



PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO
SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS
SUBSECRETARIA DE GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS - RIO-ÁGUAS

INSTRUÇÕES TÉCNICAS PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS E DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

(Aprovada pela Portaria O/SUB – RIO-ÁGUAS “N” nº. 004/2010)

2ª. Versão – JULHO/2019
Obs: Exclusão Chuva de Benfica

INSTRUÇÕES TÉCNICAS PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS E DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE DISPOSITIVOS DE DRENAGEM

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos

1.2 Equipe Técnica

2. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

2.1 Definição de Critérios de Projeto, Parâmetros e Coeficientes

2.1.1 Coeficiente de escoamento superficial

2.1.2 Tempo de concentração

2.1.3 Tempo de recorrência

2.1.4 Intensidade pluviométrica

2.1.5 Duração da chuva de projeto

2.1.6 Distribuição espacial da chuva

2.1.7 Desagregação temporal da chuva

2.2 Modelagem Hidrológica

2.2.1 Método Racional Modificado (Ulysses Alcântara)

2.2.2 Método do Hidrograma Unitário “U.S. Soil Conservation Service”

3. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE DISPOSITIVOS DE DRENAGEM

3.1 Critérios, Coeficientes e Parâmetros de Projeto

3.1.1 Coeficientes de rugosidade

3.1.2 Velocidades admissíveis

3.1.3 Profundidade mínima

3.1.4 Dimensões mínimas

3.2 Drenagem Urbana

3.2.1 Galerias de águas pluviais

3.2.2 Dispositivos de captação superficial

3.2.3 Canaletas em degraus

3.3 Canais Abertos

4. FAIXA NON AEDIFICANDI E FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO

5. GLOSSÁRIO

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APÊNDICE 1 – Estudo sobre recobrimentos mínimos para tubos de concreto em drenagem urbana.

APÊNDICE 2 – Critérios técnicos para o projeto de greide dos logradouros

APÊNDICE 3 – Detalhes e Desenhos

1. INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos

O presente documento tem como objetivo principal orientar, estabelecer parâmetros e diretrizes que deverão ser utilizados no dimensionamento, detalhamento e apresentação dos projetos e cadastros de obras de greide e de sistemas de micro e macrodrenagem no Município do Rio de Janeiro, buscando amparar técnica e legalmente as decisões dos projetistas e da fiscalização, segundo critérios preconizados pela Subsecretaria de Gestão de Bacias Hidrográficas (RIO-ÁGUAS).

1.2 Equipe Técnica

Subsecretário – Eng^o. Mauro Alonso Duarte
Eng^o. Alvaro Alfredo da Silva Lemos
Eng^o. Antônio Humberto Porto Gomes
Eng^o. Cláudio Rodrigues D’Almeida
Eng^a. Denise Maria Borda Gomes
Eng^o. Eugênio Henrique Gonzaga Monteiro
Eng^a. Georgiane Costa
Eng^a. Monica Santiago Montenegro
Eng^o. Paulo Cezar Marcellino Figueiredo
Eng^o. Paulo Luiz da Fonseca
Eng^o. Paulo Roberto Gomes Iannibelli
Eng^o. Reynaldo André Guerrieri de Castro
Eng^o. Sergio de Oliveira Costa
Eng^o. Wanderson José dos Santos

2 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

2.1 Definição de Critérios, Coeficientes e Parâmetros de Projeto

2.1.1 Coeficiente de escoamento superficial

No Método Racional o valor do coeficiente de escoamento superficial da bacia será determinado a partir da média ponderada dos coeficientes das áreas parciais.

Tabela 1. Coeficiente de escoamento superficial (runoff) – “C”

<i>Tipologia da área de drenagem</i>	<i>Coeficiente de escoamento superficial</i>
Áreas Comerciais	0,70 – 0,95
áreas centrais	0,70 – 0,95
áreas de bairros	0,50 – 0,70
Áreas Residenciais	
residenciais isoladas	0,35 – 0,50
unidades múltiplas, separadas	0,40 – 0,60
unidades múltiplas, conjugadas	0,60 – 0,75
áreas com lotes de 2.000 m ² ou maiores	0,30 – 0,45
áreas suburbanas	0,25 – 0,40
áreas com prédios de apartamentos	0,50 – 0,70
Áreas Industriais	
área com ocupação esparsa	0,50 – 0,80
área com ocupação densa	0,60 – 0,90
Superfícies	
asfalto	0,70 – 0,95
concreto	0,80 – 0,95
blocket	0,70 – 0,89
paralelepípedo	0,58 - 0,81
telhado	0,75 – 0,95
solo compactado	0,59 - 0,79
Áreas sem melhoramentos ou naturais	
solo arenoso, declividade baixa < 2 %	0,05 – 0,10
solo arenoso, declividade média entre 2% e 7%	0,10 – 0,15
solo arenoso, declividade alta > 7 %	0,15 – 0,20
solo argiloso, declividade baixa < 2 %	0,15 – 0,20
solo argiloso, declividade média entre 2% e 7%	0,20 – 0,25
solo argiloso, declividade alta > 7 %	0,25 – 0,30
grama, em solo arenoso, declividade baixa < 2%	0,05 - 0,10
grama, em solo arenoso, declividade média entre 2% e 7%	0,10 - 0,15
grama, em solo arenoso, declividade alta > 7%	0,15 - 0,20
grama, em solo argiloso, declividade baixa < 2%	0,13 - 0,17
grama, em solo argiloso, declividade média 2% < S < 7%	0,18 - 0,22
grama, em solo argiloso, declividade alta > 7%	0,25 - 0,35
florestas com declividade <5%	0,25 – 0,30
florestas com declividade média entre 5% e 10%	0,30 -0,35
florestas com declividade >10%	0,45 – 0,50
capoeira ou pasto com declividade <5%	0,25 – 0,30
capoeira ou pasto com declividade entre 5% e 10%	0,30 – 0,36
capoeira ou pasto com declividade > 10%	0,35 – 0,42

2.1.2 Tempo de concentração

Em projetos de microdrenagem, quando a área a montante for urbanizada ou estiver em processo de urbanização, com divisor de águas a uma distância aproximada de 60m, o tempo de concentração inicial será obtido na Tabela 2:

Tabela 2. Tempo de concentração para áreas urbanizadas

Tipologia da área a montante	Declividade da sarjeta	
	< 3%	> 3%
Áreas de construções densas	10 min.	7 min.
Áreas residenciais	12 min	10 min
Parques, jardins, campos	15 min	12 min

Para os demais casos, as parcelas do tempo de concentração poderão ser calculadas pela fórmula de George Ribeiro ou pela fórmula de Kirpich, relativas ao percurso sobre o talvegue e pela fórmula de Kerby, relativa ao percurso sobre o terreno natural; para canais, recomenda-se a adoção do Método Cinemático. O tempo de concentração adotado não deverá ser inferior a 5 minutos.

O tempo de concentração (t_c) será determinado a partir da soma de tempos distintos:

$$t_c = t_p + t_e$$

onde:

t_p = tempo de percurso – tempo de escoamento dentro da galeria ou canal, calculado pelo Método Cinemático;

t_e = tempo de entrada – tempo gasto pelas chuvas caídas nos pontos mais distantes da bacia para atingirem o primeiro ralo ou seção considerada;

O tempo de entrada (t_e) pode também ser subdividido em parcelas:

$$t_e = t_1 + t_2$$

onde:

t_1 = tempo de escoamento superficial no talvegue – tempo de escoamento das águas pelo talvegue até alcançar o primeiro ralo ou seção considerada, calculado pela equação de George Ribeiro ou pela equação de Kirpich;

t_2 = tempo de percurso sobre o terreno natural – tempo de escoamento das águas sobre o terreno natural, fora dos sulcos, até alcançar o ponto considerado do talvegue, calculado pela equação de Kerby;

- **George Ribeiro**

A equação proposta por George Ribeiro tem a seguinte forma:

$$t_1 = 16 L_1 / (1,05 - 0,2 p) (100 S_1)^{0,04}$$

onde:

t_1 = Tempo de escoamento superficial em minutos;

L_1 = Comprimento do talvegue principal, em km;

p = Porcentagem, em decimal, da área da bacia coberta de vegetação;

S_1 = Declividade média do talvegue principal.

