



**UNIVERSIDADE POLITÉCNICA**

**A POLITÉCNICA**

**ISNTITUTO SUPERIOR DE GESTÃO CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS**

**(ISGCT)**

**CURSO ENGENHARIA CIVIL**

**REDE DE ESGOTO E ESCOAMENTO ÁGUAS DE PLUVIAS**

Trabalho de Fim de Curso para Obtenção do Grau de licenciatura em Engenharia  
civil

**AGAPITO JOSÉ MANUEL**

Estudante nº 497400

Tutor

Prof. Doutor Engenheiro: Ruy Moreira Cravo

Maputo, Agosto de 2022

# REDE DE ESGOTO E ESCOAMENTO ÁGUAS DE PLUVIAS

Trabalho final do curso (TFC) de Engenharia civil da Universidade a Apolitecnica da Cidade de Maputo, com parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro Civil.  
Orientador: Prof. Doutor Engenheiro Ruy Moreira Cravo.

Maputo, de ---- de----

Banca Examinadora

---

Prof. Doutor Engenheiro: Ruy Moreira Cravo

Tutor

---

Juiz

---

Oponente

## **TRABALHO DE FIM DE CURSO**

### **PARECER DO SUPERVISOR**

**PROF. DOUTOR ENG.º RUY MOREIRA CRAVO**

**CANDIDATO AGAPITO JOSÉ MANUEL**

#### **Rede de Esgoto e Escoamento de Águas Pluvias**

*Trabalho de projecto de fim de curso apresentado a Universidade Politécnica – A Politécnica como parte dos requisitos de obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Civil.*

*O candidato Agapito José Manuel, estudante finalista do curso de Licenciatura em Engenharia Civil nesta Universidade, realizou o seu trabalho final na área de Rede Esgoto de Águas Pluvias onde aplicou de forma conhecedora os conhecimentos adquiridos ao longo da sua formação.*

*O trabalho desenvolvido cumpre com as normas de escrita e apresentação de trabalhos de fim de curso, nesta universidade, pelo que eu, Ruy Cravo, seu supervisor, recomendo a submissão do relatório do trabalho para a defesa pública conforme as normas da Universidade Politécnica.*

**O Supervisor do Trabalho**

---

**Prof. Doutor Engenheiro: Ruy Moreira Cravo**

**Maputo, 2022**

## **DECLARAÇÃO**

*Eu, Agapito José Manuel, declaro por minha honra que o presente Trabalho de fim de Curso é Resultante do meu próprio esforço. Com acompanhamento do meu supervisor. Todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia. Esta Monografia não submetida antes para obtenção de nenhum grau ou para avaliação em nenhuma outra Universidade.*

**Autor**

---

**Agapito José Manuel**

**Maputo, de Agosto de 2022**

## **DEDICATÓRIA**

*Aos meus pais Ramadene Jamal Amade e José Manuel Ussene em Memória*

*Pelo carinho, dedicação, motivação e exemplo de vida. Os quais com toda certeza foram de grande valia para o sucesso dessa monografia e não só mas também do curso de Engenharia Civil*

## **AGRADECIMENTOS**

*Agradeço primeiramente a Deus, por me conduzir e proteger em todos momentos da vida;*

*Aos meus pais Ramadane Jamal Amade e José Manuel Ussene em Memória, em Especial Minha Mãe pelo carinho, incentivo, pela confiança depositada em mim, por nunca deixarem faltar nada nesta caminhada estudantil e pelo apoio;*

*Aos meus irmãos Esmeralda , e Gizela pela confiança, carinho e apoio depositado em mim;*

*Ao meu Prof. Doutor Eng.º Ruy Cravo pela atenção dispensada a mim e aos outros colegas durante o curso, pela orientação e pelo seu tempo e dedicação tornando possível a realização deste trabalho;*

*A todos os demais professores e colegas que nestes cinco anos dividiram seus conhecimentos conosco e não mediram esforços para nos transmitir os seus conhecimentos.*

*Aos amigos que sempre estiveram comigo nesta etapa da minha vida, pela compreensão e companheirismo, pelos momentos de diversão, pelas noites em claro estudando, e por sempre estarem ao meu lado, por tudo isso vocês fazem parte desta conquista também, obrigado.*

*Obrigado a todos que de alguma forma contribuíram para conclusão desta etapa, mesmo não estando mencionados.*

## EPÍGRAFE

*Somente onde há vida, há também  
vontade mas não vontade de vida e  
sim vontade de potência!*

*(NIETZSCHE, 1983. 238)*

## **Lista de abreviaturas**

**A.C.** Antes de Cristo

**OD:** Demanda de Oxigênio

**PH:** Íão Hidrônio

**ST:** sólidos Totais

**SV:** Sólidos Voláteis

**SF:** Sólidos Fixos

**DQO:** Demanda Química de Oxigênio

**DBO:** Demanda Bioquímica de Oxigênio

**PVC:** Policloreto de Vinila

**TF:** Tanques Flexíveis

**NBR:** Norma Brasileira

**SWMM:** Storm Water Management Model

**SIG:** Sistema de Informação Geográfica

**CAD:** Desenho assistido por Computador

**PCSWMM:** Computer Storm Water Management Model

**EPA:** Environment Protection American

**SCS:** Soil Conservation Service

**CN:** Número de Curva

**Q:** Vazão de Escoamento

**P:** Precipitação Total

**S:** Solos

**ETAR:** Estação de Tratamento de Águas Residuais

**SUDS:** Sustainable Urban Drainage Systems

**LID:** Low Impact Development

**BMP:** Best Management Practice

**WSUD:** Water Sensitive Urban Design

**TL:** Terminal de Limpeza

**CP:** Caixa de Passagem

**PV:** Poço de Visita

**ABNT:** Associação Brasileira de Normas Técnicas

**BL:** Bocas de Lobo

**BLS:** Bocas de Lobo Simples

**BLG:** Bocas de Lobo com Grelha

**BLC:** Bocas De Lobo Combinada

**BLM:** Bocas De Lobo Múltiplas

**WPF:** Wold food programme

## Lista de Símbolos

**mg/l:** Miligrana por Lítros

**mi / ml:** Minutos por mililítros

**L:** Comprimento

**mm:** milímetros

**m:** Metros

**m<sup>2</sup>:** Metros ao quadrado

**m<sup>2</sup>/s:** Metros ao Quadrado por segundo

**%:** Porcentagem

**< :** Maior

**r:** Raio

**km<sup>2</sup>:** Kilômetros ao quadrado

**SI:** Unidade do Sistema internacional

**$\tau$ :** Viscosidade dinâmica

**v:** Viscosidade cinemática

**$\rho$ :** Densidade

**Pa:** Pascal

**S:** Segundos

**CP:** Centipoise

**Cst:** centistoke

**V:** vazão

**XIX:** Século 19

**XVII:** Século 17

# Lista de Figuras

**Figuras 01:** Cálculo de Raio de vazão

**Figuras 02:** Drenagem Convencional

**Figuras 03:** Drenagem Sustentável

**Figuras 04:** Conceito Moderno de Drenagem Urbana

**Figuras 05:** Terminal de Limpeza

**Figuras 06:** Caixa de passagem

**Figuras 07:** Poço de Visita

**Figuras 08:** Poço de Visita de seção uniforme

**Figuras 09:** Boca de Lobo Simples

**Figuras 10:** Boca de Lobo com Grelha

**Figuras 11:** Boca de Lobo com Grelha

**Figuras 12:** Boca de Lobo Múltipla

**Figuras 13:** A SECUNDÁRIA - SARJETA TIPO “A”

**Figuras 14:** PRINCIPAL - SARJETA TIPO “B”

**Figuras 15:** AVENIDA - SARJETA TIPO “C”

**Figuras 16:** Corte em A-b

**Figuras 17:** Estágio do desenvolvimento da drenagem

**Figuras 18:** Camiões de mangueira de pressão

**Figuras 19:** Equipamentos Acessórios

**Figuras 20:** Avenida 25 Setembro no período sem Chuva

**Figuras 21:** Avenida 25 Setembro em período de chuvas nos dias atuais

**Figuras 22:** : Inundações na Avenida 25 de Setembro no Ano de 1966

**Figuras 23:** Índice de Precipitação na Cidade de Maputo

**Figuras 24:** Representação de alguns trocos Críticos da rede de Esgoto

## **LISTA DE TABELA**

**Tabela 01:** Tipos de solo (Adaptado de Tucci, 2002)

**Tabela 02:** Valores de CN ( Curva Número) para bacias urbanas (Adaptado de Tucci, 2002).

**Tabela 03:** Dimensões mínimas dos Pvs

**Tabela 04:** Coeficiente de Redução na Capacidade de Engolimento das Bocas de Lobo.

## **ABSTRACTO**

<b>Autor :</b>	Agapito José Manuel
<b>Grau Acadêmico</b>	Licenciatura em Engenharia Civil
<b>Universidade</b>	A Politécnica
<b>Faculdade</b>	Instituto Superior de Gestão, Ciência e Tecnologia
<b>Supervisor da proposta:</b>	Prof.Doutor Engº Ruy Moreira Cravo
<b>Data:</b>	de Agosto de 2022

As políticas socioeconômicas atuais garantem a continuação do crescimento urbano. Tais políticas como o programa Casa Jovem, Minha Vida, desencadearam o alavancamento do setor imobiliário e por consequência a aceleração da construção civil no país. Devido a necessidade de encontrar novas áreas para promoção da expansão urbana, o problemas de ocupação desordenada vem ocorrendo grandes problemas de escoamento de águas plúvias.

A análise custos e benefícios estimam os benefícios provenientes dum investimento e terá o propósito de assegurar, portanto, se os recursos escassos da economia do País, em termos de capital, serão utilizados no sentido de implementar os projetos mais produtivos.

Por esse motivo o estudo das Rede de Esgotos e Escoamento de Águas Plúvias na nossa grandes metropole tornou-se algo de extrema importância, e como o campo de estudo é vasto aqui o foco sera o escoamento de Águas Plúvias que ocorrem nas ruas da baixa cidade de Maputo.

**Palavra chaves:** Escoamento, Águas Plúvias

## Índice

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>METODOLOGIA INVESTIGAÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. O PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO.....	2
1.2. O PROBLEMA A SER INVESTIGADO .....	2
1.3. OBJECTIVO .....	3
1.3.1. OBJECTIVO GERAL .....	3
1.3.2. OBJECTIVO ESPECIFICO.....	3
1.4. A PERGUNTA A INVESTIGAR FORMULAÇÃO DAS HIPOTESES A CONSIDERAR .....	3
1.5. HIPOTESES A CONSIDERAR .....	4
1.6. JUSTIFICATIVA.....	4
1.7. PERGUNTAS INVESTIGATIVAS .....	5
1.8. A METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO .....	5
1.9. CONSTRANGIMENTOS PREVISTOS NA INVESTIGAÇÃO.....	6
1.9.1. AS LIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	6
1.9.2. A DELIMITAÇÃO DESTE TRABALHO .....	7
1.9.3. A IMPORTÂNCIA DO TEMA PROPOSTO PARA INVESTIGAÇÃO.....	7
<b>1.9. OS CAPÍTULOS PROPOSTOS E SEUS CONTEÚDOS.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I – MÉTODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO III O MODELO SWMM NO ESCOAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAS.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO IV –REDE DE ESGOTO E ESCOAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAS.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>10</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>10</b>
2.1. Conceito Histórico de Rede de Esgoto de Escoamento de Águas Pluvias.....	11
2.2. Esgoto Doméstico .....	11
2.7. Características Biológicas .....	12
2.8. Despejos Industriais .....	13
1.9. Águas de Infiltração .....	14

<b>CAPÍTULO III</b> .....	15
<b>3. O Modelo SWMM no Escoamento de Águas Pluvias</b> .....	15
3.1. Escoamento Pluvial .....	17
3.2. Inundações Resultantes da Urbanização .....	18
3.3. Causa da Urbanização .....	19
3.4. Implantação Desorganizada da Infra-Estrutura urbana .....	19
3.5. Obstruções no Escoamento .....	19
3.6. Vazão e Escoamento .....	20
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	22
<b>4. REDE DE ESGOTO E ESCOAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAS</b> .....	22
4.1.1. Coletor .....	23
4.1.2. Interceptor .....	23
4.1.3. Emissário .....	23
4.1.4. Poços de Visita .....	23
4.1.5. Tanque Flexível .....	25
4.1.6. Estação Elevatorias .....	25
4.1.7. Sifão Invertido .....	25
4.2. Evolução dos Sistemas de Escoamento Pluvial a Partir do Século XIX .....	26
4.3. Hidrologia e Alterações urbanas .....	28
4.4. Sistemas Urbanos de Drenagem de Águas Pluviais .....	29
4.5. Sistema de Escomanto em Drenagem .....	30
4.6. Drenagem Convencional .....	31
4.7. Drenagem Sustentável .....	32
4.8. Conceito Moderno de Drenagem Urbana .....	34
4.9. Constituintes da Rede de Esgoto e Escoamento de Águas Pluvias .....	37
4.9.1. Terminal de Limpeza (TL) .....	37
4.9.2. Caixa de Passagem (CP) .....	38
4.9.3. Poço de Visita (PV) .....	38
4.10. Bocas de Lobo em Rede de Esgoto .....	40
4.10.1. Classificação das BL's .....	40
4.10.2. Boca de Lobo Simples (BLS) .....	41
4.10.3. Boca de Lobo com Grelha .....	42

4.10.4.	Boca de Lobo Combinada .....	43
4.10.5.	Boca de Lobo Múltipla .....	44
4.10.6.	Recomendações gerais para escolha das BL's .....	45
4.11.	Pontos Intermediários das Sarjetas .....	45
4.12.	<b>Dimensionamento das bocas de lobo</b> .....	47
4.13.	BLS em Ponto Baixo .....	50
<b>Capítulo V</b>	.....	<b>52</b>
<b>BAIXA DA CIDADE DE MAPUTO REDE DE ESGOTO AO LONGO DA AV 25 DE SETEMBRO</b>	.....	<b>52</b>
5.	Breve Historial .....	52
5.1.	Urbanização em Moçambique.....	52
5.2.	Saneamento do Meio.....	53
5.3.	Escoamento Pluvial na Baixa da Cidade Maputo .....	53
5.1.	Gestão e Planeamento Urbano .....	54
5.2.	Sistema de Microdrenagem.....	55
5.3.	Gestão Urbano Dentro do Município.....	56
5.4.	Gestão da Drenagem Urbana.....	57
5.5.	Princípios da Gestão Sustentável de Sistema de Esgoto .....	59
5.5.1.	Os Meios.....	60
5.5.2.	O Controle Permanente .....	61
5.5.3.	A administração .....	61
5.5.4.	Modelagem Hidrológica .....	61
5.6.	Manutenção de Rede Esgoto .....	62
5.6.1.	Operação.....	63
6.	Classificações dos Procecimentos de Manutenção .....	63
6.1.	Principais Anormalidades na Rede de Esgoto.....	63
6.2.	Equipamentos de Manutenção .....	64
6.2.1.	Equipamentos Principais .....	64
6.2.2.	Equipamentos Acessórios.....	65
6.2.3.	Equipamentos de Segurança.....	66
6.3.	Impactos na Infra-Estrutura Urbana.....	66
6.4.	Escoamento em Regime de Viscosidade 25 de Setembro .....	67

6.5. Precipitação na Cidade de Maputo.....	69
6.6. Condições atual da Rede de Egosto da Cidade de Maputo .....	70
<b>Capitulo VI</b> .....	72
<b>6. Conclusões e Recomendações</b> .....	72
6.1. <b>Referências Bibliográficas</b> .....	73

## **CAPÍTULO I**

### **METODOLOGIA INVESTIGAÇÃO**

#### **1. INTRODUÇÃO**

De acordo com Manoel, H.C.B (1995:20) Construção civil a palavra em si já diz muito pois a construção civil é a base da civilização, por esse mesmo motivo é uma área que si encontra em constante mudanças e avanços, e as Rede de Esgoto de Água Plúvias não ficam para trás. A poluição do meio ambiente é um assunto de interesse público em todas as partes do Mundo. Não apenas, os países desenvolvidos vêm sendo afectados pelos problemas ambientais, como também os países em via de desenvolvimento.

