

**PROJETO DO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL
DE DIVERSAS RUAS DE BOCAIÚVA – MINAS GERAIS**

MEMORIAL DESCRITIVO E ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

VOLUME ÚNICO

Junho/ 2022

BOC-DRE-MD-ET-001

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| RESUMO | 4 |
| 1. INTRODUÇÃO | 5 |
| 2. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO..... | 5 |
| 2.1. HIDROGRAFIA | 5 |
| 2.2. CLIMA | 6 |
| 3. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA..... | 7 |
| 3.1. CONCEPÇÃO ADOTADA | 7 |
| 3.2. EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DAS VAZÕES | 8 |
| 3.2.1. Método Racional..... | 8 |
| 3.2.2. Coeficiente “C” de ESD | 9 |
| 3.2.3. Cálculo da precipitação média máxima | 9 |
| 3.3. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM..... | 12 |
| 3.3.1. Parâmetros de projeto..... | 12 |
| 3.3.2. Equações..... | 14 |
| 3.3.3. Capacidade de engolimento das bocas coletora..... | 14 |
| 3.3.4. Ramal de ligação das bocas coletoras | 15 |
| 3.3.5. Rede principal..... | 16 |
| 3.4. DADOS DO PROJETO..... | 16 |
| 3.5. PLANILHAS DE DIMENSIONAMENTO | 18 |
| 3.5.1. Dimensionamento de sarjetas..... | 18 |
| 3.5.2. Dimensionamento das bocas coletoras | 19 |
| 3.5.3. Dimensionamento dos ramais de ligação | 20 |
| 3.5.4. Dimensionamento da rede principal..... | 21 |
| 3.6. DIMENSIONAMENTO DA CAIXA DE RETENÇÃO DE CHEIAS..... | 22 |
| 3.6.1. Parâmetros de Projeto..... | 22 |
| 4. ESPECIFICAÇÃO PARTICULAR DE SERVIÇO E OBRA | 23 |
| 4.1. Demolições | 23 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.2. | Desmatamento, destocamento e limpeza | 23 |
| 4.3. | Escavação de valas | 24 |
| 4.4. | Apiloamento e Compactação | 27 |
| 4.5. | Demolição de pavimento | 27 |
| 4.6. | Escoramento | 27 |
| 4.7. | Locação de redes | 28 |
| 4.8. | Assentamento de tubulações | 28 |
| 4.9. | Reaterro de valas..... | 29 |
| 4.10. | Enchimento de Valas | 29 |
| 4.11. | Adensamento | 30 |
| 4.12. | Compactação | 30 |
| 4.13. | Transporte de material inclusive descarga..... | 31 |
| 4.14. | Controle tecnológico | 31 |

RESUMO

Este projeto consiste em um volume único com Memorial Descritivo, Especificação Técnica, Memoria de Cálculo, Desenhos, Orçamento E Cronograma do Projeto de Sistema de Drenagem Pluvial das diversas ruas, no município de Bocaiúva-MG.

Responsável Técnico:

KAREN MARIANA SOARES VIEIRA

CREA: MG - 332.425/LP

Prefeito Municipal de Bocaiúva:

ROBERTO JAIRO TORRES

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Manual de Drenagem Urbana de Montes Claros, os sistemas de drenagem são classificados de duas formas: microdrenagem e macrodrenagem.

A microdrenagem é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais nos loteamentos ou na rede primária urbana, projetados para atender a drenagem de precipitações com risco moderado. Já a macrodrenagem envolve sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem, abrangendo áreas superiores a 2 km² ou 200 ha, projetado para acomodar precipitações superiores às da microdrenagem com riscos de acordo com os prejuízos humanos e materiais potenciais.

Dentro desse sistema de drenagem, existem os reservatórios de retenção que se caracterizam como estruturas que acumulam temporariamente as águas pluviais com função de reduzir riscos de inundações e amortecer as vazões de cheias, o qual é muito utilizado para retardar a contribuição da água que escoar por telhados, redes pluviais e de forma geral das áreas impermeabilizadas de edificações e loteamentos. A partir desse princípio, o sistema de microdrenagem local será capaz de conduzir a drenagem pluvial de forma a evitar picos de vazão típicos de áreas urbanizadas.

2. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

2.1. HIDROGRAFIA

A nova rede drenante do município faz o lançamento das águas captadas na rua Vicente de Paula Figueiredo por ser seu ponto mais baixo e segue para outra rede existente a jusante, abaixo tem apresentação da situação na Figura 1.

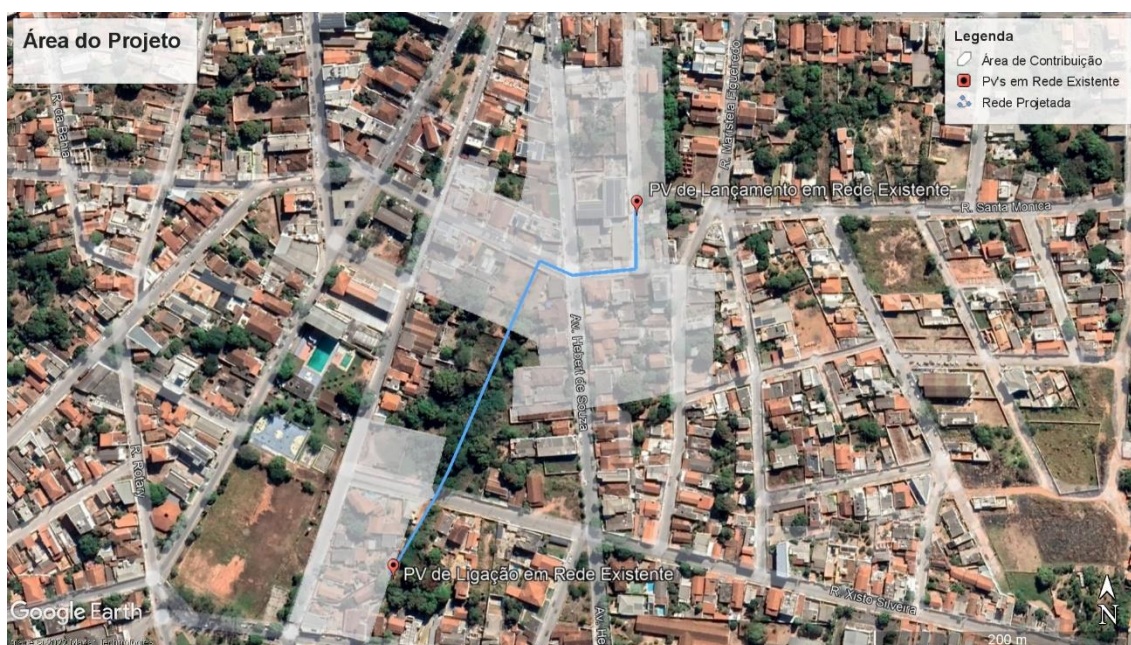


Figura 1 – Localização da área do projeto.
Fonte: Própria.

2.2. CLIMA

O empreendimento está inserido em uma região que apresenta um clima tropical, cuja classificação do clima segundo a Köppen e Geiger é Aw. No inverno existe muito menos pluviosidade que no verão. A temperatura média é 23,0 °C e 1029 mm é o valor da pluviosidade média anual.

A figura abaixo representa o comportamento da chuva e da temperatura ao longo do ano.