- **Kirpich**

A equação de Kirpich é apresentada a seguir:

$$t_1 = 0,39 (L^2/S)^{0,385}$$

onde:

t_1 = Tempo de escoamento superficial, em h;

L = Comprimento do talvegue, em km;

S = Declividade média do talvegue da bacia, em km.

- **Kerby**

A equação de Kerby é adotada para calcular a parcela t_2 , relativa ao percurso no terreno natural até alcançar o talvegue:

$$t_2 = 1,44 [L_2 C_k (1/(S_2)^{0,5})]^{0,47}$$

onde:

t_2 = tempo de percurso sobre o terreno natural, em min;

L_2 = Comprimento do percurso considerado, em m;

C_k = Coeficiente determinado pela tabela 3;

S_2 = Declividade média do terreno;

Tabela 3 - Coeficiente C_k - equação de Kerby

<i>Tipo de superfície</i>	<i>Coeficiente C_k</i>
Lisa e impermeável	0,02
Terreno endurecido e desnudo	0,10
Pasto ralo, terreno cultivado em fileiras e superfície desnuda, moderadamente áspera	0,20
Pasto ou vegetação arbustiva	0,40
Mata de árvores decíduas	0,60
Mata de árvores decíduas tendo o solo recoberto por espessa camada de detritos vegetais	0,80

- **Método Cinemático**

$$t_p = 16,67 \times \Sigma (L_i/V_i)$$

onde:

t_p = Tempo de percurso, em min;

L_i = Comprimento do talvegue (trechos homogêneos), em km;

V_i = Velocidade do trecho considerado, em m/s.

A aplicação do método cinemático deve ser realizada com base na velocidade correspondente ao escoamento em regime permanente e uniforme. As velocidades poderão ser estimadas pela fórmula de Manning, adotando-se o valor de 0,50 para o raio hidráulico em canais retangulares, 0,61 para canais trapezoidais e 1/4 do diâmetro para seções circulares, conforme a seguinte equação:

$$V = R_h^{2/3} S^{1/2} \eta^{-1}$$

onde:

V = velocidade, em m/s;

R_h = raio hidráulico, em m;

S = declividade do trecho, em m/m;

η = coeficiente de rugosidade, ver item 3.1.1

2.1.3 Tempo de recorrência

O tempo de recorrência ou período de retorno a ser adotado na determinação da vazão de projeto e, conseqüentemente, no dimensionamento dos dispositivos de drenagem, deverá ser considerado em conformidade à Tabela 4:

Tabela 4 - Tempo de recorrência

<i>Tipo de dispositivo de drenagem</i>	<i>Tempo de recorrência T_r (anos)</i>
Microdrenagem - dispositivos de drenagem superficial, galerias de águas pluviais	10
Aproveitamento de rede existente - microdrenagem	5
Canais de macrodrenagem não revestidos	10
Canais de macrodrenagem revestidos, com verificação para $T_r = 50$ anos sem considerar borda livre	25

2.1.4 Intensidade pluviométrica

A intensidade pluviométrica será calculada a partir da aplicação de equações de chuvas intensas (IDF) válidas para o município do Rio de Janeiro, conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Equação de chuva IDF

$$i = \frac{a Tr^b}{(t+c)^d}$$

onde:

i = intensidade pluviométrica em mm/h;

Tr = tempo de recorrência em anos;

t = tempo de duração da precipitação em minutos.

a, b, c e d, valores dos coeficientes conforme apresentado no Tabela 5.

Tabela 5 - Coeficientes de chuvas IDF

Pluviômetro	a	b	c	d	Fonte
Santa Cruz	711,3	0,18	7,00	0,687	PCRJ- Cohidro
Campo Grande	891,6	0,18	14,0	0,689	PCRJ- Cohidro
Mendanha	843,7	0,17	12,0	0,698	PCRJ- Cohidro
Bangu	1.208	0,17	14,0	0,788	PCRJ- Cohidro
Jardim Botânico	1.239	0,15	20,0	0,740	Ulysses Alcântara
Capela Mayrink	921,3	0,16	15,4	0,673	Rio-Águas (2003)
Via11	1.423	0,19	14,5	0,796	Rio-Águas (2005)
Sabóia Lima	1.782	0,17	16,6	0,841	Rio-Águas (2006)
Realengo	1.164	0,14	6,96	0,769	Rio-Águas (2006)
Irajá	5.986	0,15	29,7	1,050	Rio-Águas (2007)
Eletróbrás -Taquara	1.660	0,15	14,7	0,841	Rio-Águas (2009)

