questão de mobilidade de um ponto ao outro, assim como transtornos decorrentes a detritos e poluição sonora que acabam sendo inevitáveis e essenciais para o desenvolvimento. Outro problema encontrado para o desenvolvimento do sistema de drenagem, se tornou visível na parte final da avenida, se tratando da alta inclinação da mesma, onde além da dificuldade na execução construtivas de tubos de captação e transporte teremos outro parâmetro a se analisar, que seria a alta velocidade de descida da precipitação captada, onde verificou-se que a inclinação chegava a quase 10%, ou seja, a cada 1 metro linear, se tinha um diferença de 10cm de altura em suas extremidades, fazendo com que a água desenvolvesse velocidades altas dentro da galeria, causando problemas tanto para a estrutura em si, quanto para a saída da água final, podendo causar problemas a população, sendo assim necessário uma correção nessa alta inclinação, fazendo com que ao invés de 10% de inclinação em tubos, se fez uso de uma técnica muito utilizada em drenagem urbana,

que seria a construção de degraus para amortecimento da força gerada pela água, além de diminuir a sua velocidade final, tendo em vista que a captação da avenida, tem valores altos, então desenvolver uma velocidade muito alta, seria completamente perigoso e não recomendado. Como demonstrando a seguir, temos um de seus pontos com maior declividade, sendo bem na conexão com a rua dos magistrados, um ponto onde sua inclinação se aproxima de mais de 10%, fazendo com que a execução seja um tanto quanto dificultosa e necessita de uma nova alternativa de intervenção, decorrente de sua alta declividade como mostra a Imagem 3.

Imagem 3: Descida da avenida São Carlos



Fonte: Google Mapas (2020).

A utilização do método de degraus foi a medida mais eficiente analisada, solucionando tanto o problema da alta inclinação, diminuindo para menos da metade, reduzindo também a velocidade da água, fazendo com que a força seja dissipada ao longo do percurso, além de garantir também uma maior segurança na execução, sendo mais simples de fazer, na situação em que se encontrava em relação a tubos convencionais, visto que a utilização de tubos convencionais, necessitaria de uma profundidade de escavações mais altas, a fim de manter uma baixa declividade e o alinhamento das tubulações, sendo assim muito perigoso esse tipo de execução, ainda mais pela alta instabilidade do solo em alguns locais da avenida, principalmente nos pontos finais, em que

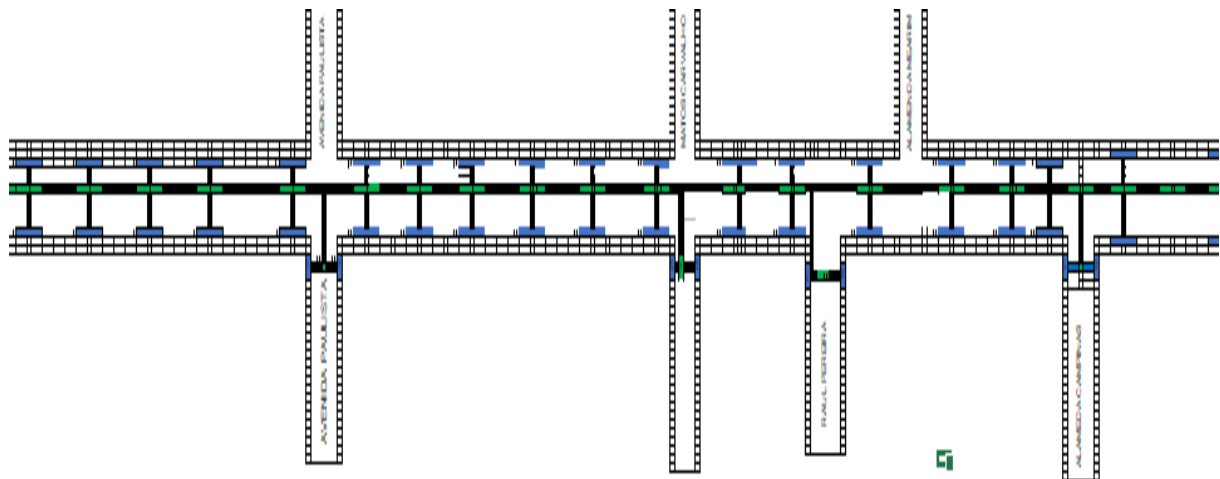
possuía muitos bolsões de areia camadas a baixo, provenientes de reparos feitos na tubulação de agua, fazendo com que a integridade do solo fosse comprometida, tornando ainda mais perigoso, prosseguir com profundidades mais altas.

## 8.2 Início da execução

Tendo seu início no mês de julho de 2019, o projeto de drenagem tinha como principais objetivos, a garantia de total segurança no escoamento referente as precipitações locais, um sistema capaz de suportar a demanda da área e além de evitar alagamentos e possíveis problemas a população.