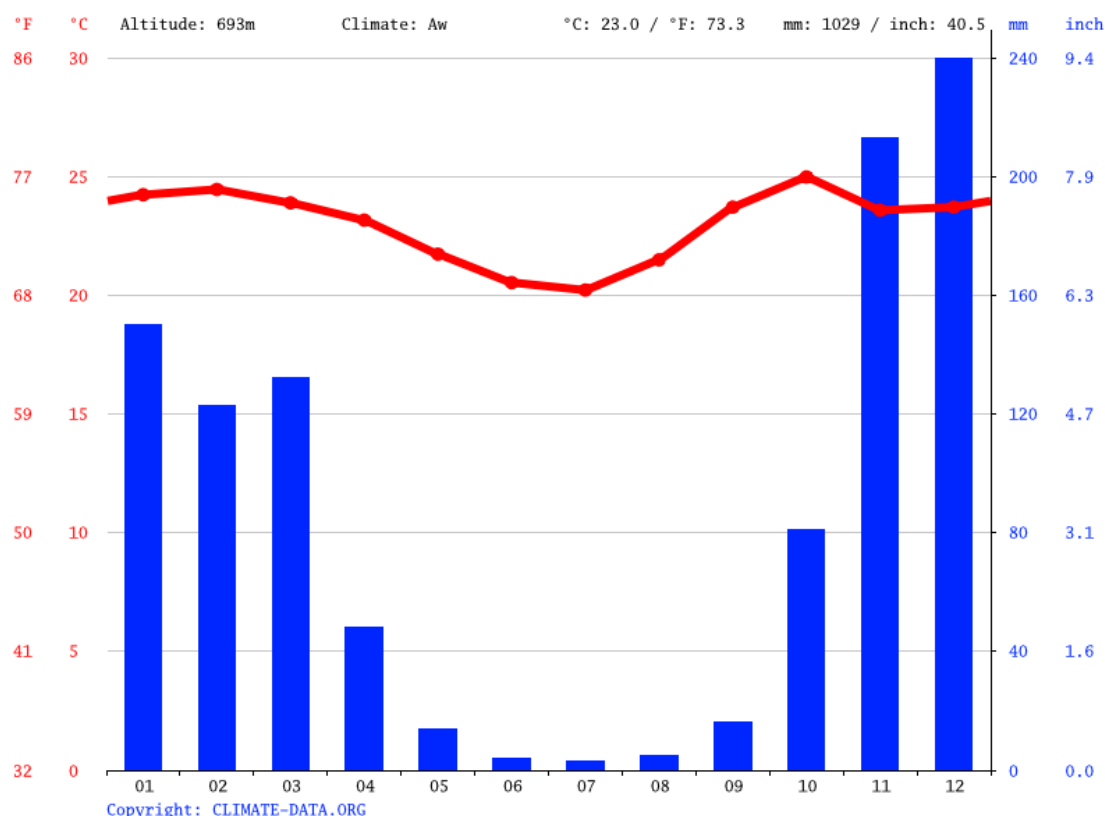


Figura 2- Precipitação e temperatura média anual de Bocaiuva-MG.
Fonte: Climate – Data, 2022.

3. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

3.1. CONCEPÇÃO ADOTADA

O projeto de Drenagem Urbana para o local prevê a coleta de todos os deflúvios precipitados na área do mesmo, através de dispositivos de sarjetas, bocas coletoras, rede principal de coleta e ala de lançamento.

A concepção proposta foi elaborada de forma a minimizar a necessidade de implantação de redes tubulares e evitar altas profundidades nas redes previstas. Com base nessa perspectiva tentou-se dividir ao máximo as sub-bacias de contribuição, direcionando a drenagem dos arruamentos para as principais ruas e avenidas baixas, onde está previsto a instalação dos dispositivos de coleta e condução dos deflúvios.

O projeto contempla a drenagem superficial das vias que são direcionadas através de sarjetas e coletadas por bocas coletoras, em seguida são conduzidas por tubos de drenagem até o exutório.

A seguir são apresentadas as principais diretrizes, parâmetros e equações utilizadas para dimensionamento das unidades de drenagem urbana do empreendimento e em seguida as planilhas de dimensionamento.

3.2. EQUAÇÃO PARA CÁLCULO DAS VAZÕES

3.2.1. Método Racional

Para bacias de drenagem que não apresentam complexidade e que tenham áreas de drenagem inferiores a aproximadamente 2 km² é recomendado que a descarga de projeto seja analisada pelo denominado Método Racional. Embora simples, é um método largamente aceito e conduz a resultados satisfatórios, quando aplicado dentro de seus limites de validade.

As seguintes premissas básicas são adotadas, quando se aplica o Método Racional:

- O pico do ESD (Escoamento Superficial Direto), relativo a um dado local de estudo, é função do respectivo tempo de concentração, assim como da intensidade da chuva, cuja duração é suposta como sendo igual ao referido tempo de concentração;
- As condições de permeabilidade da superfície da bacia permanecem constantes durante a ocorrência da chuva;
- O pico do ESD ocorre quando toda a área de drenagem, a montante do local em estudo, passa a contribuir no escoamento.
- O Método Racional fornece somente um ponto do hidrograma do ESD, o pico. Sua aplicação em bacias complexas, com várias sub-bacias, tende a superestimar as vazões, resultando em obras de drenagem superdimensionadas.

A seguinte expressão define o método:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Em que:

Q → vazão de pico do ESD em m³/s;

C → coeficiente adimensional, chamado de coeficiente de ESD ("runoff"), isto é, a relação entre o volume de ESD e o volume precipitado;

I → intensidade média da chuva, em mm/h, para uma duração da chuva igual ao tempo de concentração da bacia em estudo;

A → área da bacia em km².

A partir da equação acima serão calculadas as vazões para cada área de contribuição do empreendimento.

3.2.2. **Coeficiente “C” de ESD**

Coeficiente de escoamento superficial é função de uma série de fatores, dentre os quais, o tipo de solo, a ocupação da bacia, a umidade antecedente, a intensidade da chuva e outros de menor importância. O valor de C deve ser determinado para as condições futuras de urbanização da bacia.

Usualmente, o coeficiente de escoamento superficial é determinado em função da ocupação do solo, conforme se apresenta na tabela a seguir.

| Tipo de Superfície | Valor Recomendado | Faixa de Variação |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Concreto, asfalto e telhado | 0,95 | 0,90 – 0,95 |
| Paralelepípedo | 0,70 | 0,58 – 0,81 |
| Blockets | 0,78 | 0,70 – 0,89 |
| Concreto e asfalto poroso | 0,03 | 0,02 – 0,05 |
| Solo compactado | 0,66 | 0,59 – 0,79 |
| Matas, parques e campos de esporte | 0,10 | 0,05 – 0,20 |
| Grama solo arenoso | 0,10 | 0,08 – 0,18 |
| Grama solo argiloso | 0,20 | 0,15 – 0,30 |

Figura 3 - Valores do coeficiente de escoamento (c) par superfícies urbanas.
Fonte: Portaria/INFRAESTRUTURA, nº 02, de 27 de junho de 2019.

Foi considerado o coeficiente de escoamento superficial de C, igual a **0,95**, considerando zona de edificação com poucas superfícies livres, nas áreas que serão edificadas ou com possibilidade de edificações futuras que podem contribuir no sistema projetado.

3.2.3. **Cálculo da precipitação média máxima**

As precipitações de projeto podem ser constantes ou variadas ao longo de sua duração. A precipitação de projeto constante é normalmente utilizada em conjunto com o Método Racional onde é considerada a chuva de projeto com intensidade constante em toda sua duração e duração igual ao tempo de concentração da bacia, permitindo assim, que toda a bacia “sinta” o efeito da precipitação.

Para as galerias de drenagem urbana o tempo de concentração compreende um tempo inicial de entrada, ou o tempo requerido pelo escoamento superficial para fluir sobre a superfície, até atingir a primeira boca de lobo de montante, e posteriormente um tempo de percurso na galeria até o ponto de estudo. O tempo de entrada pode variar com a declividade da superfície, armazenamento em depressões, cobertura do solo, chuva antecedente e capacidade de infiltração do solo e o comprimento da superfície de escoamento.