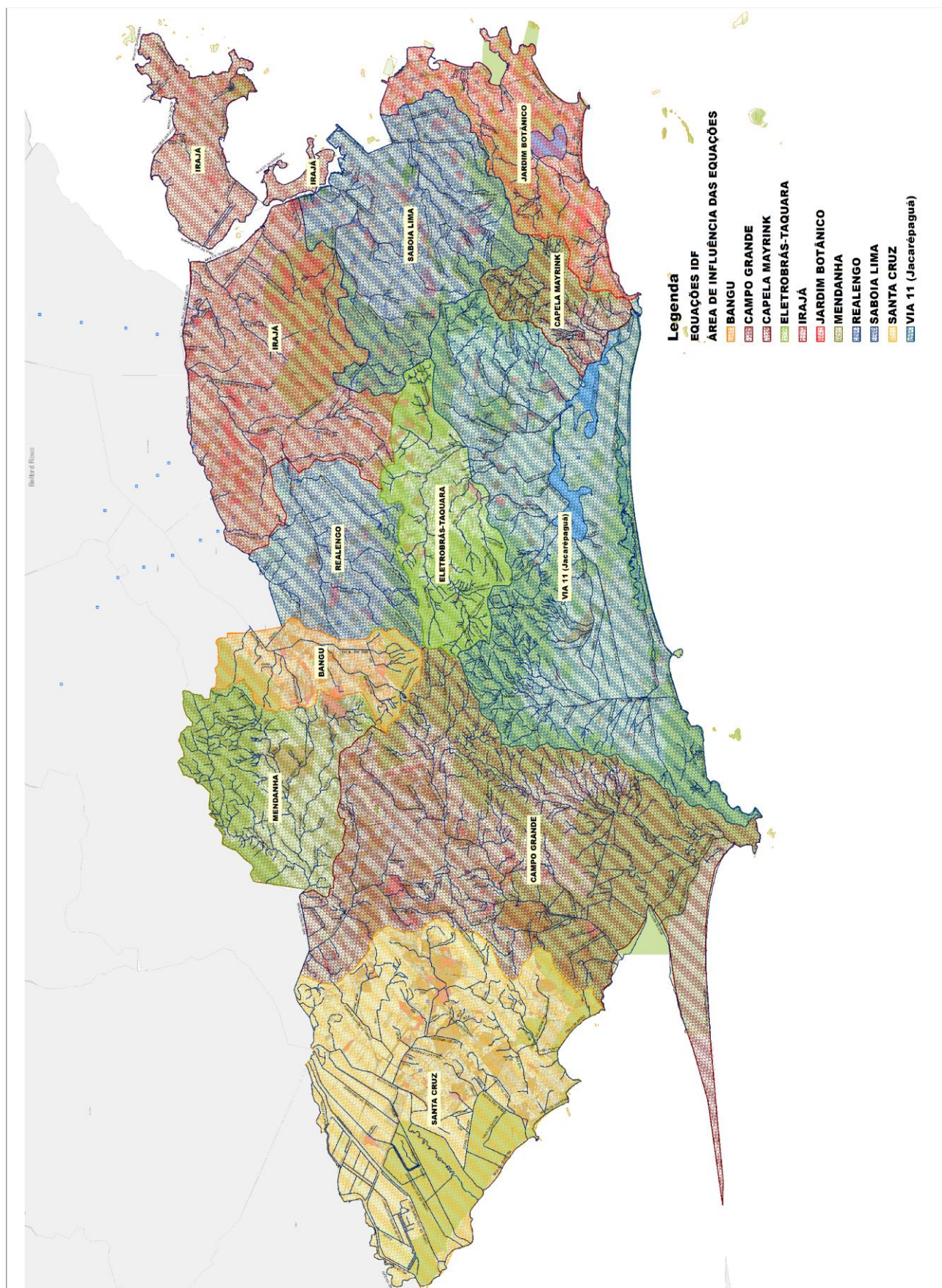


Figura 1. Áreas de influência das equações IDF do Município do Rio de Janeiro

2.1.5 Duração da chuva de projeto

Para o dimensionamento de estruturas de microdrenagem, onde as vazões são determinadas pelo método racional modificado, o tempo de duração da chuva é igual ao tempo de concentração; para o método do hidrograma unitário sintético do SCS recomenda-se que o tempo de duração da chuva seja no mínimo igual ao tempo de concentração ou até o dobro deste valor.

2.1.6 Distribuição espacial da chuva

O método racional modificado, adotado em projetos de microdrenagem, contém o coeficiente de distribuição “n” definido em função da área de drenagem (A):

$$\begin{aligned} \text{para } A \leq 1 \text{ ha} &\Rightarrow n = 1 \\ \text{para } A > 1 \text{ ha} &\Rightarrow n = A^{-0,15} \end{aligned}$$

Nos projetos de macrodrenagem, para bacias de contribuição com áreas de até 10 km² não haverá necessidade de aplicar coeficiente de abatimento; para áreas superiores a este valor poderá ser utilizada o critério desenvolvido pelo National Weather Service ou outro critério, desde que seja devidamente justificado.

2.1.7 Desagregação temporal da chuva

São recomendados para a desagregação temporal das chuvas os métodos de Huff e dos Blocos Alternados.

2.2 MODELAGEM HIDROLÓGICA

A metodologia de cálculos hidrológicos para determinação das vazões de projeto será definida em função das áreas das bacias hidrográficas, conforme a seguir indicadas:

Método Racional Modificado → Área ≤ 100 ha

Método U.S. Soil Conservation Service (atual NRCS) → Área > 100 ha

Desde que devidamente justificadas e adequadas à área em estudo, a Rio-Águas poderá aceitar outras metodologias para a separação do escoamento superficial e determinação dos hidrogramas e vazões de projeto.

2.2.1 Método Racional Modificado

O cálculo da vazão pelo Método Racional modificado com a inclusão do critério de Fantolli é determinado pela seguinte equação:

$Q = 0,00278 \cdot n \cdot i \cdot f \cdot A$

onde:

Q = deflúvio gerado em m³/s;

n = coeficiente de distribuição:

para A < 1 ha, n = 1

para A > 1 ha, n = A^{-0,15}

i = intensidade de chuva em mm/h;

A = área da bacia de contribuição em hectares;

f = coeficiente de deflúvio (Fantoli).

$$f = m (it)^{1/3}$$

onde:

t = tempo de concentração em minutos;

m = 0,0725 C

onde:

C = coeficiente de escoamento superficial

2.2.2 Método do Hidrograma Unitário do “U.S. Soil Conservation Service”(atual NRCS)

Este método determina a descarga de uma bacia hidrográfica através do hidrograma triangular composto, que é o resultado da somatória das ordenadas de histogramas unitários, para cada intervalo temporal de discretização da chuva.

Para cada intervalo temporal obtém-se o escoamento correspondente à chuva excedente neste período, em função das curvas de deflúvio – CN. A partir dos escoamentos obtidos, são definidos os hidrogramas para cada intervalo. Da composição dos hidrogramas, por convolução, resulta o hidrograma final de cheia, cujo pico corresponde ao valor da vazão de projeto.

Para a definição da relação entre chuvas e deflúvios, o método utiliza a equação de Mockus, indicada a seguir:

$$Pe = \frac{(P - 0,2 S_d)^2}{(P + 0,8 S_d)}$$

onde:

Pe = Precipitação efetiva, em mm;

P = Precipitação acumulada, em mm;

S_d = Armazenamento no solo, em mm.

O valor de “S_d” é função do tipo e uso do solo e das condições antecedentes de umidade, descrito por:

$$S = 254 [(100/CN) - 1]$$

onde:

CN = Curva de deflúvio (curva número)

Tempo de ascensão dos hidrogramas unitários:

$$t_p = \frac{D}{2} + 0,6t_c$$

onde:

t_p = Tempo de ascensão, em horas;

D = Intervalo de discretização da chuva, em horas;

t_c = Tempo de concentração, em horas.

O intervalo temporal de discretização da chuva (D) deverá ser inferior a $0,20t_c$.

Tempo de recessão dos hidrogramas unitários:

$$t_r = H \cdot t_p$$

onde:

t_r = Tempo de recessão, em horas;

H = Coeficiente com valor padrão de 1,67; recomenda-se a adoção do valor 1,25 para as áreas urbanizadas;

Tempo de base dos hidrogramas unitários:

$$H = 1,25 \Rightarrow T_b = 2,25t_p$$

$$H = 1,67 \Rightarrow T_b = 2,67t_p$$

A determinação da vazão de pico dos hidrogramas unitários será realizada com as seguintes expressões:

$$H = 1,25 \Rightarrow Q_p = \frac{0,247 (Pe A)}{t_p}$$

$$H = 1,67 \Rightarrow Q_p = \frac{0,208 (Pe A)}{t_p}$$

onde:

Q_p = Vazão de pico do hidrograma unitário, em $m^3/s.mm$;

Pe = Precipitação efetiva, em mm;

A = Área da bacia hidrográfica, em km^2 ;

tp = Tempo de ascensão do hidrograma unitário, em horas.

- **Curvas de deflúvio (CN)**

São definidas em função de quatro tipos diferentes de grupos hidrológicos e da tipologia do uso do solo, relacionados às condições de umidade do solo anteriores a ocorrência da chuva.

O valor do CN adotado na determinação do hidrograma de projeto deverá ser obtido pela média ponderada dos diversos CN's correspondentes às diferentes tipologias.

Grupos hidrológicos:

Grupo A – solos arenosos com baixo teor de argila total, inferior a uns 8%, não havendo rocha nem camadas argilosas, e nem mesmo densificadas até a profundidade de 1,5 m. O teor de húmus é muito baixo, não atingindo 1%.

Grupo B – solos arenosos menos profundos que os do Grupo A e com menor teor de argila total, porém ainda inferior a 15%. No caso de terras roxas, esse limite pode subir a 20% graças à maior porosidade. Os dois teores de húmus podem subir, respectivamente, a 1,2 e 1,5%. Não pode haver pedras e nem camadas argilosas até 1,5 m, mas é quase sempre presente camada mais densificadas que a camada superficial.

Grupo C – solos barrentos com teor de argila de 20 a 30%, mas sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo pedras até profundidades de 1,2 m. No caso de terras roxas, esses dois limites máximos podem ser de 40% e 1,5 m. Nota-se a cerca de 60 cm de profundidade, camada mais densificada que no grupo B, mas ainda longe das condições de impermeabilidade.