Tendo como etapa inicial a demarcação das caixas e BL's (bocas de lobo), foi a parte inicial do projeto, sendo demarcada em estacas com distanciamento de 20 em 20 metros, para ficar mais simples a sua divisão. Como etapa crucial do projeto a demarcação das caixas garante uma produtividade maior na sua execução, fazendo com que erros sejam menos prováveis. Tendo como base, a avenida conta com um projeto para que sejam divididas em bocas de lobo ou BL's, em categorias de bocas de lobo simples ou BLS, bocas de lobo duplas ou BLD e bocas de lobo triplas ou BLT, ao longo de todo seu comprimento, onde determinados pontos exigem uma maior capacidade de captação de agua, sendo os pontos de encontro, em contra partida existem também os pontos em que apenas bocas de lobo simples se fazem suficiente para a coleta, como temos demonstrado na Imagem 4.

Imagem 4: layout simplificado com as localizações aproximadas das caixas e bocas de lobo



Fonte: próprio autor, (2020).

A demarcação dos locais determinados para as bocas de lobo, foi a primeira etapa de todo o processo de execução do sistema de drenagem, sendo a mesma executada com auxílio de um topografo da empresa, garantindo assim a altura em que a boca de lobo iria ficar, em relação a pista de rolamento, quanto teria de ser escavado para início da sua execução, qual seria a declividade utilizada e determinação dos locais de cada tipo de bocas de lobo, sendo essa etapa determinante para todo o processo seguinte de sua execução, porém com a falta de um plano de intervenções atualizado, muitas de suas caixas antes de serem executadas, sofreram algumas alterações em suas medidas, locais e profundidades, para poder se adequar as condições disponíveis no local.

### **8.2.1 Escavações**

Seguindo as etapas construtivas do sistema, após marcados os pontos de coletas e bocas de lobo ao longo da avenida temos a etapa de escavação, sendo uma das partes cruciais executivas para início da implementação do sistema. Com base em estudos feitos do solo, verificou-se que para um nivelamento e caimentos corretos para cada boca de lobo, seria feito o berço das tubulações em concreto usinado para que servisse de apoio para os tubos assentados, garantindo uma estabilidade aos mesmos, além de proporcionar uma maior facilidade em seus alinhamentos as caixas coletoras aumentando a sua produtividade.

O berço executado para os tubos e fundo das caixas coletoras da avenida, foram feitos em concreto usinado, de especificação 20Mpa, com espessura de 15 centímetros, e declividade média de 2% a 5%, para garantia de que não haja pontos de acumulo de agua dentro das canalizações, além de após posicionados os tubos e alinhados as caixas coletoras, o preenchimento inicial das laterais ou contra berço também fora executado com concreto usinado, para garantia do travamento correto, mantendo o alinhamento mesmo que após venha a ser aterrado e devidamente compactado. Na imagem 5 a seguir, temos execução de duas etapas construtivas da avenida São Carlos, execução das escavações para locação e assentamentos dos tubos de coleta, além também da execução de berço dos tubos colocados, para garantir o seu perfeito alinhamento e declividade de projeto além de aumentar a produtividade, onde ao se iniciar a execução dos berços da tubulação, já se dava início ao fundo das caixas coletoras, fazendo com que já se tivesse um avanço em atividades posteriores.

Imagem 5: escavação e execução do berço para as tubulações



Fonte: próprio autor (2019).

Na imagem 6, temos a execução da etapa de contra berço das tubulações, onde o mesmo além de garantir que não houvesse futuras movimentações depois de finalizado, servia também como uma espécie de revestimento para a tubulação, onde como toda a tubulação foi projetada para trabalhar com meia seção dos tubos, a execução do contra berço além de garantir estabilidade, garantia também a estanqueidade de todo o transporte de água pluvial, fazendo com que com a parte externa e inferior do tubo fosse revestida com concreto, diminuía as chances de haver possíveis vazamentos ao longo dos anos, diminuindo os riscos de patologias ao pavimento asfáltico, além da garantia de uma maior durabilidade e resistência de todo o sistema executado na avenida São Carlos.

Imagem 6: execução do contra berço das tubulações



Fonte: próprio autor (2019).

Por meio de seu terreno altamente sinuoso e com pontos de declive acentuados, determinados pontos de escavação para o novo sistema de drenagem, obtiveram profundidades superiores a 3 metros, devido ao objetivo de manter a menor declividade ao longo do sistema, sendo assim uma de suas etapas mais perigosas, necessitando de um acompanhamento mais severo e contínuo, visto que com tal perigo envolvido e contando com grandes barrancos de terra, operação com máquinas pesadas e o inerente risco de um possível deslizamento se faz presente a necessidade de uma fiscalização constante, como demonstrado na imagem 7, onde as escavações desenvolvem profundidades acima dos 3 metros sendo necessário o uso de contenções para auxiliar no processo executivo, proporcionando mais segurança e estabilidade.

Imagem 7: Pontos de escavações mais profundos



Fonte: Próprio autor, (2019).

A utilização de contenções as laterais das escavações se dava pela instabilidade do solo escavado, onde com a intensa movimentação do maquinário pesado, presenciava-se alguns desmoronamentos de porte pequeno, que por mais que aparentasse ser de baixo risco, na situação



em questão, acabava acarretando alguns atrasos a execução como a intensa limpeza para facilitar algumas atividades no local.

