

# **DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS PARA DRENAGEM URBANA**

## **MEMORIAL DE CÁLCULO DE GALERIA DE ÁGUAS PLUVIAIS**

### **1. CARACTERÍSTICAS , DADOS E CRITÉRIOS DE PROJETO**

#### **1.1. INTRODUÇÃO**

O presente dimensionamento tem por objetivo apresentar os estudos hidrológicos e o resultado do dimensionamento hidráulico do sistema de drenagem projetado para parte do Jardim Santa Rita, na cidade de Espírito Santo do Pinhal - SP.

Os estudos e projetos foram elaborados tendo como subsídio levantamentos topográficos, projetos e Plano Diretor de Macro Drenagem do município, fornecidos pela Prefeitura Municipal e visitas "in loco".

#### **1.2. ESTUDOS HIDROLÓGICOS**

Os estudos hidrológicos para subsidiar a elaboração do projeto executivo do sistema de drenagem foram desenvolvidos baseados no Plano Diretor de Macro Drenagem, e para o dimensionamento das estruturas hidráulicas a serem construídas.

#### **1.3. LOCALIZAÇÃO**

As micro bacias hidrográficas contribuintes na área abrangida para o projeto localizam-se no bairro Jardim Santa Rita, dentro do perímetro Urbano da cidade de Espírito Santo do Pinhal.

Trata-se de bairro antigo, com pouca estrutura na captação de águas pluviais.

O projeto abrange primeiramente as áreas e ruas mais críticas do bairro.

#### **1.4. DADOS HIDROLÓGICOS**

Devido às pequenas dimensões das bacias hidrográficas, não foram coletados dados hidrométricos na região, que permitissem a análise estatística das vazões.

Para a avaliação dos índices pluviométricos e das vazões de projeto foram adotados os dados correspondentes à cidade de São José do Rio Pardo, conforme o Plano de Macro Drenagem do município, elaborado em 2010, associados à métodos indiretos (empíricos).

#### **1.5. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA**

A bacia apresenta uma ocupação intensa com ruas pavimentadas, residências, terrenos sem cobertura vegetal sendo uma região já bastante ocupada .

Possui alta declividade das ruas e devido a falta de rede de drenagem no bairro, algumas áreas e ruas estão danificadas e problemáticas quando ocorre chuvas intensas.

Nas áreas críticas a serem implantadas as obras, as ruas já possuem guias e sarjetas.

Para este projeto adotei os seguintes parâmetros:

#### **2. PERÍODO DE RECORRÊNCIA:**

25 anos - Para o dimensionamento das obras hidráulicas ( galerias )

#### **3. DADOS DA BACIA:**

Bacia pequena com área total de 5,36 has.

#### **4. MÉTODO PARA CÁLCULO DA VAZÃO CONTRIBUINTE**

#### 4.1. MÉTODO RACIONAL

##### 4.1.1. HIPÓTESES BÁSICAS

- A intensidade de precipitação é constante durante todo o tempo de duração da chuva;
- A impermeabilidade das superfícies permanece constante durante todo o tempo de precipitação;
- O tempo de duração da chuva é considerado igual ao tempo de concentração;
- As velocidades de escoamento nas galerias serão relatadas a seguir;

##### 4.1.2. EQUAÇÃO RACIONAL

$$Q = C \cdot I \cdot A / 360$$

C - Coeficiente de escoamento superficial RUNOFF

I - Intensidade da Chuva em mm/hora

A - Área da Bacia em hectares (1ha = 10000m<sup>2</sup>)

Q = Vazão contribuinte (m<sup>3</sup>/s)

para cálculo da Vazão contribuinte em l/s

$$Q = 166,67 \cdot C \cdot I \cdot A$$

##### 4.1.3. COEFICIENTE RUNOFF

SUPERFÍCIES	C	Porcentagens %
Pavimento asfáltico	0,9	20,00
Pavimento bloquete	0,7	10,00
Telhados	0,9	30,00
Parques, jardins, gramados	0,2	15,00
Quintais, lotes vagos etc	0,2	25,00
	<b>100,0</b>	

Coeficiente médio RUNOFF

$$C = 0,60$$

Adotei a média ponderada para o coeficiente geral na bacia

##### 4.1.4. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO NA BACIA

Utilizando a fórmula de Kirpich, temos;

$$t_c = 57 \cdot [(L^3 / H)^{0,385}] \text{ , onde:}$$

t<sub>c</sub> = Tempo de concentração da bacia ( em minutos )

L = É o comprimento máximo da bacia ( em Km )

H = É o desnível máximo da bacia ( em metros ).