A dinâmica das cidades depende de uma série de factores e necessidades de diversas magnitudes e abrangências, cujas ações e esforços por parte do poder público e da própria sociedade permitem que a qualidade de vida se torne cada vez melhor, buscando-se sempre reduzir os riscos de ocorrência de eventos indesejáveis que acontecem no espaço urbano.

O crescimento e a expansão dos centros urbanos de maneira rápida e desordenada acarreta num grande contingente populacional em um espaço reduzido, com grande competição pelos mesmos recursos naturais, afetando profundamente a biodiversidade e ecossistemas naturais. Com esse crescimento urbano, diversas alterações no meio ambiente são percebidas, provocando mudanças no ciclo hidrológico, relacionadas à quantidade, qualidade e regime dos corpos de água em meio urbano. De acordo como relatório “Perspectivas da Urbanização Mundial” da ONU de 2014, atualmente 54% da população vive em áreas urbanas. A tendência observada também é o aumento da população urbana que, segundo o censo do Geral de 2010, representa 84% da população do país. Tal fenômeno provoca ocupações desordenadas do uso dos solos, o que gera o aumento das inundações observadas ano após ano, devido à impermeabilização do solo, diminuição do volume infiltrado e aumento do escoamento superficial.

## 1.1. O PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO

A investigação, é uma actividade logica e sistemática, exige que as acções desenvolvidas ao longo do seu curso sejam devidamente planificadas. Para Gil (1991), o conhecimento gerado será considerado científico a partir da identificação do método utilizado no desenvolvimento desse estudo.

Para a realização do presente trabalho será necessário seguir os seguintes passos:

- Identificação do tópico a ser investigado;
- Definição do problema a ser investigado;
- Definição da pergunta a investigar e das hipóteses a considerar;
- Identificação do paradigma de investigação e determinação da metodologia de investigação a ser aplicada;
- Definição dos objectivos gerais e específicos a atingir com o trabalho;
- Determinação das limitações e delimitações da investigação;
- Determinação do método de coleta de dados e informação;
- Análise e interpretação de dados;
- Escrever o documento final.

## 1.2.O PROBLEMA A SER INVESTIGADO

Esgoto é construída pelo emprego de um conjunto complexo de condutos interligados por meio de singularidades chamadas poços de visita (PV). Esta rede é implantada em ruas, avenidas e locais de servidão, captando o esgoto sanitário de residências, indústrias e águas pluvias.

“A falta de manutenção de rotina das redes coletoras de esgoto leva uma falha no sistema de escoamento das águas plúvias.”

### 1.3. OBJECTIVO

#### 1.3.1. OBJECTIVO GERAL

Este trabalho consiste em melhorar a funcionalidade da rede de Esgoto da Baixa da Cidade de Maputo pois sendo cidade capital deve enfrentar menos problemas de saneamento de Águas Plúvias.

#### 1.3.2. OBJECTIVO ESPECIFICO

1. Dimensionar a rede coletora para os locais onde não existem;
1. Implementar as técnicas de manutenção para Rede de Esgoto e Escoamento de Águas Plúvias.

### 1.4. A PERGUNTA A INVESTIGAR FORMULAÇÃO DAS HIPOTÉSES A CONSIDERAR

A pergunta a investigar é formulada de modo a compreender o problema a ser investigado com maior detalhe e para se poder encontrar uma resposta para a solução ou mitigação do mesmo. Uma correcta definição da pergunta a investigar ajuda a manter a investigação centrada na busca da solução do problema a ser investigado.

“De que forma é que a falta de manutenção de rotina dos esgotos contribuem para a sua degradação?”

Hussy & Hussey (1997: 126), acrescenta que as hipóteses a considerar devem ser formuladas de forma a considerar as variáveis dependente e independente que se encontra na pergunta a investigar. Enquanto que Leed & Ormrod (2006:6), define o conceito

hipotese como uma suposição lógica, um raciocínio coerente ou uma conjectura de bem feita.

#### 1.5. HIPOTESES A CONSIDERAR

*H(0) – Não é a falta de manutenção de rotina da rede esgoto que contribui para a sua funcionalidade.*

*H(1) - É a falta de manutenção de rotina da rede esgoto que contribui para a sua degradação no escoamento de Águas plúvias.*

#### 1.6. JUSTIFICATIVA

O acesso aos serviços de saneamento básico é condição necessária à dignidade da pessoa humana, e particularmente para à sua sobrevivência. A participação do indivíduo na atividade econômica e social depende de uma vida saudável. Para tanto, é fundamental o acesso ao saneamento básico, assim como à moradia, à saúde e à educação. Em alguns países existe uma grande viabilidade técnica-financeira em se desenvolver e implantar de plano de manutenção cíclica de rede esgoto, pois se modifica o caráter corretivo, para uma manutenção programado. Tratar o esgoto significa tirar dele detritos, substâncias químicas e microorganismos nocivos, deixando as águas tão limpas quanto possíveis antes de devolvê-las à natureza. Para isso são necessários sistemas de esgotamento que garantam boas condições de higiene com ventilação, sistemas de inspeção e limpeza.

## 1.7. PERGUNTAS INVESTIGATIVAS

De acordo com o problema a ser investigado, e com as perguntas e investigativas mais as hipóteses colocada, foram formuladas as seguintes perguntas investigativas que serviram de suporte para uma melhor compreensão do assunto a ser investigado.

- Qual é a qualidade dos trabalhos de Manutenção da Rede de Esgoto?
- Existe um plano de manutenção de Rede de Esgoto?
- Os profissionais que executam a manutenção são especializados?
- Que critérios de priorização para a manutenção dessa Rede de Esgoto são usados?

## 1.8. A METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Investigação é um processo de construção de conhecimentos que tem como metas principais gerar novos conhecimentos, usaremos como base normas técnicas, artigos técnicos, bibliografia, webgrafia e o restante das funções que se encontram nas plataformas tecnológicas.

Neste trabalho de investigação relacionado com a aplicação de técnicas, como se trata de uma pesquisa será necessário contextualizar as noções básicas sobre tudo que cerca o tema em investigação nesse âmbito falaremos da origem da rede esgotos na sua primária na história da humanidade e sua utilização.

*De acordo com Para Seltiz (1975).*

*A pesquisas têm o objectivo genérico de aumentar o conhecimento da sociedade sobre determinado fenómeno. Podem atingir o meio académico de formas diversas, aumentando a familiarização com o fenómeno, a partir do qual se podem levantar hipóteses e problemas a serem pesquisados; observando a frequências com que o fenómeno ocorre e verificando alguma hipótese com ele relacionado.*

Pela natureza do trabalho será realizada uma investigação analítica onde se procurara perceber os fenómenos e avaliar as causas e relações entres elas, mas, antes dever-se-á realizar uma investigação descritiva para poder descrever os fenómenos tal como eles se apresentam.

Segundo Canales, Alvarado e Pinela (1999:201).

*A investigação analítica é um procedimento mais completo da investigação descritiva, que consiste fundamentalmente em estabelecer a comparação de variáveis entre grupos de estudos e controlar a sua aplicação bem como manipular.*

## 1.9. CONSTRANGIMENTOS PREVISTOS NA INVESTIGAÇÃO

### 1.9.1. AS LIMITAÇÕES DO TRABALHO

A investigação pode ser definida como sendo o melhor processo de chegar a soluções fiáveis para o problemas. Constrangimentos que consequentemente irão afectar no desenvolvimento do trabalho, sendo o principal deles a falta de bibliografias nacionais para consulta.

- Falta de mecanismos para saber o impacto da má manutenção Rede de esgoto.
- Falta de trabalhos semelhantes para comparação.
- Falta informação precisa sobre as técnicas manutenção Rede de esgoto em Moçambique.

Segundo Gil (2008), o primeiro criterio da delimitação do tema é o *especial*. Sendo necessario delimitar o *locus* da observação, ou seja o local onde o fenómeno em estudo ocorre. O segundo critério de delimitação é o *temporal*, isto é, o período em que o fenómeno a ser estudado será circunscrito. Terciero critério é referente à população do estudo. As suas características e dificuldades que compõem o problema.

### 1.9.2. A DELIMITAÇÃO DESTE TRABALHO

Pos sera feito o estudo ao longo da (Av 25 Setembro até aos Edifícios do Jat isso na baixa da cidade Maputo).

### 1.9.3. A IMPORTÂNCIA DO TEMA PROPOSTO PARA INVESTIGAÇÃO

Este tema tem como importância relevante, na medida em que as consequências da falta de rede de esgoto para o escoamento das águas plúvias fazem-se sentir no dia-a-dia da população que afectada, trazendo fraca produtividade nos sectores que ali atuam que é de grande importância para cidade e não só mesmo para o País.

Deveriam-se estudar novas estratégias e que sejam suficiente mente capazes para a mitigação da problemática de falta de rede de esgoto de escoamento de das águas plúvias na baixa da cidade de Maputo.

## 1.9. OS CAPÍTULOS PROPOSTOS E SEUS CONTEÚDOS

De modo a se atingir os objectivos propostos, para a realização do trabalho final de curso, e este terá a seguinte composição e estrutura:

## **CAPÍTULO I – METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO**

Neste capítulo será definido o tópico a ser investigado, o processo de investigação, o problema a investigar, a pergunta a investigar indicando os passos de investigação. Será também definida a metodologia de investigação, a ser usada acompanhado pela explicação e razão da escolha.

## **CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA**

Far-se-á a leitura e citação dos aspectos mais relevantes encontrados na bibliografia consultada. Este capítulo também será usado para estabelecer, onde houver, analogia de diversos autores sobre os mesmos conceitos e a sua semelhança e aplicabilidade ao tema em investigação.

## **CAPÍTULO III O MODELO SWMM NO ESCOAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAS**

Será feita a investigação do modelo para encontrar uma solução ou estratégia de mitigação do problema a ser investigado.

## **CAPÍTULO IV –REDE DE ESGOTO E ESCOAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAS**

Será feita a investigação do tópico em estudo para se encontrar uma solução ou estratégia de mitigação do problema a ser investigado, tentando-se perceber quais são os métodos de manutenção de rede de esgoto de águas plúvias em Moçambique, bem como perceber onde é que os métodos aplicados falham diminuindo a qualidade dos esgotos.

## **CAPÍTULO V – AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS**

Na maioria das situações, a validade da investigação não é simples de averiguar. De um modo geral, quanto mais directa for a forma de medir o fenómeno em causa mais válido será o método utilizado.

Neste capítulo vai ser tratar de a validação dos resultados obtidos da investigação e fazer-se o alinhamento para as propostas que forem identificadas como adequadas para solução ou mitigação do problema.

## **CAPITULO VI – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Este capítulo trata das recomendações e tecer as recomendações que parecerem adequadas e pertinentes para responder à pergunta a ser investigada e para dar uma solução ou mitigar o problema a ser investigado.

## CAPITULO II

### 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao conjunto de canalizações e obras destinadas ao afastamento conveniente das águas residuárias produzidas por uma comunidade, dá-se o nome de sistema de esgotos. As primeiras redes foram construídas com o objetivo de coletar e conduzir as águas residuárias, juntamente com as águas pluviais e águas de infiltração esse sistema recebe denominação rede de esgoto. Como as dimensões dos condutos principais resultavam relativamente grandes custos de execução, de maneira geral, atingem valores elevados, muitas comunidades optaram pelo sistema separador parcial, que exige a construção de duas redes independentes: uma para afastamento de águas residuárias e a parcela de águas pluviais originada em áreas pavimentadas internas, terraços e telhados de edifícios, e outra para afastamento das águas pluviais originadas nas áreas restantes. Manoel, H.C.B (1995:14)

Escoamento das águas pluviais, isto é, promover a retirada das águas pluviais das áreas urbanizadas com intuito de evitar transtornos. As soluções mais empregadas consistem na construção de canalizações, seja na forma de condutos subterrâneos ou canais abertos, que têm por finalidade a captação e direcionamento da água pluvial para fora do meio urbano no menor tempo possível (CANHOLLI, 2013; RIGHETTO, 2009; TUCCI; MENDES, 2006). O rápido transporte do escoamento em meio a crescente impermeabilização do espaço urbano, apenas contribuem para o aumento da ocorrência de inundações à jusante das áreas drenadas. Tais limitações dos sistemas convencionais de drenagem dependem de obras onerosas para serem solucionadas, como por exemplo, a ampliação de canais e substituição de condutos.

Do ponto de vista da ambiental, de acordo com, Baptista et al. (2007).

*As técnicas clássicas não abrangem os aspectos qualitativos dos corpos hídricos. Isto é, os corpos receptores ficam sujeitos ao assoreamento e à poluição, provenientes do carreamento de sedimentos com todos os tipos de partículas agregadas e de resíduos*

*sólidos, assim como das ligações de esgoto clandestinas, colaborando para os impactos à qualidade dos corpos hídricos.*

## 2.1. Conceito Histórico de Rede de Esgoto de Escoamento de Águas Plúvias

Há indícios de que o primeiro sistema de esgoto da história seja o da civilização babilônica. No século III a.c., o Império Romano já fazia largo uso de sistemas de abastecimento de água e de coleta de esgoto. O Brasil é considerado pioneiro na inserção de redes de esgoto, facto este que começou a ocorrer em 1857 no Rio de Janeiro e em 1876 em São Paulo, com projectos do Eng. Saturnino de Brito, considerado um dos patronos da Engenharia Sanitária brasileira. No entanto, atualmente, apenas cerca de 40% da população apresenta acesso à rede de esgoto e uma parcela ainda menor da população tem seu esgoto tratado.

## 2.2. Esgoto Doméstico

Também denominado sanitário ou comum. Composto por águas utilizadas em banho, cozinha, aparelhos sanitários, tanques, ralos etc. Apresenta-se como sendo 99,9% de fase líquida e 0,1% de fase sólida. As impurezas adicionadas a água conferem características acentuadas que variam segundo a origem a ao passar do tempo, assim:

- a) Esgoto doméstico fresco: heterogêneo e cinza, apresenta alto teor de sólidos suspensos, praticamente inodoro, com presença de OD e alcalino;
- b) Esgoto doméstico velho: apresenta maior homogeneidade, coloração cinza escura e presença de odores. A taxa de OD é declinante e o pH torna-se mais ácido;
- c) Esgoto doméstico séptico: em decomposição, coloração preta, exalação intensa de odores, taxa de OD nula, pH ácido e o teor de sólidos suspenso é baixo. O esgoto torna-se velho em torno de 2 horas.

Características físicas: cor, turbidez, odor, série de sólidos (ST - sólidos totais, SV - sólidos voláteis, SF - sólidos fixos - os dois últimos podem ser ainda dissolvidos ou suspensos).

Características químicas: acidez livre (pH - esgoto doméstico geralmente neutro), alcalinidade (no esgoto doméstico em torno de 100mg/l de CaCO<sub>3</sub>), cloretos (em torno de 75mg/l), OD (oxigênio dissolvido, geralmente inexistente), DBO (atinge 300mg/l) e DQO (de 2 a 25 vezes maior que a DBO).

## 2.7. Características Biológicas

É o ponto de maior significado no esgotamento urbano. O número de bactérias (boa parte delas transmissoras de doenças) no esgoto é enorme e a norma prevê a contagem de bactérias do grupo coliforme apenas. Isto porque, embora não sejam perigosas por si só, são enterobactérias (isto é, tem por *habitat* o intestino dos seres homeotérmicos) e a sua contagem permite fornecer um indicador confiável de grau de contaminação fecal, na presunção de que havendo bactérias desta origem, provavelmente existirão outras de maior patogenicidade.