Dentre alguns outros pontos negativos as atividades de escavações para início do sistema, destacamos as inúmeras aparições de pontos de água, salobra, que em determinados pontos, aflorava a superfície do solo causando partes inundadas, dificultando a execução tanto do berço para as tubulações, visto que boa parte do concreto utilizado para execução dos mesmos acabava “escorrendo” por conta do contato com a água, quanto o próprio assentamento do material, sendo necessária a retirada constante de uma grande quantidade de água diariamente, mas que mesmo assim, continuava a inundar determinados pontos, principalmente, quando próximo a orla marítima, onde a intensidade destes acontecimentos se dava de forma mais intensa e rotineira, como demonstrado na imagem 8 abaixo.

Imagem 8: aparição e inundação de pontos, por meio de olho d'água



Fonte: Próprio autor, (2019).

Vale ressaltar que durante todo o processo de escavações e abertura de valas para assentamento de tubos e aduelas ao longo da São Carlos, era isolado e sinalizado para que por medidas de segurança, viesse a evitar futuros acidentes com os moradores locais ou até mesmo durante transporte de material ou locomoção dentro da área de intervenção, sendo as mesmas feitas com piquetes refletivos, para que pudessem ser vistos durante o período da noite, além de contar também com redes de segurança ao redor de todo o perímetro de escavações, garantindo assim a segurança de todos os envolvidos no processo de execução.

### **8.2.2 Tubos e aduelas**

Com uma extensão de pouco mais de 1 quilometro e meio, a avenida São Carlos, teve em seu comprimento total, a instalação de tubos e aduelas para um correto funcionamento de seu sistema de drenagem, contando com 80% de seu sistema feito com tubos pré-moldados em concreto armado, e 20% restante de seu comprimento feito com a utilização de aduelas até o seu encontro a orla marítima, para garantir o transporte e desague mais adequado, eficiente e seguro possível.

Os diâmetros nominais referentes as tubulações instaladas variam conforme o ponto de captação, sendo menores em pontos onde a coleta da precipitação é menor, assim como em pontos mais intensos de captação seus diâmetros tendem a serem maiores.

A tubulação desenvolvida para a avenida, utiliza os seguintes diâmetros para tubos, sendo eles de 600 mm, 800 mm e 1000 mm, onde conforme mais se aproxima do final da avenida, os diâmetros tendem a aumentar. O tipo de tubo utilizado para a execução do sistema foi o modelo macho e fêmea, visando o aumento da produtividade na execução do mesmo, já que determinado tipo de encaixe facilita o seu alinhamento, além de garantir um encaixe preciso.

Após a instalações dos tubos de concreto, foi realizada o fechamento das brechas e pontos entre um tubo e outro, existente pelo fato de ocorrer pequenas quebras no transporte ou movimentação do material, garantindo a execução na parte interna e externa a tubulação, afim de evitar qualquer tipo de vazamento que venha a comprometer o seu funcionamento e prejudicar a camada acima do mesmo. Seguindo o texto, temos a imagem 9, demonstrando as técnicas de assentamentos dos tubos de concreto, utilizados na avenida São Carlos.

Imagem 9: Assentamento dos tubos de concreto



Fonte: Próprio autor, (2019).

A precipitação acumulada ao longo de todo o sistema fez com que por medidas de segurança, ao se deparar com o final da avenida, fosse alterado o material utilizado para transporte da água, fazendo-se usar então, aduelas pré-moldadas em concreto armado, visto que com sua alta declividade e uma quantidade alta passando pelas mesmas em tempos chuvosos, optassem por uma maneira mais segura para garantir o transporte e desague eficiente.

Outro ponto pelo qual fosse trocado o tipo de material utilizado na execução, fora a inclinação bem significativa ao seu final, onde contava com cerca de 10% de inclinação, sendo assim a necessidade de se fazer uma maneira a qual, em tempos de precipitações altas não ocorresse a sobre carga da tubulação, muito menos que houvesse problemas no transporte dentro dos tubos, por conta da alta velocidade desenvolvida ao longo do trajeto.

A medida adotada para amenizar tal problema, foi a utilização de degraus ao longo da descida, fazendo com que a súbita mudança de nível, garantisse a diminuição da velocidade da água, para que mesmo com um acumulo muito grande decorrente de toda área de captação, conseguisse ser escoada de forma segura internamente. O método de degraus consiste em, diminuir

a declividade presente na tubulação, executando caixas de passagem ao longo do trajeto, onde em cada intercepção feita por elas, fosse rebaixado o nível da próxima aduela, fazendo com que a mudança de nível, diminua a declividade sem precisar de muito trabalho ou adequações, e se diminua também a velocidade de escoamento, onde caso não fosse executado dessa maneira, uma das opções abordadas em reuniões, seria uma vasta escavação, com profundidades muito altas, sendo assim muito perigoso, decorrente da alta instabilidade do solo local, além do eminente risco de um possível soterramento por conta das vibrações próximas, garantindo então a adoção do método de degraus ao longo do restante do trajeto, como demonstrado na imagem 10, tornando bem visível o tipo de método utilizado e sua execução.

Imagem 10: Execução do método de degraus



Fonte: Próprio autor, (2019).

### **8.2.3 Caixas coletoras, de passagem e poços de visita**

Presente em todo o seu comprimento, as caixas coletoras se fazem uma parte importante de todo o sistema, garantindo a coleta de toda a precipitação colocada sobre as vias e pontos da avenida, sendo assim a etapa de execução das mesmas, requer uma alta fiscalização para que não acarrete erros no seu funcionamento.