Grupo D – solos argilosos (30- 40% de argila total) e ainda com camada densificada a uns 50 cm de profundidade. Ou solos arenosos como B, mas com camada argilosa quase impermeável, ou horizonte de seixos rolados.

A condição de umidade anterior do solo é expressa em três grupos: I, II e III, descritos a seguir:

- Condição I: solo seco. Precipitação acumulada em cinco dias menor que 15 mm;
- Condição II: solo medianamente úmido. Precipitação acumulada em cinco dias entre 15 e 40 mm;
- Condição III: solo úmido (próximo da saturação). Chuva acumulada em cinco dias superior a 40 mm.

Para a condição de umidade antecedente do solo, recomenda-se a condição II, conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Valores de CN – Condições hidrológicas II

<i>Tipologia do uso do solo</i>	<i>Grupo hidrológico</i>			
	A	B	C	D
Uso Residencial				
Tamanho médio do lote impermeável %				
Até 500m ² 65	77	85	90	92
1000m ² 38	61	75	83	87
1500m ² 30	57	72	81	86
Estacionamento pavimentados, telhados	98	98	98	98
Ruas e estradas:				
Pavimentadas, com guias e drenagem	98	98	98	98
Com cascalho	76	85	89	91
De terra	72	82	87	89
Áreas comerciais (85% de impermeabilização)	89	92	94	95
Distritos industriais (72% de impermeabilização)	81	88	91	93
Espaços abertos, parques e jardins:				
Boas condições, cobertura de grama > 75%	39	61	74	80
Condições médias, cobertura de grama > 50%	49	69	79	84
Terreno preparado para plantio, descoberto				
Plantio em linha reta	77	86	91	94
Cultura em fileira, linha reta, condições ruins	72	81	88	91
Linha reta, boas condições	67	78	85	89
Curva de nível, condições ruins	70	79	84	89
Curva de nível, boas condições	65	75	82	86
Cultura de grãos				
linha reta, condições ruins	65	76	84	88
linha reta, boas condições	63	75	83	87
curva de nível, condições ruins	63	74	82	85
curva de nível, boas condições	61	73	81	84
Pasto				
condições ruins	68	79	86	89
médias condições	49	69	79	84
boas condições	39	61	74	80
Curva de nível				
condições ruins	47	67	81	88
médias condições	25	59	75	83
boas condições	6	35	70	79
Campos boas condições	30	58	71	78
Florestas				
condições ruins	45	66	77	83
médias condições	36	60	73	79
boas condições	25	55	70	77

Recomenda-se a adoção dos seguintes valores para a infiltração mínima do solo, de acordo com o respectivo grupo hidrológico:

Grupo A: 9,53mm/h;
 Grupo B: 5,72mm/h;
 Grupo C: 2,54mm/h;
 Grupo D: 0,64mm/h.

3. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE DISPOSITIVOS DE DRENAGEM

3.1 Critérios, Coeficientes e Parâmetros de Projeto

3.1.1 Coeficientes de rugosidade (Manning) – “ η ”

- Galerias fechadas

<i>Tipo de conduto</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Valor usual</i>
Alvenaria de Tijolos	0,014	0,017	0,015
Tubos de concreto armado	0,011	0,015	0,013
Galeria celular de concreto – pré-moldada	0,012	0,014	0,013
Galeria celular de concreto – forma de madeira	0,015	0,017	0,015
Galeria celular de concreto – forma metálica	0,012	0,014	0,013
Tubos de ferro fundido	0,011	0,015	0,011
Tubos de aço	0,009	0,011	0,011
Tubos corrugados de metal			
68x13mm	0,019	0,021	0,021
76x25mm	0,021	0,025	0,025
152x51mm	0,024	0,028	0,028
Tubos corrugados polietileno	0,018	0,025	0,025
Tubos de PVC	0,009	0,011	0,011

- Canais revestidos

<i>Revestimento do canal</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Valor usual</i>
Concreto	0,013	0,016	0,015
Gabião manta	0,022	0,027	0,027
Gabião caixa	0,026	0,029	0,029
VSL	0,015	0,017	0,017
Rip-rap	0,035	0,040	0,040
Pedra argamassada	0,025	0,040	0,028

Gramma	0,150	0,410	0,240
--------	-------	-------	-------

- **Canais escavados não revestidos**

<i>Tipo de canal</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Valor usual</i>
Terra, limpo, fundo regular	0,028	0,033	0,030
Terra com capim nos taludes	0,035	0,060	0,045
Sem manutenção	0,050	0,140	0,070

- **Cursos d'água naturais**

<i>Curso d'água</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Valor usual</i>
Seção regular	0,030	0,070	0,045
Fundo de cascalho, seixos e poucos matacões	0,040	0,050	0,040
Fundo de seixos com matacões	0,050	0,070	0,050
Seção irregular com poços	0,040	0,100	0,070

- **Escoamento superficial direto**

<i>Tipo de superfície</i>	<i>η</i>
Sarjeta de concreto	0,016
Asfalto liso	0,013
Asfalto áspero	0,016
Pavimento de concreto liso	0,013
Pavimento de concreto áspero	0,015

- **Coeficiente de rugosidade para seções compostas**

O coeficiente de rugosidade equivalente (η_e) deverá ser calculado conforme da seguinte maneira:

$$\eta_e = \frac{\left(\sum P_i \eta_i^{3/2} \right)^{2/3}}{\left(\sum P_i \right)^{2/3}}$$

onde:

η_e = coeficiente de rugosidade equivalente;

P_i = perímetro molhado cujo coeficiente de Manning é η_i ;

η_i = coeficiente de Manning cujo perímetro é P_i .

3.1.2 Velocidades admissíveis

- **Galerias fechadas:**

Velocidade máxima = 5,0 m/s

Velocidade mínima = 0,8 m/s

- **Velocidade mínima para seções abertas:**

Para trechos onde há influência de maré = 0,6 m/s

Para outras condições = 0,8 m/s

- **Velocidade máxima para canais sem revestimento**

Material	Velocidade Máxima (m/s)
Argila	0,80 – 1,60
Silte	0,70 – 1,60
Cascalho	0,50 – 1,00
Areia	0,30 – 0,50

- **Velocidade máxima para canais revestidos**

Material de Revestimento	Velocidade Máxima (m/s)
Fundo em terra e talude de concreto	2,50
Fundo e talude em concreto	5,00
Fundo em terra e taludes de grama em placas	1,80
Gabião tipo manta	3,00
Gabião tipo caixa	4,00

- **Relação de enchimento (Y/D)**

As galerias serão projetadas como condutos livres e deverão ser obedecidas em projeto as seguintes condições:

Tipo de conduto	Relação de enchimento
Galerias e ramais circulares	$Y/D \leq 0,85$
Galerias retangulares fechadas	$Y/D \leq 0,90$
Canaletas retangulares abertas	$Y/D \leq 0,80$
Canaletas circulares abertas (meia calha)	$Y/D \leq 0,30$

3.1.3 Profundidade mínima

- **Profundidade de galerias circulares**

A profundidade mínima (h) admissível para a geratriz inferior interna do tubo é definida da seguinte maneira:

$$h = \phi + \frac{\phi}{2} + 0,40$$

onde:

h = profundidade mínima admissível (m);

Ø = diâmetro da tubulação (m).