As bactérias do grupo coliforme apresentam-se da mesma forma quando do tratamento do esgoto, a exemplo de demais bactérias patogênicas. A eliminação de coliformes é constante (da ordem de 1min / ml) e a presença de microorganismos patogênicos é função do padrão de saúde da comunidade.

O metabolismo bacteriano gera certos produtos que podem vir a provocar consequências sobre os materiais utilizados na construção das redes e demais peças de um sistema de esgoto, especialmente em tubulações de concreto de grandes diâmetros as quais elevam as chances do esgoto atingir a fase séptica e em regiões de clima quente com água rica em sulfatos. Isto porque o esgoto séptico libera sulfeto de hidrogênio e o íon sulfato forma uma camada de lodo na tubulação, reduzido a sulfeto nas camadas mais internas da mesma por ação bacteriana.

O sulfeto, liberado ao meio líquido reage com os íons hidrogênio da água (formados por hidrólise) e forma gás sulfídrico, preenchendo a atmosfera do tubo. Este, por sua vez, em contato com o oxigênio do ar e gotículas de água vão formar ácido sulfúrico. O ataque do cimento por este ácido vai formar sulfatos de cálcio e de alumínio, os quais desprendem-se em placas e propiciando o ataque de áreas cada vez maiores de concreto e a armadura das tubulações, levando estas à ruptura.

A solução ideal para este tipo de problema é a utilização de tubulações de PVC de pequenos diâmetros, polyarm (poliéster armado com fibras de vidro - caro) e manilhas cerâmicas vitrificadas (com diâmetros de até 0,30 m). Existem soluções paliativas, que é a de utilizar betão dolomítico ou revestimentos de resinas epóxi e asfáltica, bem como possibilitar aeração do esgoto, adicionar bactericidas e substâncias que permitam a precipitação dos ácidos corrosivos. A solução prática mais adotada é a de lavar a tubulação com esgoto.

A presença de declividades maiores que possibilitem maiores velocidades é a condição de projeto que mais minimiza a corrosão em tubulações de esgoto.

A lavagem da tubulação provoca aumento de carga (pressão) propiciado pelo fechamento de uma comporta e acúmulo de esgoto. O *bypass* é colocado em uma distância L, escolhida de modo que a pressão na comporta não atinja o valor de ruptura nem o de refluxo nas residências. A sobrecarga de esgoto gerada retirará a solução de ácido sulfúrico da tubulação.

A tubulação de *bypass* terá vazão reduzida até zero e ocorrerá a deposição de sólidos presentes no esgoto, gerando odores. Sendo assim, instalam-se unidades de tanques flexíveis (TF) que dão descarga de água, lavando estas tubulações.

## 2.8. Despejos Industriais

Efluente resultante de processos industriais. Varia em quantidade e qualidade, conforme o tipo de indústria e processo utilizado, sempre que possível lançado em rede pública. Para isso, o mesmo deve ser provido de características que evitem:

- ❖ Obstruções devido ao excesso de sólidos sedimentáveis (aliado ou não a defeitos de construção) ou insolubilização de substâncias originalmente solúveis (efluentes ricos em gordura ou de maior temperatura).
- ❖ Agressões à tubulação, provocadas devido à presença de resíduos ácidos, especialmente aquecidos;
- ❖ Produtos tóxicos ou explosivos voláteis que poderão provocar condições adversas aos operários de manutenção ou operação e danos às estações de tratamento de esgoto.

Os critérios para recebimento de despejos industriais nas redes públicas de coleta de esgoto são estabelecidos localmente e devem ser previstos na NBR 9800 - Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário.

### 1.9. Águas de Infiltração

São as águas que infiltram na rede por meio das juntas dos tubos, em caso de rede assentada em nível inferior ao lençol freático, e nas juntas dos tampões dos poços de visita. A NBR 9469/1987 estabelece que, para toda rede, o valor a ser adotado de taxa de infiltração deve variar entre 0,05 a 1,0 l/s\*km, devidamente justificado. Esta taxa depende do tipo de solo, dos índices pluviométricos, da taxa de impermeabilização superficial, nível do freático, estado, idade e qualidade de execução da rede coletora, bem como tipo de junta e material da tubulação.

Deveriam ser inexistentes, pois no Brasil é adotado o Sistema Separador Absoluto para a coleta de esgoto. Existem, no entanto, ligações clandestinas de águas pluviais na rede de esgoto que deveriam ser identificadas e eliminadas, pois, podem vir a provocar superutilização das tubulações e antecipação de problemas provenientes de vazões excessivas.

## CAPÍTULO III

### 3. O Modelo SWMM no escoamento de Águas Pluvias

O SWMM teve sua primeira versão na década de 70 e vem recebendo diversas atualizações, e conta com a integração entre essa ferramenta e os ambientes SIG e CAD. A versão adaptada PCSWMM é bastante utilizada, pois facilita tanto o cenário de entrada de dados quanto a visualização dos resultados. Dessa forma, é uma importante ferramenta no estudo de técnicas de manejo de águas pluviais, inclusive, no estudo de técnicas de baixo impacto (RIGHETTO, 2009).

O Storm Water Management Model (SWMM) foi desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental americana (EPA), amplamente utilizado para planejamento, análise e projetos de sistemas de drenagem de águas pluviais. O SWMM é um modelo chuva-vazão que simula a quantidade e a qualidade do escoamento superficial, sobretudo, em áreas urbanas. O modelo pode ser utilizado para simulação de um único evento chuvoso, assim como para uma simulação contínua de longo prazo. Para realizar a simulação, o SWMM utiliza soluções discretas ao longo do tempo, utilizando os princípios de conservação de massa, energia e da quantidade de movimento (ROSSMAN, 2012). Os métodos utilizados para modelar o escoamento derivado da chuva contemplam vários processos como o escoamento superficial, infiltração, águas superficiais, propagação de chuva, inundações, comportamento e evolução da qualidade da água. Para a simulação, a bacia é dividida em sub-bacias com características uniformes. A infiltração pode ser determinada pelo método de Horton, pelo método Green-Ampt ou SCS. O método SCS requer menos dados de entrada quanto comparadas com os demais, sendo seu uso aconselhável para solos modificados, como é o caso das bacias urbanas (COSTA, 2013). O SCS é um método experimental e possibilita estimar a parcela da precipitação efetiva que gera o escoamento superficial utilizando como parâmetro principal o coeficiente Curva Número (CN). As equações 1 e 2 são as utilizadas pelo método, que calculam a vazão de escoamento (Q), a precipitação total (P) e a capacidade de armazenamento do solo (S).

$$\text{Equação 1 } Q = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{P + 0,8 \cdot S} \quad \text{Equação 2 } S = 25,4 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 10\right)$$

O parâmetro CN é baseado no tipo de solo e nas suas condições de uso e ocupação conforme apresentado nas Tabelas

<b>Tipos de Solos</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>
<b>A</b>	Solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração. Solos arenosos profundos com pouco silte e argila.
<b>B</b>	Solos menos permeáveis que o anterior, solos arenosos menos profundos que o tipo A e com permeabilidade superior à média.
<b>C</b>	Solo que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo porcentagem considerável de argila e pouco profundo.
<b>D</b>	Solos contendo argila e pouco profundos com baixa capacidade de infiltração, gerando maior proporção de escoamento superficial.

**Tabela 01: Tipos de solo (Adaptado de Tucci, 2002).**

UTILIZAÇÃO OU OCUPAÇÃO DO SOLO	A	B	C	D
Zona cultivadas				
sem conservação do solo	72	81	88	91
com conservação do solo	62	71	78	81
Paisagens ou terrenos em más condições	68	79	86	89
Paisagens ou terrenos baldios ou em boas condições	39	61	74	80
Bosque ou zonas				
coberturas péssimas	45	66	77	83
coberturas boas	25	55	70	77

Espaços abertos e parques					
com relva em mais de 75% da área		39	61	74	80
com relva de 50% a 75% da área		49	69	79	84
Zonas comerciais		89	92	94	94
Zonas industriais		81	88	91	93
Zonas Residências					
Lotes (m <sup>2</sup> )	% média impermeável				
<500	65	77	85	90	92
100	38	61	75	83	87
1300	30	57	72	81	86
2000	25	54	70	80	85
4000	20	51	68	79	84
Estacionamento, telhados, viadutos, etc.		98	98	98	98
Pavimento asfaltado e com drenagem de águas pluviais		98	98	98	98
Pavimento de paralelepípedo		76	85	89	91
Pavimento com terra		72	82	87	89

**Tabela 02: Valores de CN ( Curva Número) para bacias urbanas (Adaptado de Tucci, 2002).**

### 3.1. Escoamento Pluvial

O escoamento pluvial pode produzir inundações e impactos nas áreas urbanas resultantes de dois processos, que ocorrem isoladamente ou combinados, quais sejam:

- Inundações de áreas ribeirinhas;
- Inundações resultate de urbanização.

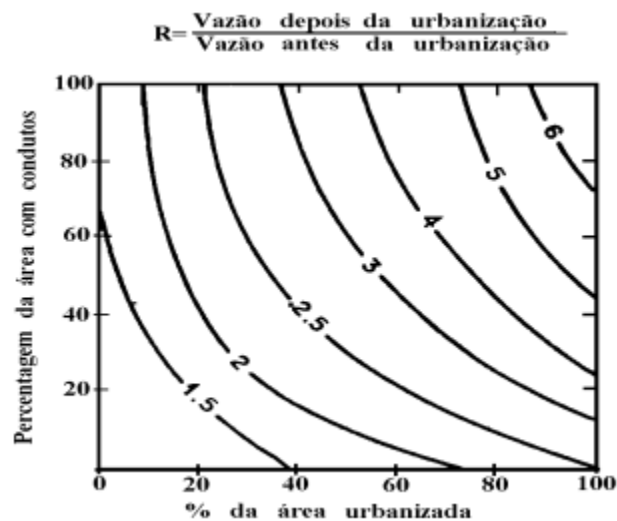
Neste caso aboramos apenas um tratando-se de uma zona urbaizada por grandes edifícios que lá existem e sendo uma zona de construção colonial e de preservação pelo marco histórico.

### 3.2. Inundações Resultantes da Urbanização

São inundações que ocorrem na drenagem urbana por conta do efeito da impermeabilização do solo, da canalização do escoamento ou da obstruções ao escoamento.

As enchentes aumentam a sua frequência e magnitude por causa da impermeabilização do solo e da construção da rede de condutos pluviais.

O desenvolvimento urbano pode também produzir obstruções ao escoamento, como aterros, pontes, drenagens inadequadas, obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento. Geralmente, essas inundações são vistas como de âmbito local porque envolvem bacias pequenas (com menos de 100 km<sup>2</sup>), e mais frequentemente bacias com mais de 10 km<sup>2</sup>.



**Figura 01:** Cálculo de Raio de vazão

### 3.3. Causa da Urbanização

Em geral, ocorrem os seguintes impactos:

- Aumento das vazões máximas, em até 7 vezes, e da sua frequência, por conta do aumento da capacidade de escoamento por condutos e canais e pela impermeabilização das superfícies;
- Aumento da produção de sedimentos resultante da falta de proteção das superfícies e da produção de resíduos sólidos (lixo);
- Deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea, em virtude da lavagem das ruas, do transporte de material sólido e das ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial;

### 3.4. Implantação Desorganizada da Infra-Estrutura urbana

- Projetos e obras de drenagem inadequadas, com diâmetros que diminuem para jusante;
- Drenagem sem esgotamento, entre outros.

### 3.5. Obstruções no Escoamento

Obstruções ao escoamento, como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento. Alguns dos exemplos de obstrução do escoamento são documentados a seguir:

- Produção de resíduo sólido que obstrui o escoamento. O material sólido, além de reduzir a capacidade de escoamento, obstrui as detenções urbanas para o controle local do escoamento. São apresentados os sistemas obstruídos por material sólido e por canalização atravessando a drenagem;

- Resíduo sólido no sistema de detenção à medida que a bacia é urbanizada, e a densificação consolidada, a produção de sedimentos pode reduzir, mas um outro problema aparece, que é a produção de lixo.
- O lixo obstrui ainda mais a drenagem e cria condições ambientais ainda piores. Esse problema somente é minimizado com adequada frequência da coleta e educação da população com multas pesadas. Pode-se observar a quantidade de lixo urbano no sistema de drenagem. Como se observa, grande parte desse lixo é de plástico, com grande concentração de garrafas do tipo pet e sacos de supermercados;
- Problemas de manutenção. Podem ocorrer vários problemas de escoamento resultantes da falta de limpeza do sistema de drenagem e de projetos inadequados que não consideram o assoreamento em seções muito largas.
- Obstrução do escoamento por construções e aumento do risco: O desenvolvimento urbano tende a ocupar a drenagem deixando pouco espaço para a drenagem, trazendo risco para a própria habitação e para montante.

### 3.6. Vazão e Escoamento

Vazão é a quantidade de fluido (líquido, gasoso ou sólido particulado) que atravessa a seção transversal de um duto por unidade de tempo.

Diferenciamos os tipos de vazão

Vazão mássica, massa de fluido por unidade de tempo enquanto que a vazão volumétrica, o volume de fluido por unidade de tempo.

A vazão mássica é medida em kg/s (unidades SI) enquanto a vazão volumétrica é medida em m<sup>3</sup>/s (unidades SI). No caso de fluidos incompressíveis, as vazões mássica e volumétrica são relacionadas pela densidade  $\rho$  do fluido. Para fluidos compressíveis é necessário ainda considerar a variação de densidade com temperatura e pressão.

Viscosidade é definida como a resistência que o fluido oferece ao escoamento. definimos Viscosidade dinâmica  $\tau$  e Viscosidade cinemática  $\nu = \tau/\rho$  ( $\rho$  é a dens. do fluido) a viscosidade dinâmica é medida em Pa x S (pascal x segundo = poise) ou usualmente em CP (centipoise). a viscosidade cinemática é medida em  $m^2/s$  ou usualmente em cst (centistoke =  $10^{-6} m^2/s$ ).

## **CAPÍTULO IV**

### **4. REDE DE ESGOTO E ESCOAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAS**

Rede de Esgoto de Águas Pluvial é a coleta da águas das chuvas e é direcionado para as galerias pluviais, que são os sistemas de dutos subterrâneos destinados à captação e escoamento das águas pluviais coletadas pelas bocas coletoras ou sarjetas.

As galerias evitam acúmulos de águas nas vias públicas e levam a água até os rios, córregos e mares. As canalizações para coleta e transporte das águas pluvias de uma comunidade constituem uma verdadeira rede, cujo esgotos traçado deve aproveitar, da melhor maneira possível, a declividade natural do terreno. As dimensões dessas canalizações são determinadas supondo-se que o movimento das águas em seu interior respeite as leis básicas de escoamento em condutos livres. Apenas em casos especiais, entre os quais, sifões invertidos e sistemas elevatórios, as canalizações funcionam como condutos forçados. De maneira geral, um sistema de esgotos compreende as seguintes partes principais:

- Coletores;
- Coletores principais;
- Coletores tronco;
- Interceptores;
- Emissários;
- Poços de visita;
- Tanques fluxíveis (em desuso);
- Estações elevatórias;
- Sifões invertidos;
- Estações de Tratamento de águas residuárias;
- Obras de lançamento final.

#### 4.1.1. Coletor

É uma tubulação que recebe contribuição de esgotos em qualquer ponto de seu comprimento. Coletor principal, e o coletor cujo diâmetro é superior ao diâmetro mínimo estabelecido para a rede coletora. Coletor tronco é um coletor que recebe contribuições de colectores prediais e de vários colectores de esgotos.

#### 4.1.2. Interceptor

É a canalização que recebe contribuições de colectores tronco e emissários, geralmente os interceptores são construídos com a finalidade de proteger cursos d'água, lagos e praias, evitando o lançamento em locais inconvenientes.

#### 4.1.3. Emissário

É a canalização final de um sistema de esgotos, cuja função é conduzir os efluentes da rede até a estação de tratamento existente e desta para o ponto de lançamento. Um emissário não recebe contribuições em seu percurso.