Dividida em modelos de bocas de lobo, simples, duplas e triplas as caixas ficam dispostas em sua lateral esquerda ou direita da pista de rolamento, sendo as mesmas feitas em alvenaria estrutural, rebocadas interna e externamente para garantir a completa impermeabilização das mesmas. O projeto em si da avenida conta com 54 bocas de lobo, dispostas ao longo do seu comprimento, sendo desse total, em sua boa parte, bocas de lobo duplas e triplas, sendo 10 bocas de lobo triplas e 35 bocas de lobo duplas, contando apenas com bocas de lobo simples em cruzamentos e ruas adjacentes totalizando uma quantia de 9 bocas de lobo simples.

A sua execução feita em alvenaria estrutural, garantia além de um melhor acabamento de serviço, uma maior produtividade ao longo do projeto, sendo feitas com blocos estruturais de concreto e em sua finalização, uma cinta feita com concreto aramado para suportar suas tampas de coleta. Na imagem 11 a seguir, temos o início da execução de uma boca de lobo, sendo feito o seu fundo em concreto armado, além de suas paredes laterais, sendo confeccionadas em blocos de concreto estrutural.

Imagem 11: Início da execução das bocas de lobo



Fonte: Próprio autor, (2019).

As caixas são elementos responsáveis pela coleta da água nas pistas de rolamento, porém as mesmas precisam transportar toda a precipitação coletada a rede central, ou galeria, sendo esse trecho feito geralmente com tubos de um diâmetro menor a galeria, sendo responsável por ligar as bocas de lobo a rede central ou caixas de passagens dispostas ao longo de todo o trajeto da avenida.

A avenida São Carlos conta com 30 caixas de passagem dispostas ao longo de todo seu comprimento, com um distanciamento médio de 30 metros de uma a outra, sendo as mesmas também executadas em alvenaria estrutural, rebocadas interna externamente, além de contar com uma tampa de vedação feita em concreto armado para que não haja quebras ou desmoronamento das pista acima da mesma.

Além das caixas de passagem, conta também com 6 poços de visita, sendo uma instalação onde se tem acesso às redes de serviços subterrâneos como esgoto, telefone e energia elétrica. O poço de visita consiste em uma tampa, circular ou retangular feita de ferro, ou até mesmo de concreto com profundidade variável, divididos em dois compartimentos, sendo eles a chaminé e o balão, onde a chaminé é a parte mais estreita e o balão, a parte mais ampla na qual se fazem os serviços necessários e reparos as redes de alimentação.

Os poços de visita, executados ao longo do projeto, seguiram o mesmo processo executivo das caixas de passagem e bocas de lobo, sendo os mesmo feitos e alvenaria estrutural, com seu fundo feito com concreto usinado, além da execução de cintas ao longo do seu comprimento, garantindo assim uma maior resistência após ser aterrado e uma maior durabilidade assim como as caixas de passagem e bocas de lobo.

Em determinados pontos da avenida, ao invés da utilização de tubos convencionais, se fez a utilização de canais feitos em alvenaria estrutural, responsável por conduzir a água da boca de lobo quando coletada, para a rede central ou galeria, sendo utilizado essa técnica por dois motivos, sendo do primeiro motivo, a cota final da pista de rolamento, sendo assim a utilização de tubos, seria difícil manter a altura final da via, por mais que os diâmetros fossem os menores permitidos por norma, e o segundo seria garantir que a camada de recobrimento fosse segura aos mesmo, pois com pouco espaço disponível para fazê-la, não seria viável, deixando assim os tubos com a sua camada superior frágil, podendo acarretar quebras ao longo dos anos e problemas na tubulação, fazendo assim um canal, da boca de lobo a galeria principal, como demonstrado na imagem 12, a ligação da boca de lobo ao canal central de coleta.

Imagem 12: execução do canal ligando a BLT a galeria central.



Fonte: Próprio autor, (2019).

Outro motivo pelo qual se teve a necessidade da execução de um canal para escoamento de água se deu pelo fato de em alguns pontos demarcados para as caixas, coincidir com a passagem da atual rede coletora de água, sendo assim como uma maneira de contorna-la, se fez o canal, decorrente de pouco espaço para acomodação do tubo, além de garantir também, uma sustentação para a rede existente, já que a mesma ainda possui muitos pontos de tubulação ainda em amianto, que já não é utilizada a muitos anos na construção civil. Seguindo o texto coma imagem 13, temos exposto a interferência causada pela adutora de água do bairro, que em alguns pontos se fazia presente próximo as caixas e tubos de passagem, sendo necessário, contorna-la com a construções de canais, permitindo a passagem da água coletada, por baixo da mesmas, sem que houvesse problemas.

Imagem 13: Execução do canal para contornar a tubulação de abastecimento



Fonte: Próprio autor, (2019).

#### **8.2.4 Aterro das tubulações e caixas de passagem**

Após finalizada todas as intervenções necessárias para o sistema funcionar de forma correta e segura, se dá início a etapa de aterro de todas as tubulações e caixas feitas para a avenida, sendo uma das parte cruciais para uma boa durabilidade do mesmo, garantindo um recobrimento suficiente para permanecer intacto ao ser executada as pistas de rolamento acima do mesmo, sem que haja quebras ou qualquer tipo de falha catastrófica em todo serviço executado.