Caso esta condição não seja atendida poderá ser considerado no projeto a utilização de tubos PA2 ou PA3 respeitando as profundidades mínimas apresentadas nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Profundidade tubos classe PA-2: Veículo - Tipo = 30kN

Ø (m)	Profundidade tubos classe PA2 (m)
0,30	0,710
0,40	0,810
0,50	0,920
0,60	1,040
0,70	1,160
0,80	1,280
0,90	1,400
1,00	1,520
1,20	1,760
1,50	2,120
1,75	2,480
2,00	2,720

Tabela 8 - Profundidade tubos classes PA2 e PA3: Veículo - Tipo = 45kN

Ø (m)	Profundidade tubos classe PA2 (m)	Profundidade tubos classe PA3 (m)
0,30	-	0,710
0,40	-	0,810
0,50	0,920	-
0,60	1,040	-
0,70	1,160	-
0,80	1,280	-
0,90	1,400	-
1,00	1,520	-
1,20	1,760	-
1,50	2,120	-
1,75	2,480	-

2,00	2,720	-
------	-------	---

O projetista poderá também utilizar reforço sob o pavimento para a proteção da galeria. Este reforço deverá ser executado conforme cálculo estrutural atestado por profissional responsável.

- **Transposição de interferências**

Deverá ser prevista uma folga mínima de 0,20m entre as geratrizes externas e o objeto a ser transposto.

3.1.4 Dimensões mínimas

Galerias circulares fechadas: diâmetros comerciais (m) 0,40; 0,50; 0,60; 0,70; 0,80; 0,90; 1,00; 1,20; 1,50; 1,80; 2,00.

Os tubos de deverão ser do tipo ponta e bolsa, classe PA1, PA2 ou PA3.

Galerias circulares abertas (meia calha): diâmetro mínimo = 0,30 m.

Canaletas retangulares: 0,30 m x 0,30 m (b x h).

3.2 Drenagem Urbana

3.2.1 Galerias de águas pluviais

- **Elementos de projeto**

O espaçamento entre poços de vista (PV) deverá estar compreendido entre 30,0m e 40,0m, independentemente do diâmetro da tubulação.

Os poços de visita com altura superior a 3,0 m deverão ser construídos em concreto armado.

Não serão permitidas ligações de ralos as galerias em caixas cegas ou de passagem, ou seja, todas as ligações deverão ser executadas nos poços de visita.

As galerias que conduzam vazões superiores a 10,0 m³/s, não deverão ser fechadas, a não ser para travessia de vias.

As galerias retangulares com base maior que 1,5 m, deverão usar tampão triplo (3 seções) nas suas visitas.

- **Dimensionamento hidráulico**

Para o dimensionamento das galerias de águas pluviais deverá ser utilizado o método de cálculo de galeria em marcha estabelecido no “Roteiro para o Projeto de Galerias Pluviais de Seção Circular” do Eng.º Ulisses M. A. de Alcântara – publicado

em 1962 - na Revista de Engenharia Sanitária da Associação Interamericana de Engenharia Sanitária, aplicável a quaisquer outras formas de seção.

Poderá ser exigida pela Fundação Rio Águas a utilização de modelos hidrodinâmicos para o cálculo hidráulico em regime não permanente nos casos de escoamento sob influência de marés e outros que se julguem necessário.

3.2.2 Dispositivos de captação superficial

Estes dispositivos deverão estar localizados de maneira a conduzir o escoamento superficial para os condutos de águas pluviais. Neste tópico serão abordadas as sarjetas, valetas, canaletas, caixas de ralo com grelhas acopladas e ramais de ralo; o dispositivo tipo boca-de-lobo poderá ser adotado em casos específicos.

- **Elementos de projeto**

Deverá ser prevista a instalação de caixas de ralo com grelha sempre que a capacidade de escoamento da sarjeta for excedida e nos pontos baixos dos greides. A primeira caixa de ralo deverá ser locada a partir do divisor de águas até a seção da sarjeta onde a faixa de alagamento atinge o limite estabelecido para cada tipo de via.

Será permitido o escoamento superficial desde que a faixa inundável das sarjetas não ultrapasse 0,80m nas vias principais e 1,00 nas vias secundárias. A velocidade máxima não deverá ultrapassar 3,0m/s.

As caixas de ralos serão ligadas aos poços de visita por intermédio de ramais de ralo com diâmetro mínimo de 0,40m e declividade mínima de 0,5%, nos casos em que o recobrimento da rede não permitir a ligação de ramais de ralo com diâmetro 0,40m, poderá ser admitido o diâmetro de 0,30m.

Nos cruzamentos, as caixas de ralo deverão estar localizadas a montante do ponto de tangência.

Recomenda-se a adoção da declividade longitudinal mínima de 0,2% para as sarjetas; nos trechos planos as sarjetas deverão ser projetadas com a largura de 0,60m, adotando-se a declividade longitudinal mínima da sarjeta e a distância de 15m entre os pontos de inflexão da sarjeta; as caixas de ralos com grelha deverão ser dispostas nos pontos baixos da sarjeta.

A capacidade de engolimento da grelha padrão da PCRJ, a ser considerada nos projetos de drenagem urbana, encontra-se na faixa de 30 a 40 l/s, outros valores deverão ser justificados.

Para bateria de ralos o ramal de ligação deverá ser dimensionado em função de sua captação do deflúvio.

- **Metodologia de cálculo**

As sarjetas, valetas e canaletas deverão ser dimensionadas com o emprego da equação de Manning; as sarjetas em concreto, com seções triangulares e $Z \geq 10$ deverão ser dimensionadas a partir da fórmula de Manning modificada por Izzard, apresentada abaixo:

$$Q = 0,375 (Z/\eta) S^{1/2} Y^{8/3}$$

onde:

Q = descarga teórica, em m³/s;

Z = inverso da declividade transversal

S = declividade longitudinal, em m/m;

Y = lâmina d'água, em m;

η = coeficiente de rugosidade.

3.2. Canaletas em degraus

No caso da implantação de redes de drenagem em terrenos íngremes, especialmente em áreas de ocupação irregular, deverão projetadas canaletas abertas com degraus (escadas hidráulicas).

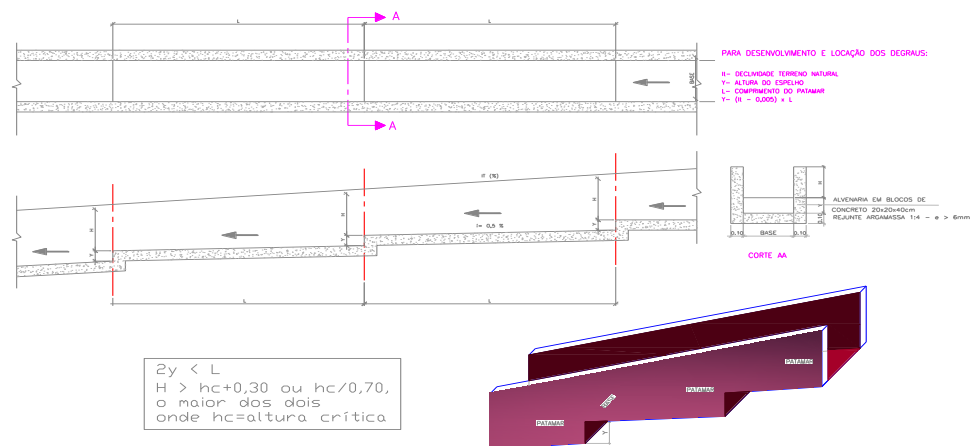
- **Elementos de projeto**

Sempre que possível as canaletas deverão ter a base igual a altura (B=H), observando-se os detalhes estruturais constantes do Manual de Técnico de Encostas vol.II da Geo-Rio; na impossibilidade do atendimento de tal condição deverá ser adotado o seguinte critério: H mínima = 1,43 x Yc, onde Yc é a altura crítica da seção proposta.

Deverão previstas estruturas dissipadoras de energia nos casos de entrada em galeria e mudanças bruscas de direção.