#### 4.1.4. Poços de Visita

Câmara visitável através de abertura existente na parte superior, destinada à execução de trabalhos de manutenção. Podem ser executados em: alvenaria de tijolos revestidos, concreto pré-moldado (justaposto ou não) e moldado *in loco*. O tampão em ferro fundido deve ser capaz de suportar até 4tf (Tonelada Força). Seu fundo deve apresentar canaleta interna a céu aberto, construída em argamassa cimento:areia, em forma e declividade concordantes com as canalizações afluente ao PV.

PV são executados sempre que há alteração de declividade, diâmetro, direção ou material. Além disso, devem ser previstos PV na eventualidade de apresentar grandes trechos de tubulação, a tubulação forçada (elevatórias), em reunião de mais de 2 trechos, em reunião que exige tubo de queda e nas extremidades de sifões invertidos e passagens forçadas (as três últimas condições são obrigatórias).

De maneira geral, devem ser previstos poços de visita nas seguintes situações:

- Extremidade de coletores;
- Mudanças de direção;
- Junção de canalizações;
- Nos pontos de mudança de material das canalizações;
- Nos pontos de aumento de diâmetro;
- Nos pontos de mudança de declividade;
- Nos trechos longos, de modo que a distância entre dois poços consecutivos não exceda valores que impossibilitem a manutenção dos tais poços de visita e regulamentado as seguintes dimensões pela norma NBR-567, recomenda as seguintes distâncias máximas: 100 m para tubulações de 0,15 m de diâmetro; 120 m para tubulações de 0,20 m a 0,60 m de diâmetro; 150 tubulações de para diâmetro superior a 0,60 m.

As dimensões mínimas de um PV são de 0,60m para o diâmetro do tampão e de 0,80m para a câmara, em planta. Pela norma anterior:

Dimensões mínimas em função da profundidade e diâmetro da maior tubulação ligada ao PV:

Profundidade	Diâmetro da maior tubulação	Diâmetro de tudo de descida (pescoço)	Menor dimensão da câmara em planta
Áte 1,5 m	Áte 0,30 m	1,00 m	1,00 m
Acima de 1,5 m	Áte 0.30 m	0,60 m	1,00 m
	0,30 a 0,50 m	0,60 m	1,50 m
	Acima de 0,50	0,60 m	Diâmetro maior + 1,00 m

**Tabela 03: Dimensões mínimas dos Pvs**

#### 4.1.5. Tanque Flexível

Essa unidade é constituída, essencialmente, por um tanque, alimentado por água de abastecimento (geralmente), dotado de um sifão em sua canalização de saída e projetado para efetuar descargas periódicas de todo o volume armazenado. O objetivo da instalação desse dispositivo nas redes mais antigas era a limpeza dos trechos iniciais ou de trechos com pequena declividade, que não apresentavam boas condições de auto limpeza. Atualmente essa unidade está em desuso, principalmente pela possibilidade de criar condições favoráveis à interconexão entre a rede de esgoto e o sistema de abastecimento de água.

#### 4.1.6. Estação Elevatórias

Quando o escoamento por gravidade torna-se difícil, inconveniente ou considerando os aspectos técnico e econômico, há necessidade de se prever instalações eletromecânicas para “elevar” as águas residuárias. A essas instalações e complementos, dá-se o nome de estação elevatórias de esgotos, quando a linha de recalque é extremamente curta, caso mais comum ou o nome de estação de bombeamento de esgotos, quando a linha de recalque é relativamente longa.

#### 4.1.7. Sifão Invertido

Emprega-se sifão invertido quando há necessidade de vencer um obstáculo que interfere na declividade ou na profundidade de uma canalização condutora de esgotos. Um sifão invertido é constituído basicamente, por canalizações que contornam o obstáculo, por baixo, e por duas câmaras de acesso; uma em cada extremidade.

Geralmente os sifões invertidos apresentam três canalizações (mínimo: duas canalizações) para que ocorram boas condições de funcionamento. O projeto dessa unidade deve ser bastante cuidadoso para atender às seguintes condições básicas:

A velocidade nas canalizações deve ser tal que impeça a deposição de partículas ( $V=1,0$  m/s);

Como as vazões são muito variáveis, as canalizações devem ser projetadas de maneira que uma delas seja suficiente para conduzir as águas no período de baixa vazão e, as demais, para atender escalonadamente as vazões maiores;

A câmara de entrada deve ser projetada de maneira a encaminhar a vazão mínima para a canalização correspondente e, tão logo a vazão atinja o valor limite para essa canalização, através de vertedor lateral (calculado convenientemente) começa a alimentação - da segunda linha e posteriormente, de maneira semelhante, da terceira linha;

#### 4.2. Evolução dos Sistemas de Escoamento Pluvial a Partir do Século XIX

Para compreender os conceitos, propostas e necessidades da implementação de sistemas urbanos de escoamento Pluvial, é necessário contextualizar a evolução histórica dos sistemas de escoamento urbano convencionais nas cidades. Nos últimos anos, verificou-se uma enorme evolução nos sistemas de escoamento urbano, motivada, em grande parte, pelos problemas e desafios criados pelo grande aumento populacional verificado, pelo crescimento industrial, pela concentração das populações nas zonas urbanas e pelo agravamento geral das condições ambientais, em especial da qualidade das águas dos meios receptores. Ao longo dos tempos, e até à Idade Moderna, em regra, os sistemas de escoamento não foram considerados como infra-estruturas necessárias e condicionantes ao desenvolvimento e ordenamento dos centros urbanos (Matos, 2003b). Alguns dos primeiros sistemas de escoamento pluvial remontam ao Século XVII. Por meio de valas abertas, que encaminhavam as águas das chuvas (águas pluviais), tão rápido quanto possível, dos centros urbanos para o meio receptor mais próximo, evitando desta

forma inundações locais. Este sistema de escoamento primitivo tornou-se “popular” e foi também utilizado para transportar as águas residuais.

No entanto, com o desenvolvimento das cidades, esta solução tornou-se pouco higiênica, uma vez que a água era misturada com todo o tipo de lixo, causando odores desagradáveis. Portanto, o passo seguinte na evolução dos sistemas de drenagem foi transportar a água das chuvas por meio de canalizações enterradas, com descarga no meio receptor mais próximo. Nascia, assim, o conceito sanitaria-higienista com a finalidade de expulsar a água das cidades, tanto de origem pluvial como residual (no mesmo coletor), o mais rápido possível. Em Paris, ao longo dos séculos XVIII e XIX, foi construído um imponente sistema de drenagem que tornou esta cidade uma referência mundial, ajudando a cristalizar o conceito sanitaria-higienista que passa a ser resumido pela expressão “tout à l’égout”. Este conceito tinha por base a recolha e o transporte das águas pluviais e residuais para um meio receptor, longe dos centros urbanos, sem considerar as consequências que daí resultariam. No entanto, segundo os textos da especialidade, Hamburgo (cidade da Alemanha) foi a primeira cidade dotada de um plano nacional de drenagem de águas residuais (um sistema do tipo unitário). Entre 1850 e o fim do século XIX em muitas cidades do mundo, principalmente capitais europeias, foram implementados sistemas unitários. Com a implementação dos sistemas unitários vários problemas foram resolvidos, no entanto, como a descarga era efetuada nos meios receptores, o aumento da poluição era notório.

Mais tarde, no século XX (1970), a qualidade da água no meio receptor ganhou relevância, o que originou o aparecimento dos primeiros sistemas separativos e de ETAR. Com a implementação de sistemas separativos, as águas domésticas e industriais eram encaminhadas para ETAR, enquanto as águas das chuvas eram conduzidas para o meio receptor (destino final). Devido ao crescimento da população urbana, inevitavelmente deu-se um aumento da impermeabilização do solo e, conseqüentemente, maior caudal. Em consequência deste processo de urbanização, os sistemas de drenagem de águas pluviais urbanas tiveram de suportar quantidades de água cada vez maiores. Ou seja, a insuficiência dos sistemas deu origem à ocorrência de inundações. As sucessivas inundações, ano após ano, nas cidades mostraram a insustentabilidade na concepção dos sistemas convencionais de drenagem pluvial. Para fazer face às diversas consequências da urbanização, na década de 90, diversos países, de que são exemplos os Estados Unidos, a França, a Austrália e o Reino Unido, propuseram um conjunto de novas estratégias para a gestão das

águas pluviais em meio urbano. Através dos estudos realizados pelos países desenvolvidos, surge um conceito alternativo de drenagem urbana, que permite atenuar os caudais de ponta e, especialmente, melhorar a qualidade da água. Este novo conceito incorpora técnicas inovadoras, como pavimentos permeáveis, coberturas verdes, bacias de retenção, entre outros, e constitui uma abordagem mais sustentável na gestão das águas pluviais. A ideia principal das propostas apresentadas para a gestão das águas pluviais em meio urbano passa por restaurar o ciclo hidrológico natural, alterado pelo processo de urbanização. As principais técnicas utilizadas contemplam o uso de estruturas que procuram reproduzir a capacidade de infiltração da água no solo, perdida devido à impermeabilização. Embora não seja possível restaurar totalmente o ciclo hidrológico natural, com aplicação destas técnicas, há uma melhoria significativa do ambiente urbano. Em Portugal, denominou-se de Sistemas Urbanos de Drenagem sustentáveis (SUDS) – terminologia adaptada do Inglês (Reino Unido), Sustainable Urban Drainage Systems – o conjunto de técnicas alternativas sustentáveis de controlo e gestão de águas pluviais em meio urbano. Nos últimos anos, as técnicas sustentáveis para gestão de águas pluviais em meio urbano têm sido estudadas com terminologias diferentes:

- Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) – Reino Unido
- Low Impact Development (LID) – Estados Unidos da América
- Best Management Practice (BMP) – Canadá
- Water Sensitive Urban Design (WSUD) – Austrália

#### 4.3. Hidrologia e Alterações urbanas

O ciclo hidrológico é o fenómeno de circulação de água entre a superfície do planeta e a atmosfera decorrente, basicamente, da influência da energia solar. Com o processo de urbanização, devido à redução de áreas verdes, o aumento da impermeabilização, canalização de corpos d'água, entre outras intervenções no ambiente, temos alterações no ciclo hidrológico, como o aumento do escoamento superficial e redução da infiltração da água no solo.

#### 4.4. Sistemas Urbanos de Drenagem de Águas Pluviais

São um importante agente na gestão das águas pluviais e têm como objetivo primordial assegurar a recolha e o transporte das águas das chuvas, em condições apropriadas, para um meio recetor, de forma a evitar a ocorrência de inundações indesejáveis. Pode afirmar-se que a drenagem pluvial urbana não é só uma necessidade, mas uma prioridade por estar diretamente ligada à qualidade de vida e à segurança de pessoas e bens. Os benefícios que advêm da correta implantação de um adequado sistema de drenagem pluvial são inúmeros podendo apontar-se alguns:

- Redução das áreas inundadas;
- Proteção do tráfego rodoviário e pedestre;
- Redução de gastos com manutenção das vias públicas e áreas adjacentes permeáveis e impermeáveis;
- escoamento rápido das águas superficiais;
- Eliminação da presença de águas estagnadas;
- Abaixamento do nível freático;
- Redução da erosão hídrica do solo.

A drenagem urbana é entendida como o gerenciamento das águas pluviais que escoam no meio urbano. Ou seja, são as medidas adotadas com objetivo de minimizar os riscos que a população está sujeita, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável (SILVEIRA, 2004). As medidas de controle de inundações buscam minimizar ou mitigar os impactos causados pelas inundações e podem ser classificadas em estruturais, quando modificam o rio para evitar os prejuízos provocados pelas enchentes; e em não-estruturais quando o homem convive com o rio e busca a redução dos prejuízos (BAPTISTA et al., 2007). As medidas estruturais são divididas em extensivas e intensivas. As medidas extensivas agem no contexto global da bacia, isto é, buscam modificar a relação entre precipitações e vazão, como a alteração da cobertura vegetal do solo, que reduz e

retarda os picos de enchentes e controla a erosão do solo. Já as medidas que agem nos cursos d'água e na superfície, como obras de contenção, aumento da capacidade de descarga dos rios e do retardamento do escoamento, com a implantação de bacias de amortecimento, e/ou desviar o escoamento, são identificadas como intensivas (TUCCI; BERTONI, 2003).

#### 4.5. Sistema de Escomanto em Drenagem

O escoamento superficial é impulsionado pela gravidade para as cotas mais baixas que converge para os rios, formando as bacias hidrográficas (TUCCI; MENDES, 2006).

Segundo Viessman, Harbaugh Knapp, conforme citado por Vilella (1975, p. 7).

*A bacia hidrográfica é a área topograficamente definida, drenada por um curso d'água ou um sistema de cursos conectados, tal que, toda a vazão efluente é descarregada através de uma saída simples. A quantificação da contribuição do escoamento superficial na bacia é essencial para a hidrologia urbana e o controle de inundações, uma vez que representa o comportamento destas bacias em relação à ocorrência de chuvas, bem como sua capacidade de retenção (RIGHETTO, 2009).*

Os sistemas de drenagem que utilizam o princípio de armazenamento funcionam como estruturas de regulação, actuando no amortecimento de vazões e reduzindo os impactos a jusante. Já as estruturas que utilizam o princípio da infiltração têm a finalidade de reter o escoamento gerado na bacia com a infiltração no próprio local, reduzindo, assim, o impacto do escoamento excedente da carga de poluentes lançados no corpo receptor, os quais estão associados ao aumento da impermeabilização do solo. (RIGHETTO, 2009). A classificação que considera a localização na bacia é denominada controle na fonte quando as soluções empregadas ocorrem em dispositivos de pequena dimensão e localizadas próximos aos locais onde os escoamentos são gerados. Por serem dispositivos de pequenas dimensões, podem ser

padronizados e apresentam baixo custo, porém os custos de manutenção e operação podem ser elevados devido à multiplicação de unidades. (CANHOLLI, 2013).

#### 4.6. Drenagem Convencional

A drenagem urbana convencional tem como objetivo principal o rápido escoamento das águas pluviais, isto é, promover a retirada das águas pluviais das áreas urbanizadas com intuito de evitar transtornos. As soluções mais empregadas consistem na construção de rede de esgotos, seja na forma de condutos subterrâneos ou canais abertos, que têm por finalidade a captação e direcionamento da água pluvial para fora do meio urbano no menor tempo possível (CANHOLLI, 2013; RIGHETTO, 2009; TUCCI; MENDES, 2006). O rápido transporte do escoamento em meio a crescente impermeabilização do espaço urbano, apenas contribuem para o aumento da ocorrência de inundações à jusante das áreas drenadas. Tais limitações dos sistemas convencionais de drenagem dependem de obras onerosas para serem solucionadas, como por exemplo, a ampliação de canais e substituição de condutos. Do ponto de vista da ambiental, de acordo com, Baptista et al. (2007), as técnicas clássicas não abrangem os aspectos qualitativos dos corpos hídricos. Isto é, os corpos receptores ficam sujeitos ao assoreamento e à poluição, provenientes do carreamento de sedimentos com todos os tipos de partículas agregadas e de resíduos sólidos, assim como das ligações de esgoto clandestinas, colaborando para os impactos à qualidade dos corpos hídricos.



**Figura 02: Drenagem Convencional**

#### 4.7. Drenagem Sustentável

Tecnologia alternativa vem sendo desenvolvida com o objetivo de atenuar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos ao mesmo tempo que proporcionam a preservação ambiental. As técnicas de drenagem sustentável buscam respeitar o funcionamento natural da bacia hidrográfica e proporcionar a restauração de vazões evitando o rápido escoamento a jusante, o que permite melhor controle dos riscos de inundação e promove melhorias na qualidade das águas drenadas (SOUZA; TUCCI, 2005). Soluções de drenagem que consideram o problema de forma integrada, onde as técnicas utilizadas no manejo das águas são projetadas de forma a proteger os recursos naturais são denominadas LID (Low Impact Development). O diferencial das soluções de LID, segundo Souza et al. (2012), encontra-se na integração entre o planejamento urbano e manejo integrado, viabilizando perturbação mínima aos processos naturais e à sociedade.