A chuva em uma região pode ser definida se intensidade, duração, frequência das várias chuvas intensas são conhecidas. A relação entre intensidade-duração-frequência (IDF) é dada pela seguinte equação:

$$i_m = \frac{KT^a}{(t+b)^c}$$

Onde,

$i_m \rightarrow$ intensidade máxima média de precipitação, mm/h;

$T \rightarrow$ período de recorrência ou de retorno da chuva, anos;

$t \rightarrow$ tempo de duração ou de concentração, min.; e

$K, a, b, c \rightarrow$ parâmetros relativos à localidade.

A equação de chuva foi obtida pelos parâmetros retirados do *software* Plúvio 2.1 (ver figura a seguir), desenvolvido pelo GPRH (Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos) do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (DEA - UFV).

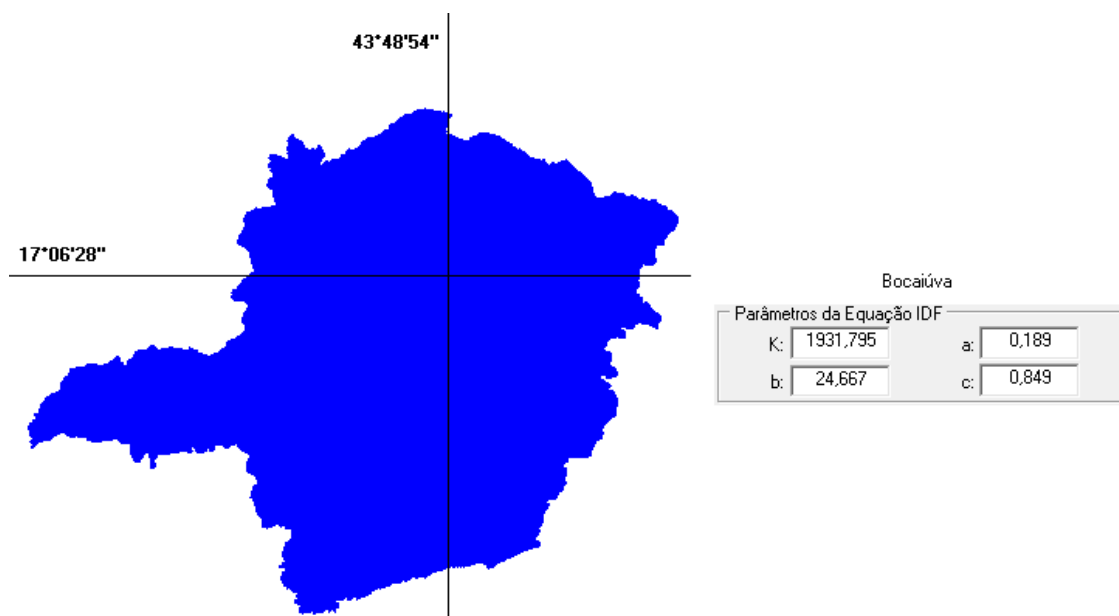


Figura 4 - Dados retirados do software Plúvio 2.1.

A partir da equação de chuva apresentada anteriormente, substituindo os valores dos parâmetros relativos à localidade, conforme obtido pelo *software*, chega-se à equação abaixo de intensidade de chuva para a cidade de Bocaiúva -MG.

$$i_m = \frac{4050 \times T^{0,167}}{(t + 34,789)^{0,992}}$$

3.2.3.1. *Tempo de Concentração*

O tempo de concentração é, ao lado do coeficiente de escoamento superficial, um dos parâmetros cruciais do método racional, cuja determinação está também sujeita a incertezas e imprecisões.

Conceitua-se tempo de concentração como o espaço de tempo decorrido desde o início da precipitação torrencial sobre a bacia até o instante em que toda esta bacia passa a contribuir para o escoamento na secção de jusante da mesma. Em um sistema de galerias corresponde a duas parcelas distintas, sendo a primeira denominada de "tempo de entrada", ou seja, tempo necessário para que as contribuições superficiais atinjam a secção inicial de projeto, enquanto que a segunda corresponde ao tempo gasto pelo escoamento através dos condutos, a partir do instante em que toda a bacia passa a contribuir para a secção em estudo. Esta parcela é denominada de "tempo de percurso". O tempo de percurso, como o próprio conceito mostra, tem cálculo puramente hidráulico, visto que o mesmo é função das velocidades nos trechos de montante, enquanto que o tempo de entrada depende essencialmente da conformação superficial da bacia, variando inversamente com a intensidade de chuva. Deve-se observar também que o escoamento superficial se torna mais veloz à medida que se aproxima dos pontos de coleta ou em superfícies impermeabilizadas.

Frequentemente o tempo de entrada, embora de determinação difícil, tem valor entre 10 e 30 minutos. Para o projeto adotou-se esse intervalo em função do tamanho, forma e uso das áreas de contribuição.

3.2.3.2. *Tempo de Retorno*

Os sistemas de microdrenagem, em geral, são dimensionados para frequências de descargas de 2, 5 ou 10 anos, de acordo com as características da ocupação da área que se quer beneficiar. A seguir são apresentados alguns valores normalmente utilizados:

| Sistema | Característica | Intervalo (anos) | Valor recomendado (anos) |
|-----------------------------------|---------------------------|------------------|--------------------------|
| Microdrenagem | Residencial | 2 - 5 | 2 |
| | Comercial | 2 - 5 | 2 |
| | Áreas de prédios públicos | 2 - 5 | 2 |
| | Avenidas | 5 - 10 | 5 |
| | Aeroporto | 5 - 10 | 5 |
| Macro drenagem | | 10 - 50 | 10 |
| Zoneamento de áreas ribeirinhas | | 5 - 100 | 50* |
| *limite da área de regulamentação | | | |

Figura 5 – Tempo de retorno para sistemas urbanos.

Fonte: Portaria/INFRAESTRUTURA, nº 02, de 27 de junho de 2019.

Para o sistema de microdrenagem adotou-se o período de retorno de **10 anos**, tendo em vista a ocupação ser em avenidas e região central.

3.2.3.1. Área de Contribuição

A área de contribuição, também designada como área de drenagem, corresponde a toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial. Uma vez posicionados os poços de visita, é imprescindível que sejam delimitadas as suas respectivas bacias de contribuição. As áreas delimitadas por essas bacias são determinadas através da análise das curvas de nível da região onde será implantada a rede de microdrenagem.

3.3. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE MICRODRENAGEM

3.3.1. Parâmetros de projeto

3.3.1.1. Galerias circulares

O sistema será projetado com galerias em tubos de concreto armado, ponta e bolsa, podendo ser com revestimento em argamassa ou com junta elástica.

O diâmetro mínimo das galerias de seção circular nas vias públicas deve ser de 0,60 m. Os diâmetros correntes são: 0,40; 0,50; 0,60; 0,80; 1,00; 1,20; 1,50; 1,80; 2,00 m. Alguns dos critérios básicos são os seguintes:

- As galerias pluviais são projetadas para funcionar com seção máxima de 75% para a vazão de projeto. A velocidade máxima admissível determina-se em função do material a ser empregado na rede. Para tubo de concreto, a velocidade máxima admissível é de 6,00 m/s e a velocidade mínima 1,00 m/s,

conforme caderno de instruções técnicas de elaboração de projetos de drenagem do município de Montes Claros;

- O recobrimento mínimo da rede deverá ser de 1,0 m, quando forem empregadas tubulações sem estruturas especiais. Quando, por condições topográficas, forem utilizados recobrimentos menores, as canalizações deverão ser projetadas do ponto de vista estrutural;
- Nas mudanças de diâmetro, os tubos deverão ser alinhados pela geratriz superior, como indicado na figura abaixo:

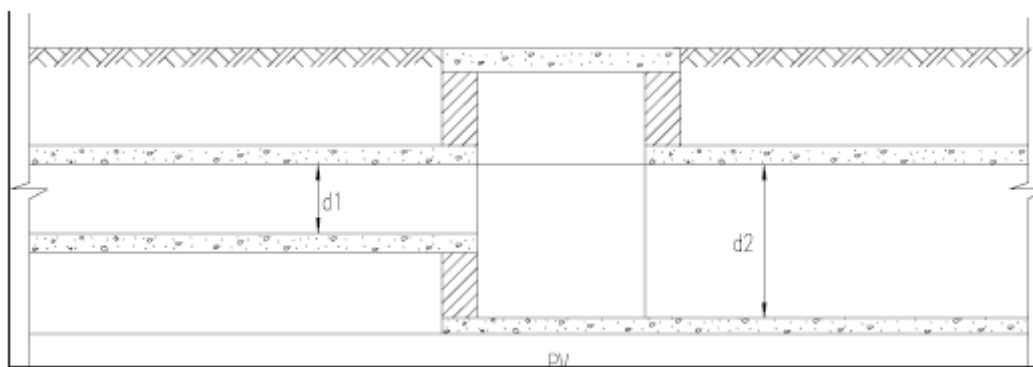


Figura 6 - Alinhamento dos condutos.

Fonte: Portaria/INFRAESTRUTURA, nº 02, de 27 de junho de 2019.

- O desnível entre a geratriz inferior dos tubos de entrada e de saída em um poço de visita não deverá ser superior a 1,50 metros;
- Caso seja necessário utilizar degrau com altura superior a 1,50 metro deverá ser projetado um poço de visitas em concreto armado com proteção contra a erosão do fundo da caixa;
- A galeria deverá preferencialmente ser projetada no eixo da via;
- Deverão ser evitadas as mudanças de direção muito acentuadas entre as tubulações de entrada e de saída em um poço de visita, especialmente se não houver desnível entre a geratriz superior dos mesmos.
- O espaçamento máximo entre os poços de visita é de 100 metros.

3.3.1.2. Captações

- Recomenda-se que a instalação das captações seja feita em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres, junto às esquinas;
- Deverá ser evitada a instalação de captações nas esquinas;

- Deverá ser dada preferência à captação por meio de bocas-de-lobo com cantoneiras e grelhas. Quando necessário será utilizada bocas-de-lobo duplas;
- O diâmetro mínimo para ligações entre as captações e o Poço de Visita mais próximo é de 0,40 m.

3.3.2. **Equações**

3.3.2.1. *Escoamento na rua*

O escoamento das águas pluviais ao longo das sarjetas é necessário para conduzi-las até as bocas-de-lobo que, por sua vez, as captam para as galerias. Um bom planejamento do sistema viário pode reduzir substancialmente o custo do sistema de drenagem, e até dispensar a necessidade de galerias de águas pluviais.

A inundação do pavimento, para a chuva inicial, deverá ser limitada de acordo com as indicações da tabela a seguir.

| CLASSIFICAÇÃO DAS RUAS | INUNDAÇÃO MÁXIMA |
|------------------------|--|
| TRÁFEGO MUITO LEVE | Sem transbordamento sobre a guia. O escoamento pode atingir até a crista da rua |
| TRÁFEGO LEVE | Sem transbordamento sobre a guia. O escoamento deve preservar, pelo menos, uma faixa de trânsito livre |
| TRÁFEGO PESADO | Sem transbordamento sobre a guia. O escoamento deve conservar, pelo menos, uma faixa de trânsito livre em cada direção |
| TRÁFEGO MUITO PESADO | Nenhuma inundação é permitida em qualquer faixa de trânsito |
| VIELA SANITÁRIA | O escoamento pode ocupar toda a extensão da viela. A profundidade e a velocidade de escoamento não devem ocasionar risco de vida aos pedestres |

O sistema de galerias deverá iniciar-se no ponto onde é atingida a capacidade admissível de escoamento na rua, e deverá ser projetado com base na chuva inicial de projeto.

3.3.3. **Capacidade de engolimento das bocas coletora**

A capacidade de engolimento das bocas coletoras pode ser definida através das seguintes equações, considerando bocas coletoras com cantoneira e grelha.

$$Q_{grelha} = 1,655 \times P \times \sqrt{y^3}$$

$$Q_{cantoneira} = 1,703 \times L \times \sqrt{y^3}$$

Onde:

y = Altura da lâmina d'água (m)

P = Semi perímetro da caixa coletora (m)

L = Comprimento da abertura da cantoneira (m)

Obs.: Para utilização da equação da vazão de captação da cantoneira a altura da lâmina d'água (y) não pode ser superior a 12,00 cm.

3.3.4. **Ramal de ligação das bocas coletoras**

Os ramais de ligação das bocas coletoras à rede de drenagem foram verificados para duas situações:

- Conduto livre – Equação de manning

$$Q = \frac{S \times Rh^{\frac{2}{3}} \times i^{0,5}}{n} \text{ ou } i = \left(\frac{Q \times n}{S \times Rh^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

Onde:

Q = Vazão (m³/s);

S = Área da seção molhada (m²);

Rh = Raio hidráulico (m);

i = Declividade da rede (m/m);

n = Coeficiente de rugosidade média de manning.

- Conduto com entrada submersa e saída submersa

Considerou as perdas de carga da entrada, da saída e da declividade do tubo multiplicada pelo comprimento.

Através das equações para perdas localizadas e manning considerando conduto com seção plena é possível montar a seguinte equação:

$$h_l = \left(\frac{0,0826 \times Q^2}{D^4} \right) \times (K_e + K_s) + \left(\frac{Q^2 \times n^2}{0,093} \times D^{\frac{16}{3}} \right) \times L$$

Aplicando o teorema de Bernouilli na entrada e saída do conduto podemos montar a seguinte equação:

$$i = \frac{h_l - h_1 + h_2}{L}$$

Onde:

Q = Vazão (m³/s);

i = Declividade da rede (m/m);

n = Coeficiente de rugosidade média de manning;

D = Diâmetro da rede (m);

h_l = Perdas de cargas totais (m);

h_1 = Cota da geratriz inferior do tubo na entrada (m);

h_2 = Cota da geratriz inferior do tubo na saída (m);

K_e e K_s = Coeficientes de perda de cargas localizadas (Adotados $K_e = 0,5$ e $K_s = 1,0$).

Adotou-se no projeto declividade mínima dos ramais de ligação de 2,0%. As equações apresentadas acima apresentam a declividade mínima necessária para atendimento as duas possíveis situações de condução nos ramais de ligação. Adotou-se no projeto sempre o pior caso calculado.

3.3.5. **Rede principal**

As redes tubulares foram calculadas através da equação de manning

$$Q = \frac{S \times Rh^{\frac{2}{3}} \times i^{0,5}}{n} \text{ ou } i = \left(\frac{Q \times n}{S \times Rh^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

Onde:

Q = Vazão de projeto (m^3/s);

S = Área da seção molhada (m^2);

Rh = Raio hidráulico (m);

i = Declividade da rede (m/m);

n = Coeficiente de rugosidade média de manning.

Para rede tubular considerou lâmina máxima aproximada de até 75% do DN da tubulação, limitando a velocidade no intervalo de 1,00 a 6,00m/s, conforme a instrução técnica para elaboração de estudos e projetos de drenagem urbana do município de Montes Claros.