A declividade do patamar (i) não deverá ser superior a 3%, devendo ser mantidas invariáveis as dimensões dos patamares (p) e degraus (hd) em cada trecho, figura 2;

Figura 2. Escadaria hidráulica



• Metodologia de cálculo

O dimensionamento poderá ser feito através da expressão empírica, apresentada no Manual de Drenagem de Rodovias – DNIT/2006, fixando-se o valor da base (B) e determinando-se o valor da altura (H):

$$Q = 2,07 B^{0,9} H^{1,6}$$

onde:

Q = Descarga de projeto a ser conduzida pela descida d'água, em m³/s;

B = Largura da descida d'água, em m;

H = altura média das paredes laterais da descida, em m.

Não obstante, em áreas com intensa produção de sedimentos ou acúmulo de resíduos sólidos, recomenda-se a adoção das dimensões constantes na Tabela 9:

Tabela 9 - Dimensões recomendadas

Vazão (l/s)	Base (m)	H (m)
50	0,30	0,30
80	0,30	0,30
100	0,40	0,40
150	0,40	0,40
200	0,50	0,50
250	0,50	0,50
300	0,50	0,50
350	0,60	0,60
400	0,60	0,60
450	0,60	0,60
500	0,60	0,60
550	0,70	0,70
600	0,70	0,70
650	0,70	0,70

700	0,70	0,70
750	0,70	0,70
800	0,80	0,80
850	0,80	0,80
900	0,80	0,80
1000	0,80	0,80
1100	0,90	0,90
1200	0,90	0,90
1300	0,90	0,90
1400	0,90	0,90

3.3 Canais Abertos

Para a estabilidade do regime de escoamento, os canais deverão ser projetados de modo que número de Froude (Fr) não fique compreendido no intervalo $0,86 < Fr < 1,13$; preferencialmente, o número de Froude não deverá ser superior a 0,86; para canais revestidos com concreto admite-se ainda o intervalo $1,13 \leq Fr \leq 2,00$.

No escoamento em regime supercrítico, as seções trapezoidais deverão ser evitadas nos trechos em curva.

Em canais sujeitos à ação das marés deverá ser prevista a ocorrência de remanso devido à ocorrência de marés, sendo necessário verificar os valores relativos à borda livre e velocidades máximas e mínimas para esta condição.

Respectivamente, para as bacias drenantes às baías da Guanabara e Sepetiba são adotados como condição de contorno os níveis médios da preamar de sizígia de +0,60 e +0,50; o nível mínimo a ser considerado será o nível médio do mar, -0,18.

Para as lagunas, são recomendados os níveis d'água conforme a tabela 10:

Tabela 10. Níveis d'água

Laguna	Tr 10 anos	Tr 25 anos
Jacarepaguá	0,75	0,90
Rodrigo de Freitas	0,52	0,75

- **Borda livre**

A borda livre mínima (h_{fb}) será determinada para a vazão relativa ao TR 10 anos e conforme critério estabelecido no Urban Storm Drainage Criteria Manual – Denver:

$$h_{fb} = 0,61 + 0,037 V Y^{1/3}$$

onde:

h_{fb} = borda livre, em m;

V = velocidade média, em m/s;

Y = lâmina d'água, em m.

Nos trechos em curva, uma altura adicional (h_{se}) deverá ser incorporada para acomodar a superelevação e outras perturbações na superfície por intermédio da seguinte equação:

$$h_{se} = (V^2 b) / g r_c$$

onde:

h_{se} = altura adicional requerida, em m;

V = velocidade média, em m/s;

r_c = raio de curvatura, em m;

b = largura do canal, em m;

g = aceleração da gravidade, em m/s^2 .

No caso de projeto de pontes deverá ser estabelecida a borda mínima de 0,60m em relação à cota de infradorso, para o tempo de recorrência de 100 anos;

- **Raio de curvatura**

O raio de curvatura mínimo ($r_{c_{min}}$) será determinado da seguinte maneira:

- Para canais com o número de Froude inferior a 0,86 $\Rightarrow r_{c_{min}} > 3T$, onde T é a largura da superfície do canal;

- Para canais com o número de Froude maior ou igual a 0,86 $\Rightarrow r_{c_{min}} > 4V^2T/gY$, onde V é a velocidade média na seção e Y é o tirante hidráulico.

- **Calha de tempo seco**

Poderão ser adotadas seções compostas prevendo-se a execução da calha de tempo seco. Na impossibilidade da implantação de seções compostas em trechos revestidos, deverá ser adotada a declividade transversal de 3% para o fundo do canal.

A vazão a ser adotada para o dimensionamento da calha de tempo seco deverá se situar na faixa de 1,0% a 3,0% da vazão de projeto, relativa ao tempo de recorrência de 10 anos. Para bacias de drenagem inseridas na região da serra da Carioca deverá ser adotada a vazão específica de 25 l/s. km^2 .

- **Estruturas de queda e bacias de dissipação**

As estruturas de queda deverão ser projetadas de modo a evitar tendências erosivas nos trechos de montante e jusante.

As estruturas de queda verticais ou em rampa deverão ser construídas em concreto.

Para evitar o surgimento de subpressões junto à parede do degrau deverão ser previstas constrições para contração do fluxo ou outro dispositivo para garantir a aeração da lâmina d'água.

Recomenda-se a adoção de alturas de queda de até 1,0 m para degraus verticais, sempre que as condições locais permitirem; para a simulação em modelos matemáticos, a distância entre duas quedas sucessivas não deverá ser inferior a 10,0 m. O emprego de rebaixos em bacias de dissipação deverá ser evitado.

O lançamento dos deságues em rios ou canais deverá contar com estruturas de proteção.

- **Metodologia de cálculo**

Os perfis de nível d'água com regime gradualmente variado e demais características hidráulicas deverão ser determinados com a utilização de modelagem numérica para simulação de escoamento em canais ou com rotina do "Standard Step Method", conforme descrito em Chow(1994).

Poderá ser exigida pela Fundação Rio Águas a utilização de modelos hidrodinâmicos para o cálculo hidráulico em regime não permanente nos casos de escoamento sob influência de marés e outros que se julguem necessário.

4. FAIXA NON AEDIFICANDI E FAIXA MARGINAL DE PROTEÇÃO

A demarcação de Faixa Non Aedificandi (FNA) e de Faixa Marginal de Proteção (FMP) para cursos d'água e galerias de águas pluviais observa as seguintes legislações vigentes:

- Decreto Estadual nº. 42.356 de 16/03/10 - Dispõe sobre o Tratamento e a Demarcação das Faixas Marginais De Proteção nos Processos De Licenciamento Ambiental e de Emissões de Autorizações Ambientais no Estado do Rio De Janeiro e dá outras providências;

- Decreto Estadual nº. 42.484 de 28/05/10 - Disciplina a Transferência do Procedimento de Demarcação da Faixa Marginal de Proteção de lagos, lagoas, lagunas e cursos d'água estaduais aos municípios e dá outras providências;

- Termo de Convênio nº. 05 de 30/06/10 entre o INEA e o Município do Rio de Janeiro.

Para a demarcação de FNA decorrente apenas do desmembramento, remembramento ou parcelamento do lote, considera-se dispositivo de drenagem necessário ordenamento adequado das águas superficiais. Nestes casos e quando houver canaletas superficiais que não conduzam curso d'água, que veiculem vazões inferiores a 400 litros por segundo, que possuam altura de seção inferior a 0,60m, fica definida uma faixa non aedificandi de 0,50m, a partir do bordo da canaleta e para ambos os lados (Resolução Conjunta SMAC/SMO/SMU a ser publicada no Diário Oficial). Quanto aos usos permitidos nas FMP's demarcadas em área consolidada e urbanizada e considerando o Artigo 4º. do Decreto Estadual nº. 42.356, deverá ser observada a Resolução Conama nº. 369 de 28/03/06.