Os sistemas de drenagem que utilizam o princípio de armazenamento funcionam como estruturas de regulação, atuando no amortecimento de vazões e reduzindo os impactos a jusante. Já as estruturas que utilizam o princípio da infiltração têm a finalidade de reter o escoamento gerado na bacia com a infiltração no próprio local, reduzindo, assim, o impacto do escoamento excedente da carga de poluentes lançados no corpo receptor, os quais estão associados ao aumento da impermeabilização do solo. (RIGHETTO, 2009). A classificação que considera a localização na bacia é denominada controle na fonte quando as soluções empregadas ocorrem em dispositivos de pequena dimensão e localizadas próximos aos locais onde os escoamentos são gerados. Por serem dispositivos de pequenas dimensões, podem ser padronizados e apresentam baixo custo, porém os custos de manutenção e operação podem ser elevados devido à multiplicação de unidades. (CANHOLLI, 2013).

O controle na fonte permite a otimização dos sistemas tradicionais uma vez que promovem a redução e o retardo do escoamento. (SUDERSHA, 2002). Os dispositivos de controle na fonte são denominados lineares quando possuem o comprimento extenso quando comparados à largura e à profundidade, sendo mais indicados para drenagem de sistemas viários. Quando os dispositivos apresentam espaços delimitados com largura e comprimento não muito diferentes, são denominados localizados e são indicados para áreas onde não há disponibilidade de espaço. São exemplos as trincheiras de infiltração, planos e pavimentos permeáveis, telhados verdes, micro reservatórios e outros. As trincheiras de infiltração são dispositivos lineares que recolhem os deflúvios promovendo o amortecimento e a infiltração no solo natural. Esse tipo de dispositivo é preenchido por brita de material granular uniforme revestida por um filtro geo-têxtil, que tem função estrutural e de impedir a passagem de sedimento.



**Figura 03: Drenagem Sustentável**

#### 4.8. Conceito Moderno de Drenagem Urbana

A drenagem moderna preocupa-se com a manutenção e recuperação do ambientes saudáveis interna e externamente ao uso das técnicas apropriadas para cada situação sem ficar limitado ao uso das técnicas convencionais, onde a drenagem pluvial é uma necessidade colectiva e indispensável ao funcionamento das aglomerações urbanas.

O enfoque clássico que sectorizou a drenagem pluvial, influenciou até a estrutura institucional municipal. Hoje, os municípios ainda apresentam uma capacidade institucional limitada para enfrentar problemas tão complexos e interdisciplinares. Enquanto a maioria das técnicas ainda deve ser planejada e projectada por engenheiros, outras, como programas de conscientização e educação ambiental, sistemas de alerta, dentre outros, requerem profissionais de outras áreas. No conceito moderno a gestão deve ser consensual e feita por um grupo interdisciplinar.

Os sistemas de drenagem devem ser parte integrante da organização e do uso do solo urbanos, valorizando os cursos d'água, preservando-os e até os recuperando, tanto na área interna da cidade, quanto na externa mais a jusante. Dessa forma busca-se a auto-sustentabilidade nas cidades.

*Segundo Silveira (2002) esses sistemas devem possuir:*

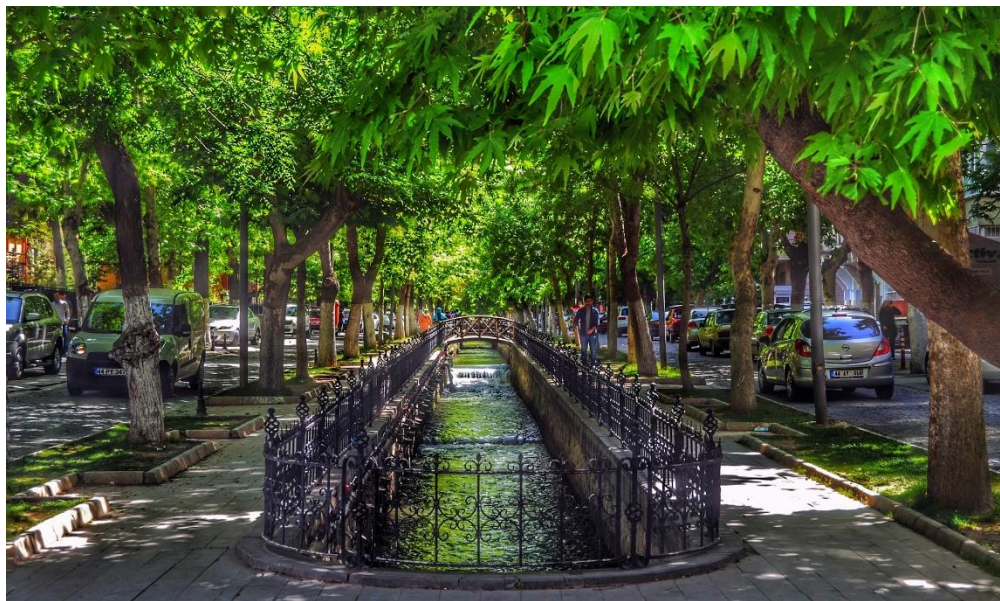
“integrações inter-bairros ou mesmo intermunicipais otimizando o tratamento de todos os esgotos e os sistemas de drenagem também contribuem para a autonomia, que se completa por uma gestão calcada no conhecimento físico e operacional dos equipamentos que minimiza os riscos de alteração dos níveis mínimos de segurança e salubridade. Do ponto de vista do meio receptor (cursos d’água) a sua autonomia com relação à cidade passa pela sua conservação de modo a permitir o desenvolvimento biológico habitual e permanente das espécies que nele vivem naturalmente. A gestão disto deve monitorar o estado do meio receptor, o estado das fontes poluidoras, avaliar o impacto dos poluentes urbanos sobre os cursos d’água, gerando informações que condicionem a regulação dos níveis de tratamento dos rejeitos urbanos em função do estado atual do meio receptor, de como estes rejeitos podem impactar e das metas de qualidade para ele estabelecidas”. (SILVEIRA, 2002)

A drenagem urbana moderna deve ter os seguintes princípios (TUCCI, GENZ, 1995, SILVEIRA, 2002):

- Não transferir impactos para jusante;
- Não ampliar cheias naturais;
- Propor medidas de controle para o conjunto da bacia;
  
- Legislação e Planos de Drenagem para controle e orientação;
- Constante atualização de planejamento por estudo de horizontes de expansão;
- Controle permanente do uso do solo e áreas de risco;
- Competência técnico-administrativa dos órgãos públicos gestores;
- Educação ambiental qualificada para o poder público, população e meio técnico.

No conceito moderno há uma diferença de pensamento em relação ao conceito clássico, com enfoque no escoamento o mais rápido possível, para um enfoque ambiental, que busca o equilíbrio do ciclo hidrológico, seguindo os princípios acima, destacando-se o controle na fonte. Para isso é necessária uma visão integrada dos profissionais da área, além de uma verdadeira

integração entre as instituições responsáveis por água, havendo uma cooperação e um sistema de dados compartilhado.



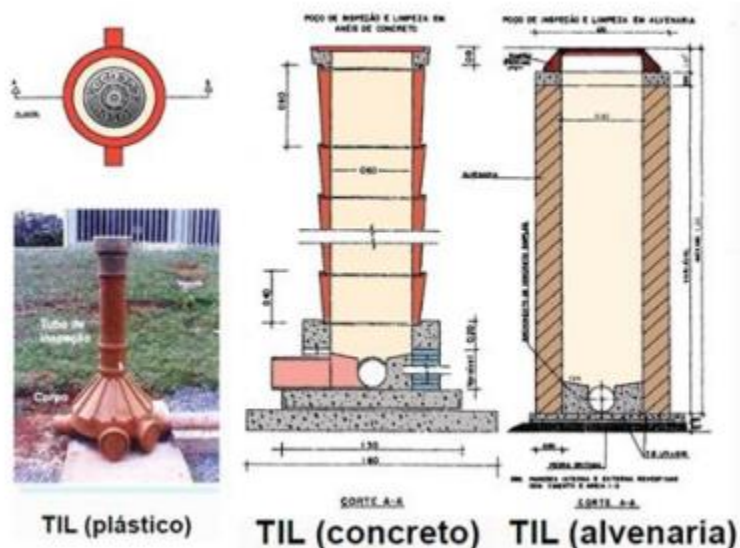
**Figura 04: Conceito Moderno de Drenagem Urbana**

#### 4.9. Constituintes da Rede de Esgoto e Escoamento de Águas Plúvias

Os órgãos acessórios como descreve Tsutiya (2008) são dispositivos desprovidos de aparato mecânico localizados em pontos singulares por necessidade construtiva como terminal de limpeza (TL), caixa de passagem (CP) e poço de visita (PV).

##### 4.9.1. Terminal de Limpeza (TL)

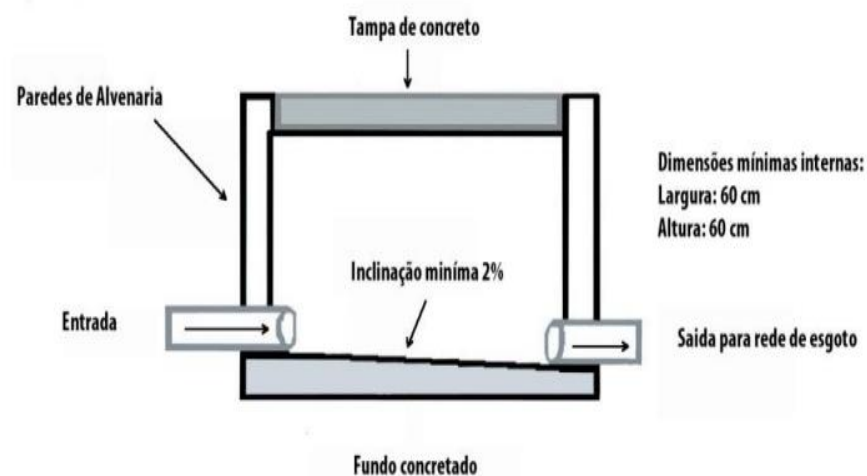
O terminal de limpeza é um "dispositivo que permite introdução de equipamentos de limpeza, localizado na cabeceira de qualquer coletor." (ABNT NBR 9649, 1986, p. 2). O TL é um dispositivo que tem como finalidade ser um meio facilitador para retirada de possíveis dejetos orgânicos ou inorgânicos inertes na rede que impossibilitam a fluência da mesma. A Figura 05 esquematiza o TL em planta baixa e os seus modelos respectivos de plástico, concreto e de alvenaria e suas dimensões dos componentes segundo ZAMBON (2015)



**Figura 05: Terminal de Limpeza**

#### 4.9.2. Caixa de Passagem (CP)

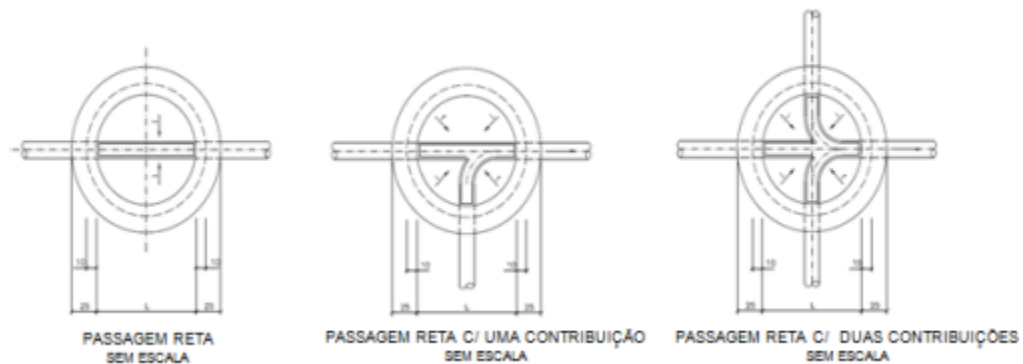
A caixa de passagem é um dos componentes da rede coletora de esgoto, a ZAMBON (2015) cita que é uma câmara sem acesso localizada em pontos de curva, mudanças de declividade e material. A Figura 15 apresenta uma Figura esquemática de uma caixa de passagem, seus elementos e dimensões mínimas aceitas que caracterizam o órgão acessório.



**Figura 06: Caixa de passagem**

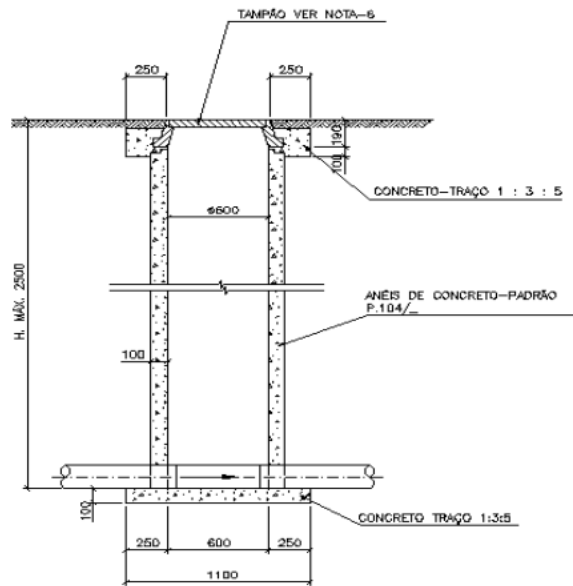
#### 4.9.3. Poço de Visita (PV)

O poço de visita é um órgão acessório da rede de esgoto. O PV é uma "câmara visitável através de abertura existente em sua parte superior, destinada à execução de trabalhos de manutenção." (ABNT NBR 9849, 1986. p.2). O PV deve ser previsto de acordo com Crespo (1997), na intercessão de dois ou mais coletores, mudança na direção, declividade, diâmetro e material do coletor; no início dos coletores e no ingresso e na saída dos sifões e das travessias.



**Figura 07: Poço de Visita**

O PV pode ser caracterizado de algumas formas devido as profundidades das valas de cada órgão acessório. Os PV's podem ser identificados de seção uniforme, com balão e chaminé e com tubo de queda como cita a ABNT NBR 9814 (1987). Os componentes dos poços de visita como apresenta Crespo (1999) como o balão que é um componente que permite a movimentação do operador, o diâmetro depende do numero de contribuições e sua altura é em torno de 1,80 m; a chaminé é um acesso cilíndrico ao prestador de serviço e diâmetro de 0,60 m e o tubo de queda é um acessório de esgotamento quando ocorre desnível entre uma tubulação jusante para a tubulação a montante. O PV de seção uniforme não existe a diminuição do vão para a chaminé e é mais indicado para profundidades de até 2,50m. O PV com balão e chaminé a partir de 2,50m de profundidade. O tubo de queda deve ser instalado quando "o coletor afluyente apresentar degrau com altura maior ou igual a 0,50m." (ABNT NBR 9649.1986, p. 3).



**Figura 08: Poço de Visita de seção uniforme**

#### 4.10. Bocas de Lobo em Rede de Esgoto

A Boca de Lobo (BL) é um dispositivo especial que tem a finalidade de captar as águas pluviais que escoam pelas sarjetas, conduzindo-as até os PV's através dos tubos de conexão (TC).

Inicia-se assim o sistema de galerias Basicamente, existem quatro tipos de BL's a saber:

##### 4.10.1. Classificação das BL's

São classificada em em quatro tipode de bocas de lobo:

- Bocas De Lobo Simples (Bls)
- Bocas De Lobo Com Grelha (Blg)
- Bocas De Lobo Combinada (Blc)

- Bocas De Lobo Múltiplas (Bl'sem Sequência)

Quaisquer desses tipos de BL's podem ou não ter depressão.