3.4. **DADOS DO PROJETO**

Intensidade da Chuva

Tempo de retorno: 10 anos

Coeficientes de Bocaiúva MG:

$k = 1931,795$

$a = 0,189$

$b = 24,667$

$c = 0,849$

Características das Sarjetas e Arruamento

Declividade transversal do arruamento: 3%

Declividade transversal da sarjeta: 15%

Comprimento da sarjeta: 0,50 m

Altura do meio fio: 0,18 m

Características das Bocas Coletoras

| | | |
|-------------------------------------|---------|-----------|
| Boca de lobo simples tipo B (BLSB): | P= 1,44 | L= 0,90 m |
|-------------------------------------|---------|-----------|

| | | |
|-----------------------------------|---------|----------|
| Boca de lobo dupla tipo B (BLDB): | P= 2,43 | L=1,80 m |
|-----------------------------------|---------|----------|

Coeficiente de Rugosidade de Manning (n)

Vias públicas: 0,017

Tubos em concreto: 0,013

Características da Rede Coletora

Profundidade mínima do PV: 1,60 m

Vazão mínima da cálculo: 0,005 m³/s

Declividade mínima adotada: 0,005 m/m

Coeficiente metcalf e eddy para cálculo do diâmetro: $K' = 0,284$

3.5. PLANILHAS DE DIMENSIONAMENTO

3.5.1. *Dimensionamento de sarjetas*

Abaixo seguem planilhas de dimensionamento das sarjetas previstas para a drenagem.

| DADOS BÁSICOS | | | | | | | | ESCOAMENTO NA RUA | | | | |
|---------------|----|------|------------------------------|--------------|-----------|----------|------|------------------------------------|------------------------------|---------|---------|-------|
| TRECHO | BL | TIPO | PV OU CX DE LANÇAMENTO | ÁREA (ha) | TcS (min) | I (mm/h) | C | VAZÃO CONC. (m ³ /s) | VAZÃO (m ³ /s) | i (m/m) | z (m/m) | Y (m) |
| 1 | 1 | BLDB | 2 | 0,69 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,000 | 0,268 | 0,016 | 6,667 | 0,175 |
| 2 | 2 | BLDB | 2 | 0,29 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,000 | 0,113 | 0,016 | 6,667 | 0,140 |
| 3 | 3 | BLDB | 6 | 0,43 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,000 | 0,167 | 0,013 | 6,667 | 0,158 |
| 4 | 4 | BLDB | 6 | 0,27 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,000 | 0,105 | 0,013 | 6,667 | 0,141 |
| 5 | 5 | BLDB | 7 | 0,74 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,000 | 0,287 | 0,023 | 6,667 | 0,170 |
| 6 | 6 | BLDB | 7 | 0,82 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,000 | 0,319 | 0,030 | 6,667 | 0,169 |
| 7 | 7 | BLDB | 9 | 0,75 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,000 | 0,291 | 0,046 | 6,667 | 0,156 |
| 8 | 8 | BLDB | 9 | 0,12 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,000 | 0,047 | 0,046 | 6,667 | 0,098 |
| 9 | 9 | BLSB | 9 | 0,28 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,000 | 0,109 | 0,010 | 6,667 | 0,147 |
| 10 | 10 | BLSB | 9 | 0,32 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,000 | 0,124 | 0,012 | 6,667 | 0,148 |

3.5.2. *Dimensionamento das bocas coletoras*

Abaixo seguem planilhas de dimensionamento das sarjetas e bocas coletoras previstas para a drenagem.

| DADOS BÁSICOS | | | | | | | | CAPACIDADE DA BOCA DE LOBO | | |
|---------------|----|------|------------------------------|--------------|-----------|----------|------|---------------------------------|--|--|
| TRECHO | BL | TIPO | PV OU CX DE LANÇAMENTO | ÁREA (ha) | TcS (min) | I (mm/h) | C | Q GRELHA (m ³ /s) | Q CANTONEIRA (m ³ /s) | CAPACIDADE TOTAL (m ³ /s) |
| 1 | 1 | BLDB | 2 | 0,69 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,294 | 0,224 | 0,519 |
| 2 | 2 | BLDB | 2 | 0,29 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,211 | 0,161 | 0,371 |
| 3 | 3 | BLDB | 6 | 0,43 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,253 | 0,193 | 0,445 |
| 4 | 4 | BLDB | 6 | 0,27 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,213 | 0,162 | 0,375 |
| 5 | 5 | BLDB | 7 | 0,74 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,282 | 0,215 | 0,497 |
| 6 | 6 | BLDB | 7 | 0,82 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,279 | 0,213 | 0,492 |
| 7 | 7 | BLDB | 9 | 0,75 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,248 | 0,189 | 0,437 |
| 8 | 8 | BLDB | 9 | 0,12 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,123 | 0,094 | 0,217 |
| 9 | 9 | BLSB | 9 | 0,28 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,134 | 0,086 | 0,221 |
| 10 | 10 | BLSB | 9 | 0,32 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,136 | 0,087 | 0,223 |

3.5.3. Dimensionamento dos ramais de ligação

Abaixo seguem planilhas de dimensionamento dos ramais de ligação entre bocas coletoras, caixas de passagem e poços de visita.

| DADOS BÁSICOS | | | | | | | | RAMAL DE LIGAÇÃO DA BOCA DE LOBO | | | | | | | | |
|---------------|----|------|------------------------------|--------------|-----------|----------|------|---|---------------------------------------|-----------------|--------------|---------------|-----------------|------------|------------|----------------------------|
| TRECHO | BL | TIPO | PV OU CX DE LANÇAMENTO | ÁREA (ha) | TcS (min) | I (mm/h) | C | VAZÃO CONCENTRADA (m ³ /s) | VAZÃO TOTAL (m ³ /s) | COTA TERRENO | PROF. (m) | COTA FUNDO | EXTENSÃO (m) | DN (mm) | i (m/m) | COTA SOLEIRA JUSANTE |
| 1 | 1 | BLDB | 2 | 0,69 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,000 | 0,268 | 691,590 | 1,400 | 690,190 | 10,00 | 400 | 0,032 | 689,870 |
| 2 | 2 | BLDB | 2 | 0,29 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,000 | 0,113 | 691,670 | 1,400 | 690,270 | 9,50 | 400 | 0,042 | 689,870 |
| 3 | 3 | BLDB | 6 | 0,43 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,000 | 0,167 | 685,200 | 1,400 | 683,800 | 9,10 | 400 | 0,088 | 683,000 |
| 4 | 4 | BLDB | 6 | 0,27 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,000 | 0,105 | 685,230 | 1,400 | 683,830 | 9,40 | 400 | 0,088 | 683,000 |
| 5 | 5 | BLDB | 7 | 0,74 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,000 | 0,287 | 684,160 | 1,400 | 682,760 | 7,40 | 400 | 0,061 | 682,308 |
| 6 | 6 | BLDB | 7 | 0,82 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,000 | 0,319 | 683,950 | 1,400 | 682,550 | 8,30 | 400 | 0,029 | 682,308 |
| 7 | 7 | BLDB | 9 | 0,75 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,047 | 0,338 | 681,460 | 1,400 | 680,060 | 5,25 | 400 | 0,068 | 679,702 |
| 8 | 8 | BLDB | 9 | 0,12 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,000 | 0,047 | 681,460 | 1,300 | 680,160 | 4,05 | 400 | 0,025 | 680,060 |
| 9 | 9 | BLSB | 9 | 0,28 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,124 | 0,233 | 681,260 | 1,400 | 679,860 | 4,40 | 400 | 0,036 | 679,702 |
| 10 | 10 | BLSB | 9 | 0,32 | 10,00 | 147,09 | 0,95 | 0,000 | 0,124 | 681,240 | 1,250 | 679,990 | 4,05 | 400 | 0,032 | 679,860 |

3.5.4. Dimensionamento da rede principal

Abaixo seguem planilhas com o dimensionamento da rede principal da drenagem projetada.