5. GLOSSÁRIO

- **Avenida Canal** - via de circulação ao longo do curso d'água projetada de modo a permitir o acesso para manutenção e limpeza da calha do rio.
- **Bacia de Contribuição** - área que direciona os deflúvios, nela precipitados, para um único ponto de saída.
- **Boca de Lobo** - estrutura de captação, com abertura livre, localizada junto ao meio-fio que capta as águas superficiais e as conduz as galerias ou canais.
- **Borda Livre** - altura a ser somada ao nível d'água de projeto, definindo assim a cota do muro do canal ou a cota interna da laje superior da galeria, ou a cota do infradorso de viga de ponte ou a cota de qualquer outra estrutura que atravesse o canal.
- **Bueiro** - estruturas hidráulicas, construídas nos pontos baixos dos vales e nas travessias sob as obras de terraplenagem.
- **Calha de Tempo Seco** - rebaixo na parte central de uma seção revestida destinada a conduzir as águas de períodos não chuvosos com a finalidade de proporcionar velocidade de auto-limpeza na calha.
- **Caixa de Ralo** - dispositivo de captação, composto por uma caixa com grelha, que conduz as águas superficiais às galerias ou canais por intermédio do ramal de ralo.
- **Curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF)** - equação de chuva obtida através de estudos estatísticos da base de dados referente a uma série histórica, com medições através de pluviógrafos ou pluviômetros.

- **Chuva de Projeto** - chuva de referência utilizada para obter as vazões de projeto no sistema de micro e macrodrenagem, por meio de modelos hidrológicos.
- **Coeficiente de Escoamento Superficial (Runoff)** - relação entre a precipitação efetivamente ocorrida em uma determinada área e o volume escoado durante o período considerado.
- **Corpo Receptor** - corpo hídrico que recebe o deságüe do sistema projetado.
- **Divisor de Águas** - linha limite de uma bacia de contribuição.
- **Escoamento ou Deflúvio Superficial** – é a parte da precipitação que escoa pelo terreno, descontando-se as parcelas devidas a retenção, evaporação, infiltração, que escoam sobre os terrenos sob a ação da gravidade, buscando as linhas de talvegue, alcançando os rios, lagos e oceanos.
- **Estruturas de dissipação de energia** - são dispositivos destinados a dissipar energia do escoamento, reduzindo a velocidade da água para a proteção de trechos a jusante e taludes de modo a evitar a erosão.
- **Faixa Non Aedificandi (FNA)** – faixa onde não é permitida edificação (sobre e sob), visando a proteção e manutenção das calhas dos cursos d'água e galerias de drenagem.
- **Faixas Marginais de Proteção (FMP)** - de rios, lagos, lagoas e reservatórios d'água são faixas de terra necessárias à proteção, à defesa, à conservação e operação de sistemas fluviais e lacustres, determinadas em projeção horizontal . A FMP é considerada como Área de Preservação Permanente (APP).
- **Galerias de águas pluviais** – é o conjunto dos condutos, abertos ou fechados, de formas geométricas variáveis, que veiculam por gravidade as águas recebidas pelas estruturas de captação até um corpo receptor.
- **Greide** – é o perfil longitudinal da via.
- **Lâmina d'água** - é a diferença entre a cota do nível d'água e a cota de fundo do canal.
- **Hidrograma de projeto** - é uma seqüência temporal de vazões relacionadas a um risco de ocorrência. Relaciona volume no tempo e vazão máxima.
- **Nível d'água (N.A.)** - é a cota da superfície livre da lâmina d'água georeferenciada.
- **Macrodrenagem** - é o sistema constituído por canais de maiores dimensões, que recebem as contribuições do sistema de microdrenagem e as lançam no corpo receptor; geralmente dimensionado para o período de retorno de 25 anos, veiculando vazões superiores a 10m³/s.

- **Microdrenagem** - é o sistema composto pelo pavimento das ruas, sarjetas, caixas de ralo, galerias de águas pluviais, canaletas e canais de pequenas dimensões, veiculando vazões inferiores ou iguais a $10\text{m}^3/\text{s}$; geralmente, dimensionado para um período de retorno de 10 anos.
- **Projeto Aprovado de Alinhamento (PAA)** - instrumento de intervenção urbanística, instituído legalmente por decreto, destinado ao planejamento e implantação de logradouros na cidade. PAA's oriundos da iniciativa pública representam a intenção de atuar em determinadas áreas, urbanizadas ou semi-urbanizadas, visando a alteração do traçado de vias existentes ou a abertura de novas vias.
- **Projetos Aprovados de Loteamento (PAL)** – são projetos de desmembramento (subdivisão), remembramento (junção) e loteamento.
- **Planta Aerofotogramétrico-Cadastral** – planta em escala elaborada através da reconstituição de fotos aéreas.
- **Perda de carga**- é a energia dissipada no conduto devido ao próprio escoamento (perda de carga contínua) ou devido à mudança brusca de seção presença de conexões e etc. (perda de carga localizada).
- **Poço de Visita (P.V.)** – é o dispositivo componente das redes de drenagem, localizado em pontos convenientes do sistema de drenagem, que intercepta as galerias e ramais de ralo, sendo um ponto de inspeção e limpeza.
- **Profundidade da rede** – é a diferença de nível entre a superfície do terreno e a geratriz inferior interna da galeria ou tubo.
- **Recobrimento** – é a diferença de nível entre a superfície do terreno e a geratriz superior externa da galeria ou tubo.
- **Ressalto Hidráulico**: é o resultado da passagem brusca de uma corrente torrencial para o regime fluvial (escoamento supercrítico para o subcrítico). Esta passagem é acompanhada de grande turbulência e formação de vórtices e grande parte da energia hidráulica inicial é dissipada.
- **Routing**: é o processo que determina espacialmente e no tempo as variações de vazões ao longo de um curso d'água.
- **Sarjeta** - é o canal longitudinal, geralmente de formato triangular, delimitado pelo meio-fio e a faixa pavimentada da via pública, destinado a coletar e conduzir as águas superficiais aos ralos e bocas de lobo.
- **Sarjetão** - canais auxiliares utilizados para guiar o fluxo de água na travessia de ruas transversais ou desviar o fluxo de um lado para outro da rua.
- **Sistema de Drenagem** – é um conjunto de galerias e canais, obras e dispositivos necessários ao adequado escoamento e condicionamento do deflúvio superficial até seu destino final.