Quanto à localização das BL's, estas situam-se em:

- Pontos intermediários das sarjetas (localizam-se em trechos contínuos e de declividade constante. A entrada das águas pluviais se dá apenas por uma extremidade)
- Pontos baixos das sarjetas (pontos de mudança de declividade da rua ou junto à curvatura das guias no cruzamento das ruas. A entrada das águas pluviais ocorre pelas duas extremidades da BL).

#### 4.10.2. Boca de Lobo Simples (BLS)

Trata-se de uma BL largamente utilizada em projectos de drenagem urbana, especialmente nos pontos baixos das sarjetas. É constituída de uma abertura vertical na guia, denominada guia chapéu, atravésda qual permite-se a entrada da água pluvial que escoasobre as sarjetas.

A capacidade de esgotamento de uma BLS é função da rapidez com que se processa a mudança de direção do escoamento na sarjeta. Essa mudança de direção é ocasionada, principalmente, pela declividade transversal da sarjeta.

Portanto, aumentando-se esta declividade, por exemplo através de uma depressão na sarjeta junto à face da guia, a capacidade de esgotamento da BL será substancialmente aumentada.



**Figura 09: Boca de Lobo Simple**

#### 4.10.3. Boca de Lobo com Grelha

É um tipo de BL que possui uma abertura coberta com barras metálicas longitudinais ou transversais, formando grelhas. As barras metálicas poderão ter disposição paralela ou perpendicular à direção do escoamento, constituindo grelhas longitudinais ou transversais. A principal desvantagem das grelhas é a sua obstrução com detritos transportados pelas enxurradas, acarretando redução substancial da capacidade de esgotamento das mesmas, tornando-se, em alguns casos, completamente inativas. Quando se trata de grelhas em pontos baixos das sarjetas, a probabilidade de obstrução torna-se maior ainda. Para aumentar a capacidade de esgotamento das grelhas pode-se construí-las com depressão, porém, muitas vezes, essa solução poderá não ser recomendável em razão dos transtornos que causam ao tráfego de veículos.

Numerosas experiências foram realizadas para se determinar as características das grelhas. Essas experiências revelaram que as grelhas constituídas exclusivamente por barras longitudinais são mais eficientes e menos sujeitas a obstrução do àquelas compostas exclusivamente por barras transversais, ou que tenha algumas barras transversais.

As grelhas longitudinais, mesmo bem projectadas, são também passíveis de obstruções, porém menos frequentes com relação às transversais.



**Figura 10: Boca de Lobo com Grelha**

#### 4.10.4. Boca de Lobo Combinada

Trata-se de uma associação entre a BLS mais a grelha, funcionando como um conjunto único. Como nos casos anteriores, pode ser construída com ou sem depressão, e localizada em pontos intermediários das sarjetas ou em pontos baixos. Normalmente a grelha é instalada defronte à abertura da guia, mas pode também ser colocada a montante ou a jusante.

Ensaio de laboratório revelam que na BLC, enquanto não houver obstrução na grelha, a abertura na guia pouco influi na sua capacidade. Porém quando ocorre qualquer obstrução, essa abertura torna-se importante para o funcionamento da BL. Se a grelha for colocada à jusante da guia chapéu obtém-se melhores resultados.



**Figura 11: Boca de Lobo Combinada**

#### 4.10.5. Boca de Lobo Múltipla

Trata-se de duas ou mais BL, instaladas em série, funcionando como um conjunto único. Qualquer um dos tipos já mencionados pode ser utilizado, e todas as particularidades discutidas para cada tipo são válidas para as BL'smúltiplas.



**Figura 12: Boca de Lobo Múltipla**

#### 4.10.6. Recomendações gerais para escolha das BL's

Na escolha dos tipos de BL's, deverão ser observadas as seguintes recomendações de caráter geral.

#### 4.11. Pontos Intermediários das Sarjetas

Quanto maior a declividade transversal da rua, melhor será a condição de esgotamento através da BL. Entretanto, não convém aumentar demasiadamente esta declividade, porque poderá ser comprometido o tráfego de veículos e prejudicada a comodidade dos pedestres.

Os espaçamentos das BL's devem ser projetados de modo que 90 a 95% da vazão pela sarjeta seja interceptada, deixando a parcela restante para a BL de jusante, contanto que a vazão excedente não seja muito alta.

Para ruas com declividade suave, de até 5%, recomenda-se à utilização de BLS, com ou sem depressão, dependendo da vazão a ser captada. O uso de outros tipos depende de considerações a respeito dos seguintes fatores:

- Vazão de projecto;
- Possibilidade de obstrução;
- Interferências com o tráfego de veículos;
- Pontos Baixos das Sarjetas.

Nos pontos baixos das sarjetas existentes, quando há mudanças de declividade longitudinal, de positiva para negativa, a BL poderá funcionar como seção de controle de escoamento das águas pluviais.

Nesse caso, a BL deverá ser projetada cuidadosamente com uso, de preferência, dos tipos simples ou combinada, sendo conveniente prever uma segurança adicional face à possibilidade de obstrução das bocas de lobo de montante.

Quando esses pontos baixos ocorrem junto à curvatura das guias, no cruzamento das ruas, as bocas de lobo devem ainda ser simples ou combinadas.

Entretanto não é necessária a mesma cautela do caso anterior, porque a enxurrada pode prosseguir pelas valetas, atravessar a rua, e continuar o seu escoamento até a próxima BL.

- Eficiência das Bocas de Lobo

Na prática, a capacidade de escoamento das BL's é menor que a calculada, em razão de diversos fatores entre os quais enumeram-se:

- Obstruções causadas por detritos carregados pelas águas;

- Irregularidade nos pavimentos das ruas, junto às sarjetas e a BL;
- Hipóteses de cálculo que nem sempre correspondem à realidade.

Para compensar os efeitos globais destes fatores, deve-se aplicar coeficiente de redução sobre os valores teóricos calculados de acordo com critérios descritos nos itens subsequentes. A tabela seguir resume os coeficientes de redução sugeridos:

LOCALIZAÇÃO	TIPO DE BL	% SOBRE VALOR TEORICO
Ponto Baixo	BLS	80%
Ponto Baixo	BLG	50%
Ponto Baixo	BLC	65%
Ponto Intermediário	BLS	80%
Ponto Intermediário	BLG	60 (Grelha Longitudinal)
Ponto Intermediário	BLG	50 (Grelha Transversal)
Ponto Intermediário	BLC	10% dos Valores da Grelha

**Tabela 04:** Coeficiente de Redução na Capacidade de Engolimento das Bocas de Lobo.

#### 4.12. Dimensionamento das bocas de lobo

Sabe-se que as BL's podem ser:

- Simples (abertura na guia)
- Com grelha (abertura na sarjeta)
- Combinada (simples + grelha)

Qualquer dos três tipos acima poderá localizar-se em:

- Ponto baixo
- Ponto intermediários

BL's poderão ou não possuir depressão (a), cujos valores mais comuns são: 0 cm; 2,5 a 3,0 cm; 5,0 cm ou 7,0 cm. Os diferentes tipos de BL's poderão ainda localizar-se em qualquer tipo de sarjeta, sendo as mais comuns do tipo A, B e C apresentadas na figura abaixo.

Decorre daí a grande variação de possíveis combinações a serem efetivadas, sendo o assunto delicado e vasto. Algumas municipalidades adotam BL's padronizadas, sendo as mesmas localizadas obrigatoriamente nas esquinas e nos pontos baixos e nos pontos intermediários são distanciadas de 60 em 60 metros.

De todos os tipos de BL's existentes e sua possível localização, alguns princípios gerais são válidos, tais como:

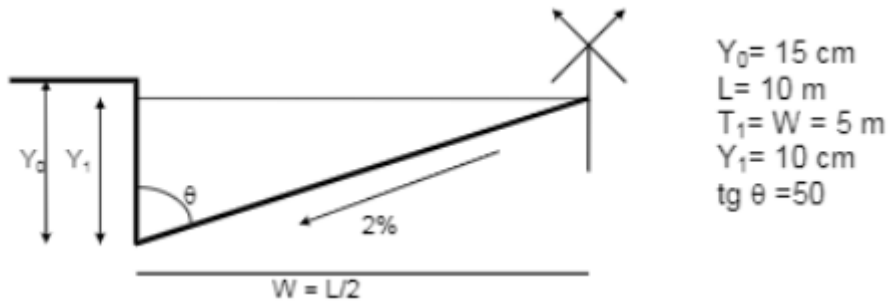
- A depressão (a) aumenta a capacidade das BL's;
- Nos pontos baixos devem sempre ser usadas BLC, apesar da grelha ser isoladamente mais eficiente que a abertura na guia.

Ocorre que o entupimento da grelha é mais fácil e a abertura na guia passará a captar as águas;

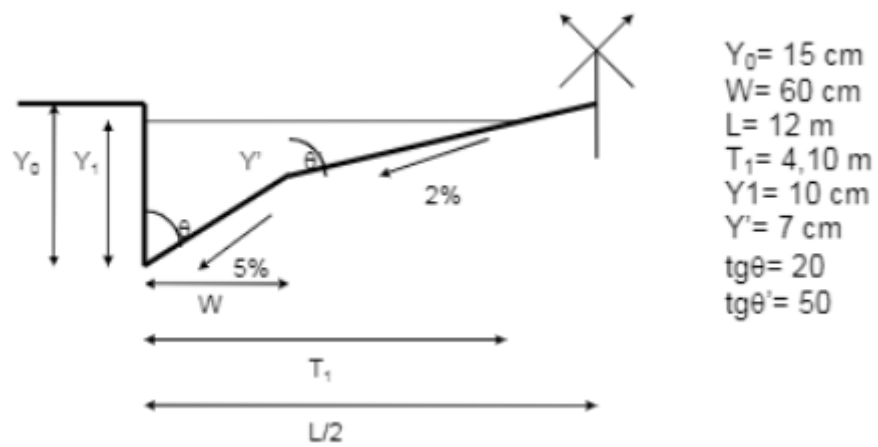
Nos pontos intermediários para as ruas com declividade longitudinal (iL) menor que 2%, as

BL's dotadas de abertura lateral são mais eficientes. Para iL maior que 2% as BL's com grelha captam vazões maiores, sendo nestes casos recomendadas às BLC;

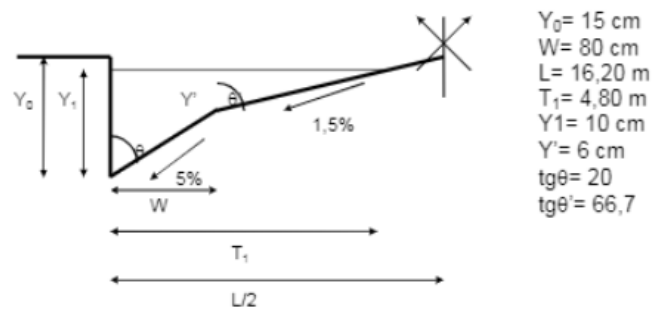
Nos pontos intermediários com iL menor que 2% não tem sentido o emprego de BLC.



**Figura 13: A SECUNDÁRIA - SARJETA TIPO "A".**



**Figura 14: PRINCIPAL - SARJETA TIPO "B".**



**Figura 15: AVENIDA - SARJETA TIPO "C"**

#### 4.13. BLS em Ponto Baixo

a) Com ou Sem Depressão A particularidade de uma BL situada em ponto baixo é que a mesma recebe água de ambos os lados.

A BL é dimensionada como se fosse um vertedor

$$Q = C.L.Y^{3/2}*(2g)^{1/2}, \text{ sendo qu:}$$

$$\text{para } Q_1 \approx Q_2, Y = Y_1 + a = Y_2 + a$$

$$\text{para } Q_1 \neq Q_2, Y = \frac{(Y_1 + Y_2) + a}{2}$$

O valor de “C” recomendado por experiências é de 0,384 para uma eficiência de 100% e de 0,308 (no caso de obstrução) para uma eficiência recomendada de 80%. Assim:

$$Q = 0,308 * L * Y^{3/2} * (2g)^{1/2}$$

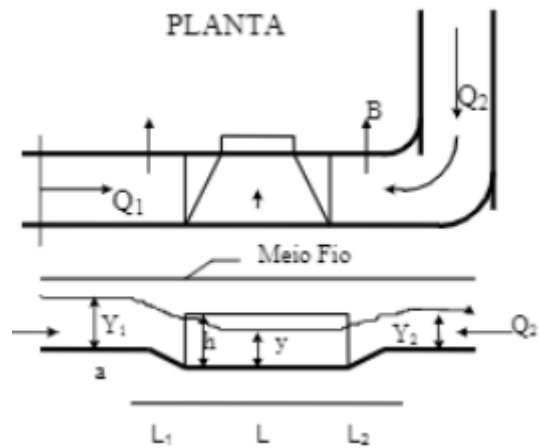
$$Q = 1,36 * L * Y^{3/2}$$

$$Y_1 \approx Y_2 = 10 \text{ cm}$$

$$a = 5,0 \text{ cm}$$

$$L = 0,90 \text{ m}$$

$$Q = 71,3 \text{ l/s}$$



**Figura 16: Corte em A-b**

BLG em ponto baixo

A vazão captada neste caso assemelha-se a de um orifício:

$$Q = C * A_u * (2g * y)^{1/2}, \text{ onde: para } Q_1 \sim Q_2 ;$$

$$y = y_1 + a = y_2 + a \text{ para } Q_1 \neq Q_2 ;$$

$$y = (y_1 + y_2) / 2 + a$$

$$A_u = \text{área útil} = E * L * B$$

$$E = \frac{\text{área útil (da grelha)}}{\text{área total}}$$

## Capítulo V

### **BAIXA DA CIDADE DE MAPUTO REDE DE ESGOTO AO LONGO DA AV 25 DE SETEMBRO**

#### 5. Breve Historial

Cidade de Maputo é a capital e a maior cidade de Moçambique. É também o principal centro financeiro, corporativo e mercantil do país. Localiza-se na margem ocidental da baía de Maputo, no extremo sul do país, perto da fronteira com a África do Sul e, da fronteira com o Essuatíni e, por conseguinte, da tripla fronteira dos três países.

Fundada no século XVI, serviu como o principal entreposto português naquele ponto do oceano Índico, graças à sua baía privilegiada, tornando-se, em 1898, a capital da colónia; até 13 de março de 1976, a cidade era denominada "Lourenço Marques" em homenagem ao explorador português homónimo.

A cidade constitui administrativamente um município com um governo eleito e tem também, desde 1980, o estatuto de província. Não deve ser confundida com a província de Maputo, que ocupa a parte mais meridional do território moçambicano, excetuando a cidade de Maputo.

O município tem uma área de cerca de 300 quilómetros quadrados e uma população de 1 088 449 (Censo de 2017) A sua área metropolitana, que inclui o município da Matola e os distritos de Boane e Marracuene, tem uma população de 3 158 465 habitantes.

#### 5.1. Urbanização em Moçambique

A urbanização é definida em Moçambique de acordo com o Boletim da República – BR (2006, p. 53) como sendo a “transformação do solo através da provisão de infraestruturas, equipamentos e edificações que assegurem a fixação física das populações em condições de se beneficiarem de serviços de crescente nível e qualidade nos domínios da saúde, ensino, tráfego rodoviário, saneamento, comércio e lazer, entre outros.

## 5.2. Saneamento do Meio

A ONU vem fazendo um esforço no sentido de reverter o processo acelerado de degradação dos recursos naturais no mundo, que também tem como causas a explosão demográfica e as precárias condições de vida de grande parte da população e Moçambique também faz parte de desse estudo global .

Mais de um bilhão dos habitantes da Terra não têm acesso a habitação segura e serviços básicos de saneamento como:

Abastecimento de água, rede de esgotamento sanitário e coleta de lixo. A falta de todos esses serviços, afectam grandes riscos para a saúde, são fatores que contribuem para a degradação do meio ambiente. A situação exposta se verifica especialmente nos cinturões de miséria das grandes cidades, onde se aglomeram multidões em espaços mínimos de precária higiene. Estudos do Banco Mundial (1993) estimam que o ambiente doméstico inadequado é responsável por quase 30% da ocorrência de doenças nos países em desenvolvimento.