Para realização do aterro das tubulações, foi feito de forma que, a cada camada de material despejado em cima dos tubos, fosse realizado a umidificação e compactação do mesmo, para garantir que todo o material despejado fosse devidamente compactado e acomodado sem que permaneça vazios em sua composição. O material utilizado para tal execução, fora o compactador de solo tipo sapo, sendo o mesmo manuseado por dois operários, onde um fica responsável pela direção do compactador, garantindo uma total uniformidade no serviço, enquanto o segundo operador, garante a força aplicada nos golpes, para ter certeza que seja devidamente compactado em todas as camadas.

A utilização do rolo compactador, seja liso ou pata de carneiro, não foi utilizada por motivos de que a sua intensa vibração e peso, acarretariam possíveis fissuras e quebras no material



assentado, sendo assim não seria uma maneira viável de se realizar a compactação, mesmo que fosse mais rápida que o modelo tipo “sapo”, seus problemas e pontos negativos fizeram com que o melhor método fora o individual, compactando cada camada e cada ponto de forma separada, garantindo a estabilidade das tubulações e material assentado. Com base no conteúdo da imagem 14, vemos a etapa de aterro e compactação da camada de terra, depositada acima de tubos e caixas de passagem, para posterior execução da camada asfáltica das pistas.

Imagem 14: Etapa de aterro das tubulações e caixas finalizadas



Fonte: Próprio autor, (2019).

### **8.2.5 Ponto de desague da drenagem**

Depois de toda a precipitação coletada e transportada pelas suas tubulações, o ponto em que toda a coleta é desaguada, se localiza ao fim da avenida São Carlos, mais precisamente, na praia do olho d’água. O ponto final de despejo da água coletada foi feita inteiramente com aduelas de 2m x 1m, confeccionadas em concreto armado assentadas em cima de uma base de pedras, para melhorar a estabilidade das peças e suportar toda a força gerada pela mare da região, que é extremamente forte em determinada épocas do ano. Para assentamento das aduelas necessárias foi feita além da base em pedras, um espesso contra piso em concreto para garantia da correta

inclinação e garantia de não ficar água parada em suas galerias, como demonstrado na imagem 15, sendo feita a execução do contra piso em concreto para garantia do nivelamento das aduelas que fora colocada posteriormente a sua conclusão.

Imagem 15: Execução do contra piso, para assentamento das aduelas



Fonte: Próprio autor, (2019).

O tipo de método adotado traz algumas desvantagens tanto na sua parte executiva, como depois de finalizada em funcionamento. A desvantagem decorrente do método na parte executiva, se trata que em sua execução, por se tratar de uma área de orla marítima ainda mais na capital, as variações e força pela qual sofrem as estruturas situadas na praia, são extremamente intensas, logo acaba que por ocorrer imprevistos e atrasos sendo mais demorada e de certa forma mais cara, tendo em vista os reforços necessários.

Vendo pelo lado de após ter sido finalizada, temos os aspectos ambientais referentes ao desague, tendo em vista que, toda a água captada pelas bocas de lobo, terão seu despejo diretamente ao mar, podendo transportar inúmeros dejetos até a orla marítima, sendo assim um grande potencial de impacto ambiental, onde além de água pluvial, pode ser transportado também, eventuais vazamentos de esgoto, lixos acumulados na avenida, resíduos domésticos e vários outros possíveis agentes de poluição, onde por mais que o sistema seja destinado apenas a coleta e transporte de

água pluvial, determinadas situações citadas, são um tanto quanto comuns na capital, então a solução adotada detém alguns pontos negativos, por mais que todo o sistema foi desenvolvido para receber apenas a captação de precipitações, a conscientização da população local, é escassa fazendo com que muitos venham a se aproveitar e fazer um uso indevido do sistema, acarretando ainda mais problemas ao meio ambiente.

### **8.3 Finalização e cenário atual da obra**

O fim da execução do sistema de drenagem da São Carlos, ocorreu no final do mês de fevereiro de 2020, sendo entregue com todas as caixas finalizadas e devidamente aterrada, para início do uso do sistema. Contando com todas as 54 bocas de lobo, 30 caixas de passagem e seus 6 poços de visita, o sistema de drenagem da avenida estaria completo, apto a receber qualquer tipo de precipitação ou escoamento pelas suas galerias. Levando um total de 8 meses para ser concluído, a obra teve um andamento regular a respeito da trabalhabilidade, levando um pouco mais de tempo que o planejado, ocasionado por alguns problemas ao decorrer da obra, como por exemplo:

- **Obra no período chuvoso:** Sendo executada no intervalo de julho de 2019 a fevereiro de 2020, a obra teve algumas de suas interrupções provenientes de chuvas intensas na região, fazendo com que determinadas atividades fossem paralisadas ou até mesmo prejudicadas, como trabalhos de acabamentos internos, a ocorrência de soterramento de algumas de suas caixas pelo depósito de material escoado pelas chuvas, excesso de umidade no material a ser compactado e entre outros decorrentes da época chuvosa.
- **Intervenções da concessionária de água:** Com um sistema de abastecimento de água da região, sem um acompanhamento prévio e sem a demarcação dos pontos e onde passava a linha principal, muitos atrasos provenientes de furos, vazamentos e quebras de canos de água foram acarretados, sendo pela sua grande maioria, ocasionado pela rede principal, sendo a mesma muito antiga, com inúmeros reparos em sua linha, fazendo com que ficasse frágil e suscetível a tais problemas, acarretando por sua vez a saturação do solo por vazamentos e até mesmo o preenchimento de algumas de suas escavações por rupturas na linha de abastecimento, como ocorrido no processo de assentamentos de tubos
- **Transtornos à população local:** Por se tratar de uma avenida com alto perímetro urbano, os problemas provenientes de transtornos à população, se torna algo inevitável, não sendo diferente na obra em questão, onde acontecimentos como rompimentos de canos de água, alta circulação de veículos nas vias que acarretavam certos prejuízos mútuos na região, sendo um dos fatores de um certo aumento no seu prazo de conclusão, onde tais problemas