No presente caso temos:

$$L = 0,202 \text{ Km,}$$

$$H = 18 \text{ metros, resultando portanto } 2,96 \text{ minutos, ou aproximadamente}$$

$$t_c = 3 \text{ min.}$$

##### 4.1.5. INTENSIDADE DE CHUVA

De acordo com o plano de Macro Drenagem para o município de Espírito Santo do Pinhal a equação de intensidade de chuva é a mesma da cidade de São José do Rio Pardo - SP:

$$i_{t,T} = (24,1997 (t+20)^{-0,8367}) + (3,9564 (t+10)^{-0,7504}) \cdot [-0,4681 - 0,8540 \ln \ln(T/T-1)]$$

i: intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T, em mm/min;

t: duração da chuva em minutos;

T: período de retorno em anos.

TEMPO DE DURAÇÃO	PERIODO DE RETORNO	
	25 anos	10 anos
MINUTOS	25 anos	10 anos
3	3,060	2,590

Desta forma considerando o tempo de duração da chuva igual ao tempo de concentração da bacia ( 3 minutos ) e período de retorno de 25 anos temos:

tempo de duração 3 minutos e período de retorno de 25 anos	183,60 mm/hora
	3,060 mm/min

## 5. CALCULO DA VAZÃO

### 5.1. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DOS COLETORES TRONCO

#### 5.1.1. Equação da Continuidade

$$Q = A \cdot V$$

Q = Vazão (m<sup>3</sup>/s)

A = Área da seção considerada (m<sup>2</sup>)

V = Velocidade de escoamento (m/s)

#### 5.1.2. Equação de Manning - Strickler

$$V = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{0,5}$$

Rh = Raio Hidráulico (m)

n = Coeficiente de Manning

S = Declividade longitudinal m/m

$$R_h = \frac{\text{Área molhada}}{\text{Perímetro Molhado}}$$

#### 5.1.3. Equação da Continuidade + Lei de Chézy + Equação de Manning - Strickler

$$Q = \frac{A_m \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{0,5}}{n}$$

Rh = Raio Hidráulico (m)

n = Coeficiente de Manning

S = Declividade longitudinal m/m

A<sub>m</sub> = Área molhada (m<sup>2</sup>)

Q = Capacidade de Vazão (m<sup>3</sup>/s)

#### 5.1.4. VELOCIDADE MÁXIMA E MÍNIMA

MAXIMA	5 m/s
MINIMA	0,03 m/s

## 5.2. CAIXAS COLETORAS ( BOCAS DE LOBO )

As caixas coletoras projetadas comportam uma vazão máxima de:

C. Coletora Simples	CCS	0,08 m <sup>3</sup> /s
C. Coletora Dupla	CCD	0,16 m <sup>3</sup> /s

## 6. DIMENSIONAMENTO

### 6.1. Tabela de áreas e vazões contribuintes

BACIA	ÁREA CONTRIB. ( ha )	INTENSID DAS CHUVAS mm/hora	COEFIC. RUN-OFF	VAZÃO CONTRIB. MONTANTE ( m <sup>3</sup> /s )
1	0,63	183,60	0,60	<b>0,193</b>
2	1,20	183,60	0,60	<b>0,367</b>
3	1,11	183,60	0,60	<b>0,340</b>
4	1,26	183,60	0,60	<b>0,386</b>
5	0,80	183,60	0,60	<b>0,245</b>
6	0,36	183,60	0,60	<b>0,110</b>

TRECHO	RUA	PVs	BACIAS CONTRIB.	VAZAO CONTRIB. (m <sup>3</sup> /s)
1	Avelino Moutinho	PV1-PV2	1+2	<b>0,560</b>
3	Avelino Moutinho	PV2	1+2+3	<b>0,900</b>
5	Avelino Moutinho	PV3-PV4	4	<b>0,386</b>
6	Avelino Moutinho	PV5-PV6	4 a 5	<b>0,630</b>
7	Avelino Moutinho	PV6	4 +5+6	<b>0,741</b>