| DIMENSIONAMENTO REDE PRINCIPAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------|-------------|--------|-------|--------------|--------|------|----------|-----------|-------|-------|------|-------|----------|-------|-------|------------------|--------|-------------------|------|--------------------|------|---------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-----|------|----|---|---|-----|---|----|---|-------|
| ELEMENTOS PRIMÁRIOS | | | | | | C | ECA | ECA CON. | ECA ACUM. | TcS | TcT | Tc | I | Q (m³/s) | | | COTA COLETOR (m) | | PROF. DA REDE (m) | | PROF. DO PV/CP (m) | | DEG JUS | DECL. | DIAM. | DIAM. | K' | θ | y | y/D | S | Rh | v | | | | | | | | | | | | |
| COLET. | TRECHO | POÇO VISITA | | COMP. | COTA TERRENO | | | | | | | | | CAL. | CONC. | Σ Q | MONT. | JUS. | MONT. | JUS. | MONT. | JUS. | | | | | | | | | | | | (m) | (m/m) | (m) | (mm) | K' | θ | y | y/D | S | Rh | v | |
| | | MONT. | JUS. | | (m) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | MONT. |
| 1 | 1 | PV 1 | PV 2 | 64,85 | 692,70 | 691,27 | 0,95 | 0,000 | 0,190 | 0,190 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 196,36 | 0,104 | 0,000 | 0,104 | 691,00 | 689,67 | 1,70 | 1,60 | 1,70 | 1,60 | 0,00 | 0,021 | 0,279 | 600 | 0,037 | 1,985 | 0,136 | 22,660 | 0,048 | 0,081 | 2,155 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | PV 2 | CXR 3 | 19,85 | 691,27 | 690,37 | 0,95 | 0,931 | 0,000 | 1,121 | 10,00 | 0,50 | 10,00 | 147,09 | 0,458 | 0,000 | 0,458 | 689,67 | 688,77 | 1,60 | 1,60 | 1,60 | 2,30 | 0,70 | 0,045 | 0,419 | 600 | 0,109 | 2,750 | 0,242 | 40,270 | 0,107 | 0,129 | 4,298 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 3 | CXR 3 | PV 4 | 57,30 | 690,37 | 685,76 | 0,95 | 0,000 | 0,000 | 1,121 | 0,00 | 0,08 | 10,08 | 146,81 | 0,457 | 0,000 | 0,457 | 688,07 | 684,16 | 2,30 | 1,60 | 2,30 | 1,60 | 0,00 | 0,068 | 0,388 | 600 | 0,089 | 2,584 | 0,217 | 36,241 | 0,092 | 0,119 | 4,944 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 4 | PV 4 | PV 5 | 70,00 | 685,76 | 684,89 | 0,95 | 0,000 | 0,000 | 1,121 | 0,00 | 0,19 | 10,27 | 146,12 | 0,455 | 0,000 | 0,455 | 684,16 | 683,29 | 1,60 | 1,60 | 1,60 | 1,60 | 0,00 | 0,012 | 0,533 | 600 | 0,207 | 3,516 | 0,356 | 59,300 | 0,175 | 0,166 | 2,605 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 5 | PV 5 | PV 6 | 40,85 | 684,89 | 684,86 | 0,95 | 0,000 | 0,000 | 1,121 | 0,00 | 0,45 | 10,72 | 144,55 | 0,450 | 0,000 | 0,450 | 683,29 | 682,80 | 1,60 | 2,06 | 1,60 | 2,06 | 0,00 | 0,012 | 0,534 | 600 | 0,209 | 3,527 | 0,357 | 59,568 | 0,176 | 0,166 | 2,563 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 6 | PV 6 | PV 7 | 26,60 | 684,86 | 684,01 | 0,95 | 0,665 | 0,000 | 1,786 | 10,00 | 0,27 | 10,98 | 143,63 | 0,713 | 0,000 | 0,713 | 682,80 | 682,11 | 2,06 | 1,90 | 2,06 | 2,10 | 0,20 | 0,026 | 0,549 | 600 | 0,224 | 3,649 | 0,375 | 62,558 | 0,186 | 0,170 | 3,829 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 7 | PV 7 | PV 8 | 47,25 | 684,01 | 684,31 | 0,95 | 1,482 | 0,000 | 3,268 | 10,00 | 0,12 | 11,10 | 143,24 | 1,300 | 0,000 | 1,300 | 681,91 | 681,34 | 2,10 | 2,97 | 2,10 | 2,97 | 0,00 | 0,012 | 0,796 | 800 | 0,280 | 4,116 | 0,587 | 73,418 | 0,396 | 0,240 | 3,288 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 8 | PV 8 | PV 9 | 46,35 | 684,31 | 681,32 | 0,95 | 0,000 | 0,000 | 3,268 | 0,00 | 0,24 | 11,34 | 142,43 | 1,293 | 0,000 | 1,293 | 681,34 | 679,30 | 2,97 | 2,02 | 2,97 | 2,02 | 0,00 | 0,044 | 0,622 | 800 | 0,145 | 3,030 | 0,378 | 47,207 | 0,233 | 0,193 | 5,538 | | | | | | | | | | | |
| 1 | 9 | PV 9 | LAN .1 | 8,00 | 681,32 | 680,94 | 0,95 | 1,397 | 0,000 | 4,665 | 10,00 | 0,14 | 11,48 | 141,96 | 1,839 | 0,000 | 1,839 | 679,30 | 678,94 | 2,02 | 2,00 | 2,02 | 2,00 | 0,00 | 0,045 | 0,707 | 800 | 0,204 | 3,494 | 0,470 | 58,763 | 0,307 | 0,220 | 5,989 | | | | | | | | | | | |

3.6. DIMENSIONAMENTO DA CAIXA DE RETENÇÃO DE CHEIAS

3.6.1. Parâmetros de Projeto

O projeto prevê a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e passeios, dos blocos de edificação com área impermeabilizada, com os seguintes objetivos:

- Reduzir a velocidade de escoamento de águas pluviais para as bacias hidrográficas em áreas urbanas com alto coeficiente de impermeabilização do solo e dificuldade de drenagem;
- Controlar a ocorrência de inundações, amortecer e minimizar os problemas das vazões de cheias e, conseqüentemente, a extensão dos prejuízos.

Conforme Portaria/INFRAESTRUTURA do Município de Montes Claros, nº1, de 20/02/2018 a capacidade de acumulação do reservatório deverá ser o suficiente para o volume decorrente de uma chuva com período de retorno – TR 10 anos, com tempo de duração de 10 minutos. Assim o cálculo da intensidade de precipitação foi realizado com base nessas premissas.

Para dimensionamento do volume de retenção necessário utilizou-se a equação disponibilizada na lei nº 12.526, de 02/01/2007 (lei das piscininhas) do estado de São Paulo, adequada para a intensidade de precipitação local.

Onde:

$$V=0,15 \times A_i \times IP \times t$$

V = Volume da caixa em metros cúbicos;

A_i = Área impermeabilizada em metros quadrados;

IP = Índice pluviométrico em m/h;

t = Tempo de duração da chuva igual a 10 (dez) minutos.

O índice pluviométrico foi determinado pela relação entre a intensidade, duração e frequência. Definido pela equação descrita no item 3.2.3.

Assim, considerando uma área que fará contribuição a rede ficou igual a:

$$A = 5.000,00 \text{ m}^2$$

Logo, o volume de retenção foi calculado:

$$V = 0,15 \times 5.000,00 \times 0,14709 \times 0,167$$

$$V = 18,39\text{m}^3$$

Sugere-se um reservatório com as seguintes dimensões 4,00 x 3,00 x 1,50, assim o volume será **18,00 m³**.



Figura 7 – Demonstração gráfica da caixa de retenção.
Fonte: Própria.

4. ESPECIFICAÇÃO PARTICULAR DE SERVIÇO E OBRA

4.1. Demolições

Antes de qualquer obra, em ruas ou passeios pavimentados, o responsável pelo serviço deverá tomar conhecimento prévio da natureza das obras a executar, de modo a providenciar o necessário para a recomposição dos mesmos;

A demolição do pavimento será efetuada por processos mecânicos (martelete pneumático ou serra circular), quando asfalto ou concreto, e manual para os demais casos.