relatados, acarretavam discussões e alguns impedimentos a continuidade dos serviços necessários a execução do sistema.

Mesmo com alguns problemas com atrasos e interrupções o serviço foi terminado com sucesso, teve todas as suas devidas caixas executadas e fiscalizadas, para garantir um perfeito funcionamento futuro, como foi visto no ano de 2020, em tempos chuvosos, o sistema conseguiu escoar toda a precipitação colocada sobre a avenida, sem que haja pontos de alagamento ou sobre carga da tubulação existente, fornecendo ao bairro que não possuía qualquer tipo de sistema de drenagem, um sistema capaz de suportar as fortes chuvas da região e fazer de forma segura e correta o transporte para o seu ponto final.

A avenida São Carlos, atualmente continua em obras de adequação para abrigar o projeto de prolongamento da avenida litorânea, onde além de um novo sistema de drenagem, a mesma irá abrigar o sistema do BRT, onde será executado o pavimento rígido como pista de rolamento do mesmo, além da readequação para as pistas de rolamento, para garantir a reestruturação da avenida, proporcionando a volta do funcionamento normal da avenida e suas adjacências.

#### **8.4 Considerações finais**

Tendo em vista todo o processo executivo, todo o acompanhamento de etapas e métodos utilizados para execução do sistema de drenagem, vemos que anteriormente se tratava de uma avenida deficiente de um sistema descente de drenagem, onde basicamente toda a água pluvial descia por meio apenas da declividade existente na suas pistas de rolamento, sendo assim acarretava alguns pontos de acúmulo de água, pontos de altas quantidades sendo transportada e também patologias ao pavimento existente decorrentes de uma falta de galerias e pontos de coletas.

Todo o sistema desenvolvido para a avenida tinha como premissa básica o transporte apropriado de toda a água pluvial da avenida, visto que como parte do processo de adequação estaria nele o desenvolvimento de um sistema adequado e confiável, tendo em vista que todo o trajeto da São Carlos, não possuía um sistema de drenagem, logo com todo o processo de adequação para que fosse receber a nova estrutura para comportar um novo tipo de utilização, o sistema desenvolvido foi dimensionado de forma que todos os parâmetros de segurança fosse seguidos, de forma rigorosa.

Avaliando as etapas construtivas do projeto, vemos que ao longo de toda a execução do sistema, foi executado todas as partes necessárias para atender um sistema completo, desde a

etapa de escavações para locação de caixas ou assentamentos de tubos, até a etapa de aterro das mesmas. Dentre as etapas construtivas ao longo da execução, encontraram-se alguns problemas que posteriormente viriam a ser empecilhos a execução, onde temos entre eles a alta declividade, principalmente em toda a sua parte final da avenida, sendo um de seus principais problemas para execução, onde para contornar tal situação, teriam duas soluções, sendo elas o aumento da profundidade das escavações, para conseguir manter uma declividade mais baixa, sem comprometer a execução construtiva do sistema, ou então realizar o método atual feito na avenida, que foi o método de degraus.

A adoção do método de degraus se tornou o método mais viável para solução do problema de inclinação da avenida, fazendo com que evitassem o aumentar a escavação, diminuindo os riscos de acidentes por desmoronamento, aumentando a produtividade na execução além de diminuir também a velocidade em que a água seria transportada dentro das galerias, solucionando assim um dos problemas encontrados na etapa construtiva.

Seguindo as etapas construtivas, deparou-se com mais um problema encontrado na avenida, sendo o mesmo um solo muito instável em determinados pontos da avenida, principalmente próximos a adutora de água, decorrentes principalmente de reparos feitos a mesma, que em sua grande maioria, eram fechados com areia marinha, onde enquanto confinada, conseguia exercer uma função de sustentação e estabilidade, porém com as etapas de escavações e assentamentos dos tubos e aduelas, ao ser encontrado esses bolsões de areia, muitos deles desmoronavam acarretando rompimentos na adutora de água, conseqüentemente, vazamentos e quebras no sistema, fazendo com que o bairro em si ficasse sem água por um determinado tempo, enquanto se esperava a própria concessionária vir e executar o reparo da tubulação .