## 6.2. DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO

Iremos calcular o diâmetro da tubulação de acordo com a fórmula de Manning e usando as relações geométricas de Metcalf&Eddy, 1987. Assim, temos:

$$D = [(Q \cdot n) / (K' \cdot S^{1/2})]^{3/8}$$

D= diâmetro da tubulação (m)

n= rugosidade de Manning (adimensional)

Q= vazão (m<sup>3</sup>/s)

S= declividade (m/m)

K= Coeficiente adimensional, segundo a tabela abaixo:

K' = 0,246 para y/D= 0,67 (norma da ABNT de instalações prediais pluviais)

K' = 0,305 para y/D= 0,80 ("Rede de drenagem pública"- Plinio Thomaz)

K' = 0,312 para seção plena (utilizado pela PMSP)

fonte: Curso de Manejo de Águas Pluviais

Eng.º Plinio Thomaz - Capítulo 5 - Microdrenagem

## 6.3. CÁLCULO CONSIDERANDO SEÇÃO PLENA

Para o cálculo do diâmetro considerando a seção plena da tubulação, iremos calcular segundo a equação acima, utilizando o valor do coeficiente k'=0,312. Assim, temos:

RECH	PVs	VAZÃO CONTRIB. MONTANTE ( m <sup>3</sup> /s )	COTA TERRENO MONTANTE	COTA COLETO R MONTANTE	PROFUND PV MONTANTE	COTA TERRENO JUZANTE	COTA COLETO R JUZANTE	PROFUND PV JUZANTE	DESNIVEL DO COLETO R	COMPRI MENTO ( m )	DECLI VIDAD E ( m/m )	DIAMET RO TUBO ( m )
1	PV1-PV2	0,560	836,00	<b>834,40</b>	1,60	834,80	<b>833,40</b>	<b>1,40</b>	1,00	58,09	0,017	0,55
	PV2	0,900	834,80	<b>833,40</b>								
2	PV3-PV4	0,386	833,70	<b>832,50</b>	1,20	832,50	<b>830,00</b>	<b>2,50</b>	2,50	57,55	0,04	0,40
3	PV4-PV5	0,630	832,50	<b>830,00</b>	2,50	832,90	<b>829,10</b>	<b>3,80</b>	0,90	64,94	0,01	0,60
	PV5	0,741	832,90	<b>829,10</b>	3,80							

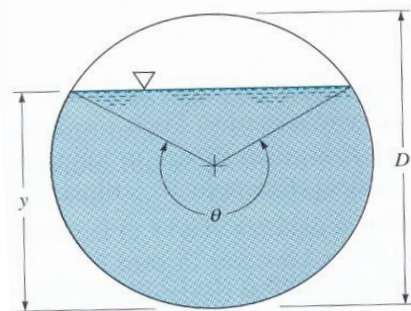
RECH	PVs	DIAMETRO TUBO ADOTADO (m)	VELOCIDADE (m/s)	VERIFIC AÇÃO
1	PV1-PV2	60	2,470298263	OK
	PV3			
2	PV4-PV5	40	2,994699492	OK
3	PV5-PV6	60	2,216487028	OK
	PV6			

**OBS:** Nota-se que há um pequeno erro, pois a seção adotada tem o diâmetro maior que a calculada, não sendo plena, podendo ser desconsiderado.

#### 6.4. CÁLCULO CONSIDERANDO SEÇÃO PARCIAL

Para o cálculo das velocidades na tubulação para seção parcial, temos que encontrar a área molhada da tubulação. Para isso, iremos calcular o ângulo interno TETA de acordo com a seguinte fórmula e com algumas relações geométricas da seção circular:

$$\text{TETA} = \text{seno TETA} + 2^{2,76} (n Q / (S^{1/2}))^{0,16} D^{-1,16} \text{TETA}^{0,14}$$



**Figura 1:** Imagem ilustrativa da tubulação e seus fatores geométricos.

Como se pode ver, a equação acima está na formula implícita, sendo impossível de se separar o ângulo central. Para solução, iremos utilizar o método de tentativa e erro. Após o cálculo de TETA, acharemos a área molhada da tubulação (m) por:

$$A_m = D^2 (\text{TETA} - \text{seno TETA}) / 8$$

**Coefficiente de manning a ser utilizado:**

$$n = 0,015$$

Para o cálculo das seções utilizadas e das velocidades na galeria, iremos utilizar a relação entre  $y/D=0,81$ , que será a maior velocidade atingida dentro da tubulação.