O material proveniente da demolição será imediatamente removido para local aprovado pela fiscalização e pela Prefeitura, se não puder ser reaproveitado, ou, devidamente armazenado, se ainda útil na recomposição do pavimento.

4.2. Desmatamento, destocamento e limpeza

Sempre que as condições locais exigirem, os trabalhos relativos à implantação geral da obra deverão ser precedidos pela limpeza do terreno, isto é, pela execução dos serviços de roçada e capina, remoção de terra ou entulho depositado, remoção ou transplante de árvores, plantas ornamentais e outros.

Os serviços de desmatamento destocamento e limpeza objetivam a remoção das obstruções naturais ou artificiais, tais como árvores, arbustos, tocos, gramíneas, raízes, entulhos, matacões, estruturas e outras, das áreas destinadas à implantação das vias e naquelas correspondentes aos empréstimos. Durante a execução deverá assegurar, às suas expensas, a proteção e a conservação de todas as referências topográficas, bem como, efetuar a relocação do eixo ou o avivamento de outros elementos que se fizerem necessários.

As operações de desmatamento, destocamento e limpeza serão executadas mediante a utilização de equipamentos adequados, complementada com o emprego de ferramentas manuais. O equipamento será escolhido e dimensionado tendo em vista a densidade e tipo de vegetação local, bem como os prazos exigidos para a execução da obra.

Poderão ser usados tratores com lâmina, escarificador e outros implementos apropriados; motoniveladoras e pás carregadeiras com caçambas e implementos especiais para carga de entulhos oriundos do desmatamento.

4.3. Escavação de valas

Em função das características do material, profundidade da escavação ou condições específicas de projeto, poderão ser utilizados na execução de serviço, equipamentos tais como:

- ferramentas manuais;
- retroescavadeiras;
- escavadeiras sobre esteira ou pneus;
- draga de arraste;
- equipamentos e ferramentas a ar comprimido;
- outras ferramentas ou equipamentos, desde que aprovados pela Fiscalização.

Os serviços de escavação de valas obedecerão ao disposto nesta especificação, quanto à execução, tipos de materiais escavados, esgotamento, escoramento e reaterro.

A execução dos serviços cobertos por esta especificação deverá atender às exigências da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

A demarcação e acompanhamento dos serviços a executar devem ser efetuados por equipe de topografia.

Antes de se iniciar os serviços de escavação deverá solicitar aos órgãos concessionários de serviços públicos, cadastros de redes subterrâneas de água, esgoto, energia elétrica, telefonia, transmissão de dados e sinalização de tráfego, a fim de que sejam compatibilizadas possíveis interferências identificadas no cadastramento apresentado, visando evitar danos a estas instalações.

As valas escavadas serão protegidas contra infiltração de águas pluviais, com objetivo de evitar retrabalho para remover sedimentos de erosões e desbarrancamentos inerentes às ações das chuvas.

Eventuais esgotamentos de águas nascentes no fundo das escavações das valas poderão ser drenados por bombeamento, constatada a impossibilidade para drenagem através do ponto de lançamento da rede.

A execução dos serviços deve ser protegida e sinalizada contra riscos de acidentes, conforme normas aplicáveis.

Atenção especial deve ser dada às valas em proximidade de obras já existentes, acompanhando as diversas etapas de execução, para que seja possível adotar, quando necessário, as medidas cabíveis de proteção.

Antes do início da escavação, deverá ser promovida a limpeza da área, retirando entulhos, tocos, raízes, etc.

A escavação deve ser feita mecanicamente, sempre com o uso de equipamentos adequados.

Dependendo da localização da obra a ser executada, a escavação poderá ser feito manualmente, porém, apenas depois de constatada a impossibilidade do uso de máquinas. Quando executadas mecanicamente, o acerto do fundo da vala deve ser preferencialmente manual.

As valas deverão ser abertas preferencialmente no sentido de jusante para montante, a partir dos pontos de lançamento ou de pontos, onde seja viável o seu esgotamento por gravidade, caso ocorra presença de água durante a escavação.

Para assentamento de tubos, a largura da vala deve obedecer ao quadro adiante:

| DIÂMETRO (mm) | LARGURA (m) |
|---------------|-------------|
| 400 | 0,80 |

| | |
|-------|------|
| 500 | 0,80 |
| 600 | 1,00 |
| 700 | 1,10 |
| 800 | 1,30 |
| 900 | 1,40 |
| 1.000 | 1,60 |
| 1.100 | 1,70 |
| 1.200 | 1,90 |
| 1.300 | 2,00 |
| 1.500 | 2,40 |

As valas para os poços de visitas terão dimensões internas livres, no mínimo, igual à medida externa da câmara ou balão acrescida de 60 cm.

Durante a execução das escavações das valas, estas deverão ser inspecionadas verificando se a existência de solos com características e natureza tais que, comparadas com as exigências de projeto, necessitem ser removidos ou substituídos.

O fundo das valas, antes do assentamento da obra, deverá ser regularizado, compactado e nivelado nas elevações indicadas em projeto, com uma tolerância de ± 1 cm.

Qualquer excesso de escavação ou depressão no fundo da vala, deve ser preenchida com material granular fino compactado.

O material escavado será depositado, sempre que possível, de um só lado da vala, afastado de 1 m da borda da escavação. Em casos especiais, poderá ser feita a retirada total ou parcial do material escavado.

Os taludes das escavações de profundidade, quando realizados na vertical, devem ser escorados com peças de madeira ou perfis metálicos, assegurando estabilidade de acordo com a natureza do solo, conforme determinação da norma NR-18 de Segurança do Trabalho.

O talude de escavação, com profundidade até 1,50 m, quando não escorado, deverá ter sua estabilidade assegurada com as paredes da vala rampada.

4.4. Apiloamento e Compactação

O apiloamento do fundo das cavas deverá ser feito através de soquete e umedecimento do terreno, se necessário. A compactação será feita em camadas umedecidas.

4.5. Demolição de pavimento

Antes de qualquer obra em ruas pavimentadas ou em passeios, o responsável pelo serviço deverá tomar conhecimento prévio da natureza das obras a executar, de modo a providenciar o necessário para a recomposição dos pavimentos.

A demolição do pavimento será efetuada de acordo com a natureza dos pavimentos existentes; por processos mecânicos (martelete pneumático), quando asfalto ou concreto, ou manual para os demais casos.

O material proveniente da demolição será removido do local, se não puder ser reaproveitado ou devidamente armazenado, se ainda útil na recomposição do pavimento.

A largura de demolição do pavimento será:

- a) asfalto = largura da vala + 10 cm;
- b) poliedro = largura da vala + 15 cm;
- c) passeios cimentados = largura da vala.

4.6. Escoramento

Devem ser escoradas, quando houver perigo de desmoronamento ou em escavações com profundidade superior a 1,25 m, as paredes das valas, bem como muros, redes de abastecimento, tubulações, e de um modo geral, todas as estruturas que possam ser afetadas pelas escavações.

Deverá ser usado escoramento contínuo ou blindado nos casos em que o terreno não apresentar estabilidade suficiente tais como argila mole, solos arenosos e/ou na presença de água.

Os materiais usados devem ser isentos de trincas, falhas ou nós, para não comprometer a resistência aos esforços que irão suportar.

4.7. Locação de redes

Compreende a locação de rede com elaboração de notas de serviço, locação de faixa definida em projeto, onde serão construídas as unidades previstas para a obra, de acordo com as cotas de projeto e plantas de locação correspondentes.