## 5.3. Escoamento Pluvial na Baixa da Cidade Maputo

O problema do saneamento é um tema de mera importância para nós e constitui, sem sombras de dúvidas, um dos principais desafios na satisfação das necessidades cada vez crescentes dos munícipes. O crescimento urbano continua crescendo dia-a-dia, e as doenças devidas ao saneamento inadequado afectam cada vez mais pessoas, especialmente as crianças que olham para esses lugares como lugares de lazer. Contudo a realidade é que os sistemas de saneamento na nossa cidade é bastante frágil e em alguns casos quase inexistente.

A nível da cidade de Maputo, em certos casos, como o da drenagem das águas pluviais é causado pelos próprios moradores da urbe, quando depositam lixo nos pequenos e poucos canais de escoamento que a cidade possui, por sua vez o lixo transportado é depositado ao longo do canal inibindo o escoamento da água de chuva deixando assim avenida inundados no tempo chuvoso.

## 5.1. Gestão e Planeamento Urbano

A gestão das águas pluviais dentro do espaço urbano é fundamental para evitar os problemas citados, decorrentes do crescimento urbano desordenado. De acordo com Righetto (2009), a fragilidade institucional dos órgãos gestores do meio ambiente e dos recursos hídricos de um país, nas diversas esferas, tem sido confrontada com a necessidade de encarar os paradigmas do desenvolvimento sustentável. O Ministério do Meio Ambiente afirma que a problemática ambiental urbana deve ser o elemento capaz de unificar todas as ações urbanísticas, nos mais diversos sectores, buscando construir cidades ambientalmente e socialmente justas. Isto é, a sustentabilidade urbana busca aliar o uso racional dos recursos naturais e a boa forma do ambiente urbano baseado na interação com o clima e os recursos naturais, além das respostas às necessidades urbanas com a minimização dos impactos negativos aos ecossistemas atuais e futuros (BARBOSA, 2008).

O planeamento e gestão urbanística devem dispor de preceitos para controlar a conecetração de águas pluviais, diminuir a sua velocidade de impedir a associação dos dois fenómenos.

O controlo da drenagem pluvial da urbanização em termos de contribuir para assegurar o equilíbrio físico e ecológico do território, bem como a segurança dos seus habitantes face a inundações, alhimentos de terra e desmuramneto de construções.

Perante o cenário constante de inundações, surge a necessidade de projetar sistemas de drenagem com maior eficiência e mais sustentáveis, visto que aumentar a capacidade de escoamento dos sistemas existentes seria uma solução pouco económica e em condições meteorológicas extremas não resolveria o problema na íntegra nem a longo prazo. Face ao exposto, surge o conceito de drenagem sustentável, cujo objetivo principal é regenerar o ciclo hidrológico natural, através da incorporação de novas técnicas com a finalidade de amortecer os caudais de ponta e atenuar o nível de poluição presente nas águas das chuvas descarregadas nos meios recetores. Contrariamente ao sistema convencional de drenagem, no qual se processa a drenagem rápida das águas pluviais através de um sistema de coletores enterrados, a drenagem sustentável visa o controlo do escoamento superficial o mais próximo possível do local onde a

precipitação atinge o solo – controlo do escoamento na fonte. A redução do escoamento processa-se pela infiltração do excesso de água no subsolo, pela evaporação e evapotranspiração – que devolve parte da água à atmosfera – e pelo armazenamento temporário, possibilitando a reutilização da água ou a sua libertação lenta, após as chuvas.

## 5.2. Sistema de Microdrenagem

O sistema de microdrenagem, é aquele formado pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, conhecidas como “bocas de lobo”. Esse sistema é dimensionado para o escoamento de águas pluviais, cuja ocorrência tem um período de retorno de até 10 anos. Quando bem projetado, elimina praticamente todos os alagamentos na área urbana, evitando as interferências entre as enxurradas e o tráfego de pedestres e de veículos, além de danos às propriedades. Já o sistema de macrodrenagem é constituído, em geral, por estruturas de dimensões maiores, projetados para cheias, cujo período de retorno deve estar próximo de 100 anos. O diagnóstico prévio dos problemas de operação e manutenção futura destes sistemas, assim como a aquisição de dados e elementos para o planeamento dos sistemas, são basilares para o sucesso do empreendimento. Nestas fases, o emprego da tecnologia é essencial, desde a coleta de dados hidrológicos e planialtimétricos confiáveis, bem como definição da metodologia a ser utilizada no controle dos sistemas projetados, os quais poderão ter a coordenação centralizada, utilizando telemetria e perfeitamente integrada aos demais sistemas de serviços da cidade.

A concepção clássica do sistema de drenagem urbana surgiu em meados do século XIX, com o intuito de escoar as águas pluviais com a maior rapidez possível, reduzindo a incidência de uma série de doenças relacionadas à falta de saneamento e ao acúmulo de água parada. Este sistema foi adotado universalmente, com poucas variações, sendo eficaz até o momento em que as cidades atingiram um determinado porte. Na década de 1970, surgiram novas técnicas e conceitos de drenagem, buscando minimizar as implicações da crescente urbanização, procurando aumentar a infiltração da água da chuva no solo e retardar o escoamento da água da chuva pelas galerias e rios durante a incidência de chuvas fortes. Estas técnicas compõem a chamada drenagem sustentável, buscando respeitar o ciclo hidrológico natural, incorporando novas tecnologias com o intuito de amortecer as vazões de pico. No sistema de drenagem urbana

sustentável, portanto, são promovidos o retardamento e o tratamento das águas das enxurradas, incluindo uma ou mais das seguintes estruturas: pisos permeáveis, valas de filtração, trincheiras filtrantes, bacias de retenção, entre outras.

Dentre estas técnicas, é possível salientar a procura de uma maior percolação da água pluvial no terreno e seu armazenamento temporário, após a ocorrência das chuvas, seja para reuso ou apenas para descarte. Soluções tecnológicas estão intimamente agregadas aos modernos sistemas de drenagem, permitindo um considerável nível de automação dos mesmos. Vale destacar a utilização de softwares dedicados à questão hidrológica, auxiliando no projeto e acompanhamento dos sistemas de drenagem, obtenção de dados meteorológicos cada vez mais precisos, medição em tempo real dos níveis dos cursos d'água, verificação dos parâmetros de qualidade da água e emprego da telemetria para comando remoto de controladores lógicos programáveis dedicados. As principais tecnologias de implantação de sistemas de drenagem sustentável são conhecidas pelas siglas:

- LID (Low Impact Development);
- SUDS (Sustainable Urban Design System);
- WSUD (Water Sensitive Urban Design);
- BMP (Best Management Practices);
- IMP (Integrated Management Practices).

### 5.3. Gestão Urbana Dentro do Município

O município consegue apenas controlar as áreas de médio e alto valor econômico, com regulamentação do uso do solo, onde estabelece a cidade formal. O planejamento urbano é realizado, praticamente, para atender à cidade formal.

Quanto à cidade informal ( Bairros periféricos da Cidade) , são analisadas apenas tendências de ocupação. Os principais problemas relacionados com a infraestrutura de água no ambiente urbano são os seguintes:

- Falta de tratamento de esgoto;

- Falta de drenagem urbana;
- Algumas cidades chegaram a desenvolver redes de esgotamento sanitário muitas vezes sem tratamento, mas não implementaram a rede de drenagem urbana, sofrendo frequentes inundações com o aumento da impermeabilização;
- Deterioração da qualidade da água em virtude da falta de tratamento dos efluentes, criando potenciais riscos ao abastecimento da população em vários cenários, entre os quais a ocupação da áreas de contribuição de reservatórios de abastecimento urbano, que, eutrofizados, podem produzir riscos à saúde da população.
- Carência de uma gestão organizacional que integre o solo urbano a sua infra-estrutura.

#### 5.4. Gestão da Drenagem Urbana

O controle atual do escoamento na drenagem urbana tem sido realizado de forma equivocada, com sensíveis prejuízos para a população. A origem dos impactos é devida principalmente a dois tipos de erros:

- Princípio dos projetos de drenagem.

A drenagem urbana tem sido desenvolvida com base no falso princípio de que “a melhor drenagem é a que retira a água pluvial excedente o mais rápido possível do seu local de origem”.

- Avaliação e controle por trechos.
- Na microdrenagem, os projetos aumentam a vazão e transferem todo o seu volume para jusante.

- Na macrodrenagem, são construídos canais para evitar a inundação em cada trecho crítico. Esse tipo de solução é apropriado a um trecho da bacia, sem previsão das conseqüências para o restante dela, e sem considerar diferentes horizontes de ocupação urbana.

A canalização dos pontos críticos acaba apenas transferindo a inundação de um lugar para outro da bacia. A combinação dos dois tipos de gestão tem os seguintes impactos na macrodrenagem das cidades, que podem ocorrer na seguinte sequência:

#### **Estágio 1:**

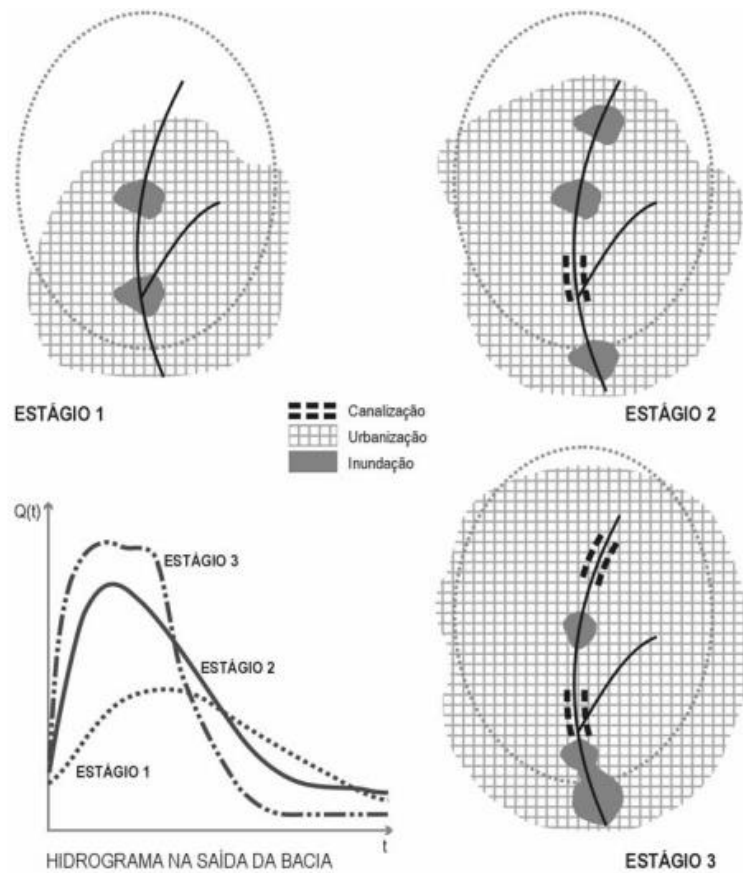
A bacia começa a ser urbanizada de forma distribuída, com maior densificação a jusante. Com a impermeabilização e o uso de condutos, nos locais de seção pequena ou mudança de declividade ocorrem inundações. Nesse momento, a bacia está parcialmente urbanizada (geralmente ocorre de montante para jusante).

#### **Estágio 2:**

As primeiras canalizações são executadas a jusante, com base na urbanização atual; com isso, aumenta o hidrograma a jusante do trecho canalizado.

#### **Estágio 3:**

Com a expansão da urbanização para montante, juntamente com a canalização, o aumento das vazões máximas e dos volumes se torna significativo, retornando as inundações nos trechos anteriormente canalizados, e reiniciando uma nova rodada de aumento de seções. A canalização simplesmente transfere a inundação para jusante. Já não existem espaços laterais para ampliar os canais a jusante, e as soluções convergem para o aprofundamento do canal, com custos extremamente altos (podendo chegar a US\$ 50 milhões/km, dependendo do subsolo, largura, revestimento, etc).



**Figura 17: Estágio do desenvolvimento da drenagem**

### 5.5. Princípios da Gestão Sustentável de Sistema de Esgoto

Os princípios básicos do controle do escoamento pluvial, tanto os provenientes das enchentes naturais da área quanto os da urbanização, são os seguintes:

Um Plano de Controle de Águas Pluviais de uma cidade ou região metropolitana deve contemplar as bacias hidrográficas sobre as quais a urbanização se desenvolve. As medidas não podem reduzir um impacto de uma área em detrimento de outra, ou seja, os impactos de quaisquer medidas não devem ser transferidos.

O controle de enchentes envolve medidas estruturais e não-estruturais, que dificilmente estão desassociadas. As medidas estruturais implicam custos inexecutáveis para a maioria das cidades, sem recursos para orçá-los.

A política de controle de enchentes certamente poderá chegar a soluções estruturais para alguns locais, mas sempre conforme a visão de conjunto de toda a bacia, ou seja, em que ela esteja racionalmente integrada a outras medidas preventivas (não-estruturais) e compatibilizadas com o desenvolvimento urbano.

#### 5.5.1. Os Meios

Os meios de implantação do controle de enchentes são:

O Plano Diretor Urbano, a Legislação Municipal/Estatual e o Manual de Drenagem.

O primeiro estabelece as linhas principais, a legislação controla e o manual orienta.

O horizonte de expansão.

Depois que a bacia ou parte dela estiver ocupada, dificilmente o poder público conseguirá responsabilizar alguém pela ampliação das cheias. Portanto, se a ação pública não for realizada preventivamente, por meio de gerenciamento, as conseqüências econômicas e sociais futuras serão muito maiores para todo o município.

O Plano Diretor Urbano deve contemplar o planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente loteadas.

### 5.5.2. O Controle Permanente

O controle de enchentes é um processo permanente não basta, pois estabelecer regulamentos e construir obras de proteção. É necessário estar atento a potenciais violações da legislação e à expansão da ocupação do solo das áreas de risco.

Portanto, recomenda-se que:

- Nenhum espaço de risco seja desapropriado se não houver uma imediata ocupação pública que evite sua invasão;
- A comunidade deve ter uma participação activa e contínua nos anseios, nos planos, na sua execução e na obediência às medidas de controle de enchentes.

### 5.5.3. A administração

A administração da manutenção e o controle é um processo local e depende dos municípios, pela aprovação de projectos de ocupação , obras públicas e drenagens. Os aspectos ambientais são também verificados na implantação da rede de drenagem e esgotos pluvias.

### 5.5.4. Modelagem Hidrológica

A modelagem hidrológica é uma importante ferramenta no planejamento e gerenciamento das bacias hidrográficas. Um modelo hidrológico permite equacionar os processos, representar, entender e simular o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica (TUCCI, 1998). A modelagem na rede urbana se propõe atender a diversos objetivos, tais como a avaliação de todas as respostas da bacia, como parte da estratégia e planejamento detalhado do sistema, avaliação da poluição, gerenciamento operacional, controle em tempo real e análise de interação entre sub-bacias. Os modelos computacionais para drenagem urbana podem ser utilizados para o planejamento, o dimensionamento e a operação de um sistema e podem ser entendidos com a associação de modelos tipo chuva-vazão com modelos de propagação de escoamentos. O

principal objetivo de um modelo de drenagem é a representação do escoamento, precipitação, interceptação, infiltração, evapotranspiração e interação destes processos com a rede (RIGHETTO, 2009). Aliados aos modelos de rede urbana, ferramentas como as de geoprocessamento, que trazem grandes facilidades de entrada de dados e de representação geométrica dos sistemas de rede de escoamento, e além disso, também se incorporam aos modelos diversas ferramentas de pós-processamento que apresentam facilidade de elaboração de diversos tipos de mapas e facilidade de construção de gráficos para representar as variáveis envolvidas (RIGHETTO, 2009).