Dentre as soluções para o problema encontrado, foi feita um tipo de mapeamento para aproximar ao máximo possível, onde seria a passagem da adutora, acha-la e amarra-la para que não venha a sofrer quebras ou movimentações indevidas. Outro ponto que envolvia a adutora e as tubulações de abastecimento de água, seria a questão de não se ter um plano de influência, sendo assim muitas das tubulações conflitavam com a passagem de tubos que ligavam as bocas de lobo as caixas de passagem, fazendo-se necessário assim outra intervenção, que foi a execução de canais de ligação feitos em alvenaria, onde como a mudança de direção da adutora, não seria um opção viável, teria de se dar uma forma de contorna-la sem prejuízos, sendo assim a execução de canais, mais baixos e que ao mesmo tempo servia em determinados pontos como suporte para a rede de abastecimento, quando era necessário passar por baixo da adutora.

Dentre as peculiaridades da obra, temos que em determinados pontos onde se fazia escavação, para execução de caixas ou assentamentos de tubos, se notava a aparição de olhos d'água, onde em questão de minutos, se tinha já quantidades consideráveis de água acumulada em escavações. Mesmo sendo algo não tão comum em alguns pontos da cidade, essa é uma das características presente no local de implantação, sendo assim teria de se achar uma maneira de contornar tal situação, garantindo dar execução ao processo de construir o sistema.

Analisando para melhor proporcionar uma solução a situação, se fez uso de uma das mais simples soluções, sendo a mesma a utilização de uma bomba, para retirada de toda água que brotasse, usando em conjunto da concretagem e escavações, para evitar que a quantidade de água fosse de alguma forma atrapalhar a execução, garantindo que o serviço pudesse ser executado sem que houvesse algum tipo de intervenção.

Um dos últimos empecilhos que se teve a necessidade de haver uma intervenção, era a rotina diária de alguns estabelecimentos e a própria linha de transporte público, onde com o início da intervenção direta, alguns pontos seriam de certa forma, interditados, sendo assim os estabelecimentos e casas seriam previamente comunicados e informados de uma possível solução para acessar no horário de funcionamento ou então poder entrar e sair de suas casas conforme o horário necessário. Já referente a linha de transporte público, a solução adotada para evitar que tivessem conflitos de passagem ou atrapalhar ambas as partes, pediu-se o auxílio da SMTT, para deslocamento da rota e orientação aos moradores e usuários de tal serviço, fazendo assim que não houvesse a parada do serviço, e sim a adequação do mesmo.

Sendo uma obra com tamanha intervenção no cotidiano urbano do local, teve ao longo do seu processo executivo inúmeras intervenções decorrentes de transtornos causados a população, seja por quebras em determinados pontos, acesso dos moradores a suas casas, alta poluição sonora por conta do maquinário utilizado, além de alguns pontos de problemas com quebras de canos de abastecimento de água, pontos elétricos e pontos de conexões de telefone ou internet. Tais problemas foram solucionados o mais rápido possível caso ocorresse, pois uma das medidas adotadas para estar preparado caso acontecesse, principalmente no quesito de abastecimento de água das casas, é ter sempre por perto e acompanhando as atividades executadas, a presença de um funcionário especializado na parte hidráulica, fazendo com que caso houvesse pontos de quebra ou que tivesse a necessidade de adequar a tubulação existente, o mesmo estaria lá para que o problema fosse solucionado.

## 9. CONCLUSÃO

Com base em todos os dados apresentados e expostos nessa monografia, concluímos que, todo o sistema desenvolvido para a avenida São Carlos, todos os seus métodos executivos utilizados ao longo de todo o seu processo de construção, fizeram com que o conjunto como um todo, fosse concluído com sucesso, garantindo que todo o sistema funcione de forma correta atualmente, desempenhando as funções de coleta e transporte de forma como planejada, mostrando que mesmo com o passar dos anos ainda terá capacidade suficiente para poder lidar com as precipitações que possam vir a ser desencadeadas na região.

Mesmo que a região nunca obtivesse um sistema de drenagem capaz de suprir a suas necessidades, o atual projeto desempenhado na avenida mostra capacidade suficiente de trabalho, para evitar pontos de alagamento, pontos de altíssima velocidade de escoamento, além também de garantir que não haja mais problemas ao revestimento asfáltico, ou casas próximas decorrentes de longos períodos de chuva, mas sim garantir a segurança e confiabilidade do sistema feito, desempenhando suas funções de forma eficiente e demonstrando a importância de um bom sistema de drenagem.

Todos os objetivos e pontos a serem alcançados no projeto, foram concluídos com êxito, cumprindo cada parâmetro de qualidade e construtivos exigidos na área de construção civil, sendo assim o sistema desenvolvido para a São Carlos, cumpriu todos os pontos a serem sanados em seu processo executivo, além de atender todas as necessidades da avenida, no quesito em que fora executado, o tornando assim, um grande investimento e uma grande obra de infraestrutura para a capital, e mais ainda para o bairro em que se localiza garantindo a segurança e o bem estar da população.

Todo o sistema atualmente se encontra-se finalizado, onde a avenida em si está em processo de finalização também, para estar devidamente adequada ao novo revestimento asfáltico que será colocado, além da pista do BRT, feita em placas de concreto maciço para aguentar todos os esforços que nela foram concedidos, garantindo toda a sua reestruturação para conseguir comportar todo o seu novo fluxo de carros e pessoas, que virá a transitar posteriormente a sua devida finalização.

## **BIBLIOGRAFIA:**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12266**: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro, 1992.

AZEVEDO Netto, J. M.; VILLELA, S. M. **Manual de hidráulica**. 5. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1969.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2005. 266p.