4.8. Assentamento de tubulações

Os serviços de assentamento de tubulações envolvem:

- A marcação da área de escavação e de demais pontos notáveis da rede;
- A pesquisa das interferências existentes e situadas ao longo da mesma;
- O transporte, manuseio interno, do canteiro até o local de assentamento das tubulações;
- Limpeza prévia dos tubos e conexões;
- Descida à vala de assentamento propriamente dita, diretamente sobre o fundo da vala ou berço (quando necessário), incluindo o posicionamento, alinhamento, nivelamento, apoios, travamento e fixação das juntas de acordo com o tipo de material;
- Inclui, quando for o caso, a execução dos testes de alinhamento da tubulação e estanqueidade das juntas.

O assentamento da tubulação deverá seguir paralelamente à abertura da vala, de jusante para montante, com a bolsa voltada para montante. Sempre que o trabalho for interrompido, o último tubo assentado deverá ser tamponado, a fim de evitar a entrada de elementos estranhos. Nas valas inundadas pelas enxurradas, finda as chuvas e esgotadas as valas, os tubos já assentados deverão ser limpos internamente.

A descida dos tubos na vala deverá ser feita cuidadosamente, manualmente ou com auxílio de equipamentos mecânicos. Os tubos devem estar limpos internamente e sem defeitos, não podendo ser assentadas as peças trincadas. Cuidado especial deve ser tomado principalmente com as bolsas e pontas dos tubos, contra possíveis danos na utilização de cabos e/ou tesouras.

O fundo da vala deve ser regular e uniforme, obedecendo à declividade prevista em projeto e isento de saliências e reentrâncias. As eventuais reentrâncias devem ser preenchidas com material adequado, convenientemente compactado, de modo a se obter as mesmas condições de suporte do fundo da normal.

As tubulações com junta elástica (todos os diâmetros) deverão ser assentadas em camada de regularização e apoio de 20 cm de areia regular, hidraulicamente compactada.

As tubulações com junta rígida (todos os diâmetros) deverão ser assentadas sobre laje de concreto simples ou armada executada sobre fundação de lastro de brita 3 ou 4 ou cascalho grosso ou embasamento com pedra de mão com espessura máxima de 1,00 m ou estacas com diâmetro mínimo de 0,20 m e comprimento mínimo de 2,0 m.

4.9. Reaterro de valas

Na execução do reaterro, deverá ser considerada a proteção inicial da tubulação.

Materiais para reaterro de valas:

Os materiais para o reaterro devem apresentar as seguintes características:

Ausência de pedras, de vegetação e de corpos com diâmetro superior a 3 cm;

Baixa compressibilidade (pequena diminuição de volume dos solos sob a ação de cargas);

Baixa sensibilidade à ação da água;

Boa capacidade de suporte.

Na execução do reaterro, será utilizado, preferencialmente, o próprio material da escavação. Excepcionalmente, serão aceitos materiais granulares (não coesivos) após a proteção inicial da tubulação, tais como:

- Pedregulho natural arenoso;
- Areia, cascalho rolado;
- Brita de boa qualidade;
- Escórias siderúrgicas de alto forno de granulação adequada;
- Finos de minério de ferro, etc.

4.10. Enchimento de Valas

Devem ser observados os seguintes procedimentos de enchimento de valas, para tubos em geral:

- Iniciar o aterro logo que possível, com o cuidado necessário para não haver deslocamento lateral da tubulação e esforços adicionais na tubulação.
- Homogeneização do material com separação e retirada de pedras, torrões e outros materiais estranhos, determinação expedita da umidade do solo para verificação da necessidade de aerá-lo ou umidecê-lo, a fim de obter-se a umidade ótima de compactação.

- Colocar o material, alternadamente, nos lados da tubulação, em camadas que podem variar de 5 cm até o máximo de 10 cm.
- Até 20 cm acima da geratriz superior da tubulação, deve ser usado equipamento manual, em camadas sucessivas de até 10 cm de altura.
- Usar um pequeno soquete para a compactação do aterro, de modo a não atingir a tubulação. Não permitir o tráfego de pessoas sobre a tubulação antes de completar-se uma altura de 20 cm de aterro acima da geratriz superior do tubo.
- Tomar todas as precauções para não danificar as juntas e as tubulações.
- O reaterro será executado em camadas sucessivas, de altura máxima igual àquela que o equipamento utilizado possa compactar, não podendo exceder a 20 cm.
- A reconstituição do corpo do reaterro atingirá a cota da base do pavimento a reconstruir.

4.11. Adensamento

Permite-se o uso da água para a consolidação de reaterros somente no caso de material granulado (areia e cascalho rolado).

A quantidade de água será a suficiente para preencher os vazios do solo, evitando-se que a água em excesso venha a escorrer, a fim de impedir a alteração das condições de suporte do solo subjacente aos tubos.

Opcionalmente, poderão ser utilizados equipamentos vibratórios, complementarmente ao procedimento de reaterro.

4.12. Compactação

A compactação do aterro pode ser feita por:

- Equipamentos manuais;
- Equipamentos mecânicos.

A compactação manual é realizada com o soquete manual somente para a primeira camada.

No aterro, a partir da segunda camada, é obrigatória a compactação mecânica, que pode ser feita por pressão ou por impacto.

A compactação mecânica deve ser iniciada no centro da vala e em direção às laterais, a fim de que o material seja comprimido contra o talude da vala (local de mais difícil compactação).

A aparelhagem para a compactação mecânica do aterro será constituída por equipamentos vibratórios ou por equipamentos de ação dinâmica.

Os equipamentos vibratórios são recomendados para solos granulares pouco coesivos, tais como: areia, pedra britada, escória, minério pouco plástico, cascalho arenoso, saibro áspero, etc.

Os equipamentos de ação dinâmica são recomendados para solos finos mais coesivos (silte), ou para solos granulares com matriz coesiva (cascalhos siltoargilosos, minérios plásticos, etc).

O grau de compactação será, no mínimo, de 97% do Proctor Normal para pistas e 95% do Proctor Normal para os demais casos.

4.13. Transporte de material inclusive descarga

Quando o material escavado não for tecnicamente adequado para o reenchimento das valas, deve ser considerado como excedente, devendo ser transportado e depositado no local designado como bota-fora.

O material excedente da escavação deve ser removido do local e seu volume ser calculado pela diferença entre o material escavado e o reaterro.

O caminho de percurso, tanto no caso de cortes, como de empréstimos e jazidas, deverá ser mantido em condições de permitir velocidade adequada ao equipamento transportador, boa visibilidade e possibilidade de cruzamento. Especialmente para o caso de empréstimos ou jazidas, os caminhos de percurso deverão ser, sempre que necessário, umedecidos para evitar o excesso de poeira, e devidamente drenados, para que não surjam atoleiros ou trechos escorregadios.

O material deverá estar distribuído na báscula do caminhão, de modo a não haver derramamento pelas bordas laterais ou traseira, durante o transporte.

Quando se tratar de material proveniente de demolições, este deverá ser distribuído na báscula, de maneira que permita o cálculo do volume transportado em cada viagem.

A descarga do material será feita nas áreas e locais indicados pela Prefeitura, na constituição dos aterros, nos locais de bota-fora ou depósito para futura utilização e na pista para confecção das diversas camadas do pavimento.

4.14. Controle tecnológico

A recomposição das valas deverá obter índice de compactação igual ou superior a 97% do Proctor Normal, mediante o uso de equipamentos adequados para a obtenção do grau de compactação esperado sem, contudo, causar danos à tubulação. A confirmação da obtenção do grau de compactação especificado será feita mediante apresentação de relatório de ensaio. Também deverão ser levadas em conta as orientações dos fabricantes dos materiais especificados pelo projeto para as diferentes tubulações,

quanto ao tipo de solo recomendado para a camada da envoltória da mesma. Em qualquer situação, o material a ser utilizado na recomposição das valas deverá ser sempre isento de pedras e outros materiais que possam comprometer a obtenção do grau de compactação especificado e/ou causar danos a estrutura da tubulação;