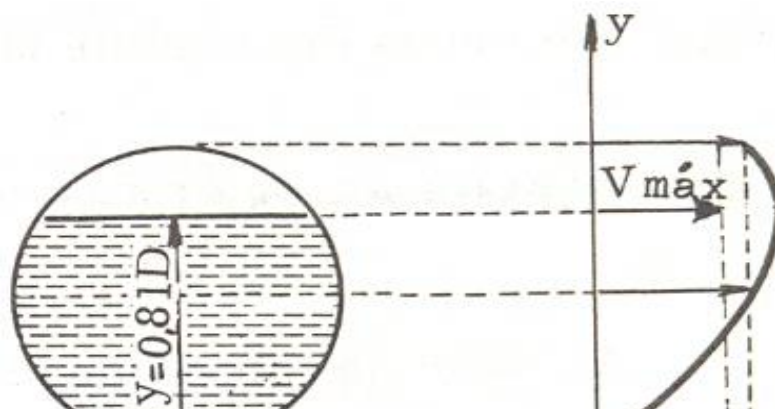




Figura 2 : Ilustração da seção da tubulação e gráfico de velocidade aproximada do escoamento.

RECH	PVs	VAZÃO CONTRIB. MONTANTE ( m3/s )	COTA TERRENO MONTANTE	COTA COLETOR MONTANTE	PROFUND PV MONTANTE	COTA TERRENO JUSANTE	COTA COLETOR JUSANTE	PROFUND PV JUSANTE	DESNIVEL DO COLETOR	COMPRI MENTO ( m )	DECLIV IDADE ( m/m )	DIAMETR O TUBO ( m )
1	PV1-PV2	0,560	836,00	<b>834,40</b>	1,60	834,80	<b>833,40</b>	<b>1,40</b>	1,00	58,09	0,017	0,56
	PV2	0,900	834,80	<b>833,40</b>								
3	PV3-PV4	0,386	833,70	<b>832,50</b>	1,20	832,50	<b>830,00</b>	<b>2,50</b>	2,50	57,55	0,04	0,41
4	PV4-PV5	0,630	832,50	<b>830,00</b>	2,50	832,90	<b>829,10</b>	<b>3,80</b>	0,90	64,94	0,01	0,61
	PV6	0,741	832,90	<b>829,10</b>								

RECH	PVs	DIAMETRO TUBO ADOTADO ( cm )	$2^{2/6}(n Q/(S^{1/2}))^{0/6} D^{-1/6}$	TETA ESTIMADO	TETA CALCULA DO	TETA ESTIMADO	TETA CALCULA DO (CORRETO)	ÁREA MOLHADA (m <sup>2</sup> )	VELOCID ADE (m/s)	VERIFI CAÇÃO
1	PV1-PV2	60	2,639	2,8000	4,3187	3,880	<b>3,866</b>	<b>0,204</b>	<b>2,748</b>	<b>OK</b>
	PV2									
2	PV3-PV4	40	3,057	1,5000	4,5930	4,600	<b>4,635</b>	<b>0,113</b>	<b>3,423</b>	<b>OK</b>
3	PV4-PV5	60	3,024	2,0000	4,8990	4,500	<b>4,541</b>	<b>0,249</b>	<b>2,53</b>	<b>OK</b>
	PV5									

## 7. VERIFICAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO E DA VELOCIDADE MÁXIMA

Verifica-se que o dimensionamento da rede está a favor da segurança, maior que 0,03 m/s e menor que 5,0 m/s, compatíveis no trecho.

## 8. CONCLUSÃO

Verifica-se nas planilhas que o dimensionamento das tubulações atendem a demanda requerida.

As ligações entre as caixas de coleta -Bocas de Lobos - e Poços de Visita serão todas com diâmetro de 40 cm.

Verifica-se ainda que no trecho da obra, a execução das galerias é de suma importância para a regularização e segurança do escoamento das águas pluviais até o corpo d'água ( córrego ).

Para fins de adequação do projeto as exigências, adotar tubulação de 600mm para as tubulações de 400mm ilustradas no projeto em anexo.