BORSAGLI, A. O Vale do Córrego do Leitão em Belo Horizonte: contribuições da cartografia para a compreensão da sua ocupação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA HISTÓRICA, 1., 2011, Paraty. Anais... Paraty: UFMG, 2011.

BOTELHO, M.H.C., **Águas de Chuva** - Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades, Ed. Edgard Blucher Ltda., São Paulo, 1978.

CANHOLI, A. P **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. Ed. São Paulo: Oficina de textos, 2005.

DAL-PRÁ, LEONI Lúcia. **Drenagem Urbana**. 2016. Disponível em: <  
<http://177.92.30.55/ws/wpcontent/uploads/2016/12/drenagem-urbana.pdf>. Acesso em: 25 de setembro de 2020.

DIAS, F. S.; ANTUNES, P. T. S. C. **Estudo comparativo de projeto de drenagem convencional e sustentável para controle de escoamento superficial em ambientes urbanos**. 2010. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

FESTI, A. V. **Equações de chuva brasileira**. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais, João Pessoa, Paraíba, 20p, 2005.

MATOS, J. – Comportamento Hidráulico e Ambiental de Sistemas Unitários – Um Olhar para Trás, em Direção ao Futuro. Edição em CD. Encontro Nacional de Saneamento Básico, Braga, 2002.



MATOS, J.; FRAZÃO, A. – **O Saneamento na Cidade do Século XXI**- Problemas, Paradigmas e Soluções. Encontro Nacional de Entidades Gestoras, ENEG 2001, Lisboa, 9 a 11 de outubro 2001.

MATOS, R.M. – **Gestão Integrada de Águas Pluviais em Meio Urbano** – Visão Estratégica e Soluções para o Futuro. Teses e Projectos de Investigação. LNEC, 2000.

PORTO, R. M. Hidráulica básica. 2. ed. São Carlos: EESC- USP, 1999. cap. 2, p.13.

TOMAZ, Plínio. **Método Racional**. 2013. Disponível em: [http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos\\_livros/livro\\_metodo\\_calculos\\_vazao/capitulo02.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_metodo_calculos_vazao/capitulo02.pdf). Acesso em: 30 de abril de 2020.

TUCCI, C. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, 2001.

TUCCI, C. M. **Gestão de Inundações Urbanas**. [S.l.]: [s.n.], 2005.

TUCCI, C.; MARQUES, D. M. **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana**. 1º. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, 2000.

WEBSTER, C. – **The sewers of Mohenjo-Daro**. J. Water Pollution Control Fed., 34(2), 116-123, 1962.

ANEXO:

Relatório gerado por: leosmithfernandes@gmail.com



Arquivos	Termos comuns	Similaridade
TCC2_P2_Leonardo Smith. 10º periodo..docx X <a href="http://www.seer.ufu.br/index.php/cieng/article/download/545/2689">http://www.seer.ufu.br/index.php/cieng/article/download/545/2689</a>	121	0,62
TCC2_P2_Leonardo Smith. 10º periodo..docx X <a href="https://computer.howstuffworks.com/internet/basics/google-earth.htm">https://computer.howstuffworks.com/internet/basics/google-earth.htm</a>	4	0,02
TCC2_P2_Leonardo Smith. 10º periodo..docx X <a href="https://ludwig.guru/s/without+the+presence/">https://ludwig.guru/s/without+the+presence/</a>	3	0,01
TCC2_P2_Leonardo Smith. 10º periodo..docx X <a href="https://www.lifewire.com/visit-mars-in-google-earth-1616456">https://www.lifewire.com/visit-mars-in-google-earth-1616456</a>	2	0,01
TCC2_P2_Leonardo Smith. 10º periodo..docx X <a href="https://www.lifewire.com/what-is-google-earth-1616440">https://www.lifewire.com/what-is-google-earth-1616440</a>	3	0,01
TCC2_P2_Leonardo Smith. 10º periodo..docx X <a href="https://www.pcworld.com/article/161389/article.html">https://www.pcworld.com/article/161389/article.html</a>	1	0
TCC2_P2_Leonardo Smith. 10º periodo..docx X <a href="https://www.online-tech-tips.com/google-softwaretips/how-to-use-google-calendar-10-pro-tips/">https://www.online-tech-tips.com/google-softwaretips/how-to-use-google-calendar-10-pro-tips/</a>	0	0
TCC2_P2_Leonardo Smith. 10º periodo..docx X <a href="https://www.techrepublic.com/blog/windows-and-office/the-earths-not-big-enough-for-google/">https://www.techrepublic.com/blog/windows-and-office/the-earths-not-big-enough-for-google/</a>	0	0
TCC2_P2_Leonardo Smith. 10º periodo..docx X <a href="https://marcelosbarra.com/2017/10/31/detalhamento-de-area-molhada/">https://marcelosbarra.com/2017/10/31/detalhamento-de-area-molhada/</a>	0	0
TCC2_P2_Leonardo Smith. 10º periodo..docx X <a href="https://www.questionsanswered.net/article/how-use-google-earth-street-view?ad=dirN&amp;qo=serpIndex&amp;o=740012">https://www.questionsanswered.net/article/how-use-google-earth-street-view?ad=dirN&amp;qo=serpIndex&amp;o=740012</a>	1	0