## 5.6. Manutenção de Rede Esgoto

Definição Segundo a ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 5462/1994, Confiabilidade e manutenibilidade, 1998. “Manutenção é definida como a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”, ou seja, manter significa fazer de tudo que for preciso para assegurar, no caso do Sistema de Esgotamento Sanitário continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, num nível de desempenho exigido. A manutenção do Sistema de Esgotamento Sanitário consiste na prevenção e remoção de obstruções, limpeza dos coletores e trabalhos de reparação e conservação das instalações de recalque e demais unidades acessórias do sistema. Uma boa manutenção exige um perfeito conhecimento do sistema e uma completa equipe de trabalho, preparada adequadamente e pronta para atendimento a qualquer situação em que for solicitada.

Esta manutenção é a tarefa de maior responsabilidade na administração do Sistema de Esgotamento Sanitário, pois, os equipamentos, órgãos acessórios e/ou quaisquer outras unidades de um sistema de esgotos estão sujeitos a falhas ou interrupções no seu funcionamento, gerados pelos mais diversos fatores, previsíveis ou não, que mais rápida e corretamente forem sanadas, facilitarão a sua operação.

### 5.6.1. Operação

Execução de medidas consideradas necessárias para execução dos objetivos. Os sistemas de esgotos sanitários são projectados, construídos e operados para atenderem continuamente em quaisquer pontos servidos de acordo com a demanda e com o menor custo possível. Estes princípios serão atingidos partindo da eficiência da operação e dos serviços de manutenção.

## 6. Classificações dos Procecimentos de Manutenção

As manutenções são classificadas da seguinte maneira:

- **Preventivo**

Que antecipa às interrupções previstas e ao desgaste limite das partes do sistema.

- **Correctivo**

Visa adaptar as instalações a novas solicitações ou corrigir defeitos construtivos de projeto.

- **Emergencial**

É o atendimento de reparos decorrentes de acidentes ocorridos inesperadamente.

### 6.1. Principais Anormalidades na Rede de Esgoto

Segundo Medeiros Filho, no Sistema de Coleta de Esgoto, a maioria das ocorrências que requerem trabalhos contínuos de manutenção, principalmente nos coletores, pois, 70 a 80 % dos entupimentos tem como origem as instalações internas das edificações contribuintes, em consequência do mau uso destas instalações, decorrentes normalmente da falta de consciência dos usuários. Pedacos de madeira, panos, plásticos, areia, brita e outros objetos inadequados ao meio, além de gorduras, são freqüentes razões para originarem problemas e complicações ao funcionamento contínuo do sistema. Aos restantes dos 20 a 30% das anormalidades podem advir

de abatimentos das fundações ou do próprio tubo, de rupturas da tubulação por efeito de esforços externos não previstos em projecto, ou pela acção danosa, efeito abrasivo, devido alta velocidade de escoamento do esgoto sanitário misturado com areia e pela agressividade do líquido transportado (efluentes industriais, principalmente de indústria de galvanoplastia), e além da penetração de raízes de árvores que entram na tubulação através de juntas defeituosas ou de trincas provocadas pelas mesmas raízes quando se desenvolvem próximas ao tubo e, neles penetrando encontram ambiente propício ao seu desenvolvimento, tais como água e matéria orgânica disponível.

## 6.2. Equipamentos de Manutenção

Os equipamentos de manutenções de redes coletora de esgotos dependerá efetivamente da dimensão do sistema, dos diâmetros dos coletores, emissários e interceptores e da presença de elevatórias e de unidades de tratamento.” A princípio quanto menor o sistema ou a cidade, menor será o volume e sofisticação dos equipamentos disponíveis e em algumas cidades ainda se verifica efetuando desentupimentos de redes de esgotos utilizando varas de bambus, arames e vergalhões de ferro e em outras cidades, como grandes capitais utilizando caminhões limpa tudo, de tecnologia norte-americana, que faz a remoção de pedras, garrafas, latas, graxas e outros detritos dos coletores de esgoto. Os equipamentos básicos podem ser classificados em três grupos: principais, acessórios e de segurança.

### 6.2.1. Equipamentos Principais

São utilizados geralmente para trabalhos mecanizados de limpeza de redes, abertura e fechamento de valas, são os caminhões de mangueira de pressão para lavagem interna dos condutos com jatos de água, caminhões de sucção, retroescavadeiras, guinchos, cabos de aço flexíveis e varetas de acoplamento, máquinas de desentupimento com eixo giratório, cortadores de raízes, escovas de aço, caçambas e colheres para remoção de objetos sólidos de tamanhos variados.



**Figura 18: Camiões de mangueira de pressão**

### 6.2.2. Equipamentos Acessórios

São utilizados em trabalhos manuais, como pás, picaretas, enxadas, alavancas, lanternas apropriadas, baldes, cordas e detector de metal.



## **Figura 19: Equipamentos Acessórios**

### 6.2.3. Equipamentos de Segurança

São equipamentos que visam à segurança dos operários, dos pedestres e veículos que circulam pela via pública, são os detectores de gases, máscaras, macacões, cinto de segurança, sapatos, capacetes, roupas, botas, botinas de bico de aço, luvas, sinais de trânsito, cones e placas de sinalização.

### 6.3. Impactos na Infra-Estrutura Urbana

Os principais problemas relacionados com a infra-estrutura e a urbanização nos países em desenvolvimento, com destaque para África são:

- Grande concentração populacional em pequenas áreas, com deficiência de sistema de transporte, falta de abastecimento e saneamento, ar e águas poluídos, além das frequentes inundações. Essas condições ambientais inadequadas reduzem as condições de saúde e a qualidade de vida da população, enquanto aumentam os riscos de impactos ambientais, e são as principais limitações ao seu desenvolvimento.
- Aumento da periferia das cidades de forma descontrolada, em consequência da migração rural em busca de emprego nas cidades. Os bairros ocupados por essa população geralmente estão desprovidos dos seguintes serviços: segurança, infra-estrutura tradicional de água, esgoto, drenagem, transporte e coleta de resíduos sólidos.
- A urbanização é espontânea e o planejamento urbano é realizado para as áreas da cidade ocupadas pela população de renda média e alta. Sem um planejamento do espaço, a ocupação ocorre sobre áreas de risco, como de inundações e de escorregamento, com frequentes mortes durante o período chuvoso.

#### 6.4. escoamento em Regime de Viscosidade 25 de Setembro

A viscosidade afeta o escoamento dos fluídos, fazendo com que a resistência ao movimento seja diferente em diferentes setores da seção transversal do tubo. Usualmente a resistência ao movimento é maior nas bordas do que no centro da tubulação. Com isso cria-se um perfil de velocidades que não é uniforme e estabelece-se um regime de escoamento. Em baixas velocidades o escoamento é relativamente ordenado e é denominado escoamento laminar. Com o aumento da velocidade (i.e. da vazão) os gradientes de velocidade ao longo da tubulação geram turbulência e turbilhões, desorganizando o fluxo e estabelecendo-se escoamento turbulento. Outros fatores ainda entram em jogo, como variações no perfil ou rugosidade da tubulação ou presença de intrusões e diferenças de pressão e temperatura no fluído.

Avenida 25 de Setembro tem vindo a enfrentar grande problemas de vazão de águas pluvias quando a ocorrência de chuvas torrencias de grande precipitação, isto tem criado grande inundações ao longo do trajecto pois as suas bocas de lobo não funcionam em pefeito estado, devido há problemas de manutenção e negligências das autoridade municipai, as imagens abaixo ilustram o estado degradação dos sistemas de escoamento da avenida em estudo.



**Figura 20:** Avenida 25 Setembro no período sem Chuva



**Figura 21:** Avenida 25 Setembro em período de chuvas nos dias atuais

E importante referir que no ano de 1966 já tivemos casos piores de inundação na Avenida 25 Setembro caso em que água chegava até altura dos vidros da porta dos carros que estavam ali estacionados. A imagem abaixo vai ilustrar o caso que já se viveu ao longo dos anos



**Figura 22:** Inundações na Avenida 25 de Setembro no Ano de 1966

#### 6.5. Precipitação na Cidade de Maputo

É considerado precipitação mínima líquida a 1 mm chuva. Em Maputo, a probabilidade de um determinado dia com precipitação no inverno permanece basicamente constante, ficando por volta de 6% ao longo da estação.

Como referência, a maior probabilidade no ano de um dia com precipitação é de 41% em 22 de janeiro e a menor probabilidade é de 5% em 14 de agosto.

Caracteriza-se por uma estação de fraca pluviosidade e irregular relativamente longa. A pluviosidade sazonal apresenta tendência ligeiramente negativa, a nível provincial.

De acordo com relatório da WPF (Programa Mundial da Alimentação) a cidade de Maputo em contra-se com pouco índice de Pluviosidade.

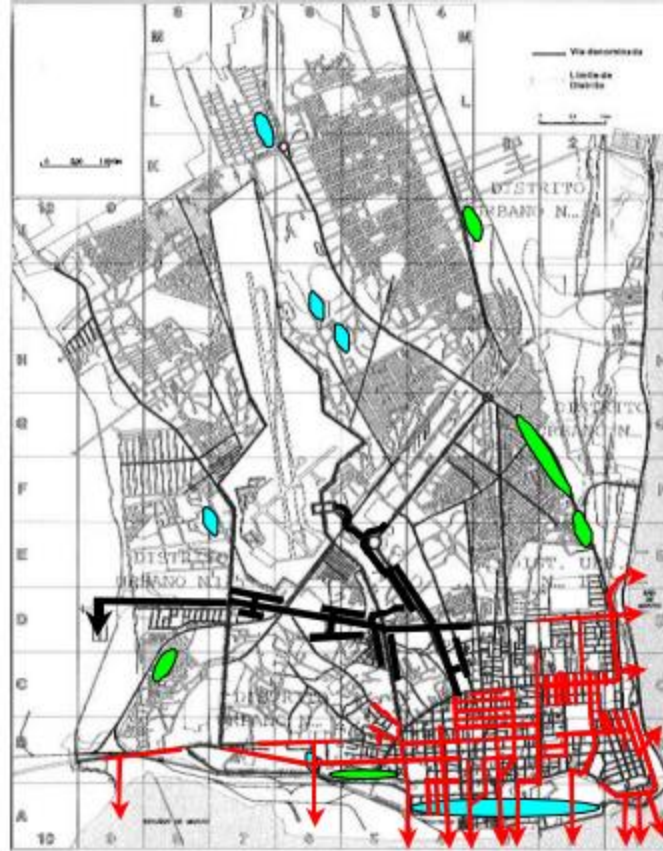


**Figura 23:** Índice de Precipitação na Cidade de Maputo

#### 6.6. Condições atual da Rede de Esgoto da Cidade de Maputo

O sistema de drenagem da Cidade de Maputo consiste numa tubagem de esgotos e um sistema de drenagem aberto. O sistema de drenagem é da tubagem de esgotos instalada atendendo-se à vazão da água reunida no poço de visita que é localizado entre a pista de rodagem e o passeio. Mas a maioria dos poço de visita é entupida por solos/lixos devido à falta de limpeza e desentupimento, o que reduz a capacidade de drenagem. Existem áreas que são sujeitas a cheias e áreas de erosão resultantes da ausência de um sistema de drenagem apropriado, da vazão da água e da falta de manutenção de drenagem. As valas abertas são adequadas para uma manutenção fácil na Cidade de Maputo, de modo a prevenir o entupimento por solos/lixos. Devem ser instalados drenos apropriados ao longo das estradas de objecto. O sistema de drenagem existente e os problemas relativos à drenagem encontram-se apresentados na Figura a baixo.

- Drenagem Aberta Existente
- Drenagem de Tubo Existente
- Área de Erosão
- Área de Cheias



**Figura24:** Representação de alguns trocos Criticos da rede de Esgoto

## Capítulo VI

### 6. Conclusões e Recomendações

O presente trabalho de Monografia a apresentou como tema Rede de Esgoto e Escoamento de Águas pluvias e meios formas para mitigação do problema em estudo.

Foi efectuada uma pesquisa baseada, fundamentalmente em normas e regulamentos, nacionais e internacionais, com o intuito de identificar várias abordagens ligadas à Rede e seus sistemas. Foram ainda consultadas publicações de vários autores, o que permitiu completar a Monografia com medidas que, não sendo regulamentares nem obrigatórias, devem ser tidas em conta na optimização dos sistemas.

É necessário que se estabeleça um equilíbrio entre os aspectos ecológicos, económicos e sociais, de tal forma que as necessidades materiais básicas de cada indivíduo possam ser satisfeitas, sem consumismo ou desperdícios, e que todos tenham oportunidades iguais de desenvolvimento de seus próprios potenciais e tenham consciência de sua co-responsabilidade na preservação dos recursos naturais e na prevenção de doenças.

Para Avenida 25 de setembro tratando-se de um problema antigo recomenda-se que:

- Uma Manutenção periódica das redes ali existentes;
- Construção de pavimentos permeabilizantes;
- Construção de um sistema colector para o reaproveitamento das Águas Pluvias, no terreno da antiga facim para poder regar os espaços verdes que ali existem.

Para que não haja danificações no pavimento pode ser usada máquina de moagem **navetagor**, ela pode atingir a distância de 150m, em escavação subterrânea, assim que chega ao poço de visita pretendido, usa-se um objecto em forma de uma bala para poder moldar o caminho onde vai passar os canos de betão para fazer a colecta das águas que será reaproveitada.

## 6.1.Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, *Água de chuva Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos*.NBR 15527. Rio de Janeiro 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 5462:  
*Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário: Procedimento*. Rio de Janeiro, ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9649:  
*Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário: Procedimento*. Rio de Janeiro, ABNT, 1986.

BATISTA, M. E. M.; SILVA, T. C. da. O Modelo ISA/JP – *Indicador de Performance para Diagnóstico do Saneamento Ambiental Urbano*. Revista Engenharia Sanitária Ambiental, v.11, n.1, p.55-64, jan/mar, 2007.

HENRIQUE,C. B (2007). *As funções dos sistemas pluviais*.

MANOEL, H.B. (1995). *Águas de Chuva - Engenharia das águas Pluviais Nas Cidades*.

OLIVEIRA, C. L., 2007, *Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis no município do Rio de Janeiro*. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

OLIVEIRA, A. L. S. de. *Saneamento básico no Brasil: limites e possibilidades de atuação do setor privado*. 2004. 97f. Dissertação (Mestrado em economia). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

SILVEIRA, A. L. L., 2002, *Curso de Drenagem Urbana: Aspectos de Gestão - Gestores Regionais de Recursos Hídricos*, IPH/UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. Disponível em <http://www.iph.ufrgs.br/grad/disciplinas/dhh/iph01014/> APOST Acesso em 15/03/2006.

SILVEIRA, A. L. L., 2007, "*Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica*". In: TUCCI, C. E. M. (org.), *Hidrologia: ciência e aplicação*, 4 ed., capítulo 2, Porto Alegre, RS, Ed. SUDERSHA, 2002. *Medidas não-estruturais. Plano Diretor de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Curitiba*. CH2MHILL Engenharia do Brasil Lt.da

Universidade / UFRGS: ABRH.

TUCCI, C. (s.d.). *Gestão da Drenagem Urbana*. CEPAL, Vol. 48.

TUCCI, C.E.M., PORTO, R. L. L., BARROS, M. T., 1995, *Drenagem Urbana*. 1 ed. Porto Alegre, RS, Ed. Universidade / UFRGS: ABRH.

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

TUCCI, C. E. M., 1996. *Estudos Hidrológicos e Hidrodinâmicos no rio Iguaçu na RMC*, COMEC/PROSAM, 2 vols

TUCCI, C.E.M; VILLANUEVA, A , 1997. *Controle de enchentes das cidades de união da Vitória e Porto União*. CORPRERI, 117 p.

TUCCI, 2005. *Proposta do Plano Nacional de Águas Pluviais*. Ministério das Cidades. Brasília 120p