- **Talvegue** – é a linha sinuosa que se desenvolve no fundo dos vales, por onde escoam as águas e que divide os planos de escoamento de duas encostas.
- **Tempo de Concentração** – corresponde ao tempo necessário para que toda área de drenagem passe a contribuir efetivamente na seção ou ponto do projeto. É o tempo em minutos, que uma gota d' água teórica leva para ir do ponto mais afastado da bacia de contribuição, até o ponto de concentração considerado. É a soma do tempo de entrada com os tempos de percurso em galerias e sarjetas.
- **Tempo de Recorrência ou Período de Retorno** – é o número médio e provável para a repetição de um evento chuvoso, ou sua superação, em uma determinada escala de tempo, normalmente anos. É o período de tempo médio que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez.
- **Vazão de Projeto** - é a vazão máxima para qual o sistema de drenagem será projetado, em função do tempo de recorrência admitido para projeto.
- **Tempo de Entrada** – é o tempo gasto pelas chuvas caídas nos pontos mais distantes da bacia para atingirem o primeiro ralo ou seção considerada.
- **Tempo de Percurso** - tempo de escoamento dentro da galeria ou canal, calculado pelo Método Cinemático.
- **Tempo de Percurso em terreno natural** - tempo de escoamento das águas sobre o terreno natural, fora dos sulcos, até alcançar o ponto considerado do talvegue.
- **Tirante hidráulico** - ver lamina d'água.
- **Vazão de Tempo Seco** – é a vazão que escoar pelo talvegue em tempo não chuvoso, relativa ao escoamento de base.
- **Vazão máxima** - é o valor associado a um risco de ser igualado ou superado. A vazão máxima para um determinado tempo de retorno é utilizada no projeto de obras hidráulicas tais como: canais, galerias de águas pluviais, bueiros, etc.
- **Via de Manutenção** – via ao longo de cursos d'água ou acesso a reservatórios de acumulação, larga o suficiente para permitir acesso aos equipamentos de manutenção e limpeza.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHOW, V. T. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Santafé de Bogotá, McGraw-Hill Inc,

DAEE/CETESB (1980). *Drenagem Urbana-2ªedição*. São Paulo, Cetesb.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT(2006). *Manual de Drenagem de Rodovias –2ª edição*. Rio de Janeiro, IPR publ. 724.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE GEOTÉCNICA DO RIO DE JANEIRO, GEO-RIO (2000). *Manual técnico de encostas volume 2 – drenagem, 2ª edição*. Rio de Janeiro, PCRJ.

Urban Drainage and Flood Control District (2001). *Urban Storm Drainage Criteria Manual. volume I*. Denver.

U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR - Bureau of Reclamation (1960). *Design of Small Dams*. U.S. Government Printing Office.

APÊNDICE 1 – Estudo sobre recobrimentos mínimos para tubos de concreto em drenagem urbana.

ESTUDO SOBRE RECOBRIMENTOS MÍNIMOS PARA TUBOS DE CONCRETO EM DRENAGEM URBANA.

Conforme estabelecido como parte dos critérios técnicos utilizados para a elaboração dos projetos de redes de águas pluviais, o recobrimento mínimo para tubos de concreto classe PA -1 é de:

$$\text{Rec}_{\text{mín}} = 0,40\text{m} + D/2$$

onde: D = diâmetro interno do tubo calculado para o trecho.

Nos casos onde as condições de contorno já estão estabelecidas, como: deságue em rede existente, rios ou valas, interferências com outras redes de concessionárias e substituição de trechos de redes antigas, muitas vezes é necessário diminuir este recobrimento e para isso preconiza--se a utilização de laje de reforço como acréscimo de segurança contra danos(fissuras e/ou ruptura) que possam ocorrer nos tubos de concreto devido à solicitações de carregamento acima das admissíveis (carga mínima de fissura e carga mínima de ruptura obtidas no ensaio de compressão diametral).

Na busca de soluções alternativas que aumentem a velocidade de execução das obras em vias públicas e diminuam seus custos e com base nas informações apresentadas:

- publicação da ABTC- Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto em parceria com o IBTS- Instituto Brasileiro de Telas Soldadas “Projeto Estrutural de Tubos Circulares de Concreto Armado”;

- Tubos – Dimensionamento Estrutural ARTSUL – Solução em Artefatos de Concreto;

- Profundidades Mínimas para Implantação de Tubos Circulares de Concreto em Drenagem Urbana conforme Classes (PA-1, PA-2 e PA-3) - Planilha e Definição de Equações Envoltórias apresentada pelo Engº Paulo Iannibelli;

- Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems ASCE Manuals and Reports of Civil Engineering Practice No. 77 WEF Manual of Practice FD-20.

Foram desenvolvidas as tabelas em anexo, nas quais estão apresentadas as profundidades mínimas de implantação de tubos circulares de concreto PA-2 e PA-3 utilizando:

- Fator de Equivalência 1,5 e 1,7 – representando as condições de assentamento dos tubos: forma e material utilizado na execução do reaterro de tubos instalados em vala;

- Coeficientes de Segurança para cargas de fissura e ruptura do ensaio de compressão diametral.

Carga de Fissura $\gamma = 1,0$

Carga de Ruptura $\gamma = 1,5$

- Veículo -Tipo: Classe 30 (300 kN de peso total)
Classe 45 (450 kN de peso total)

- Tipo de solo do reaterro:

Utilizado material granular:
Peso Específico=17,6 kN/m³

- Largura da vala: $D_e + 0,60\text{m}$

A análise dos resultados obtidos indica que a profundidade mínima de assentamento em vala de tubos circulares de concreto armado PA-2 e PA-3 pode ser calculada pela expressão:

$$\text{Prof}_{\text{mín}} = D + (0,32\text{m} + D/5)$$

Sendo a parcela $(0,32 + D/5)$ o recobrimento mínimo definido a partir do greide acabado até a geratriz superior interna do tubo.

Foi feito a verificação utilizando alturas de recobrimento diferentes para o cálculo da carga total conforme especificado pela ABTC, e o resultado comparado com a carga de fissura obtida no ensaio de compressão diametral.

No caso de tubos PA-3, Veículo –Tipo de 45kN e FE=1,7 a equação apresentada é válida para diâmetros iguais ou superiores a D = 0,50m. Para D = 0,30m e D=0,40m o recobrimento mínimo foi de 0,41m para ambos os diâmetros, de forma a atender a verificação da carga máxima de fissura.

No caso de tubos PA-2, Veículo –Tipo de 45kN e FE=1,5 a equação apresentada é válida para diâmetros iguais ou superiores a D = 0,60m. Para D = 0,30m , D = 0,40m e D = 0,50m os recobrimentos mínimos obtidos com a equação proposta não atendem a verificação da carga máxima de fissura.

No caso de tubos PA-3, a carga total obtida com a equação de recobrimento mínimo proposta, atende a verificação de carga de fissura para Veículos –Tipo de 30KN e 45KN e FE = 1,5 e 1,7.

Da análise dos resultados fica estabelecido que:

- Nos projetos públicos e particulares de drenagem utilizando tubos circulares Classes PA-2 e PA-3, deverá ser especificado o método executivo para o reassentamento dos tubos de concreto circular, de modo que atenda ao Fator de Equivalência= 1,7. Para isso a forma de execução do reaterro será a apresentada no detalhe em anexo e deverá sempre ser especificada na planta de detalhes dos projetos de drenagem;
- No cálculo do recobrimento mínimo, definido a partir da geratriz superior interna do tubo até o pavimento acabado, para tubos circulares Classes PA-2 e PA-3 e Veículo -Tipo = 30kN, poderá ser utilizada a equação:

$$\text{REC} = D/5 + 0,32\text{m}$$

- No caso de vias expressas com tráfego rodoviário pesado tais como Av. Brasil e Av. das Américas, a equação: **$\text{REC}_{\min} = D/5 + 0,32\text{m}$** poderá ser utilizada a partir de D=0,50m. Para D=0,30m e D=0,40m deverá ser utilizado o valor especificado na tabela de profundidades mínimas apresentada no estudo.
- Apesar de serem apresentados nas planilhas de cálculo os resultados obtidos com os tubos Classe PA-1, não foram feitas considerações a respeito de mudanças nas profundidades especificadas para o recobrimento mínimo. Nas obras de drenagem que vem sendo executadas ao longo do tempo, não se tem notícias de problemas específicos relacionados a estes recobrimentos, de modo que permanece válida a forma atualmente especificada para a execução do reaterro, bem como a expressão já estabelecida na Norma:

$$\text{REC} = D/2 + 0,40\text{m}$$

Rio de Janeiro, 15 de Outubro de 2008

Monica Santiago Montenegro
Gerente O/SUB-RIOÁGUAS/CGPM/GEPBO
Mat. 11/177833-1
CREA - RJ 81118683-1/D

Wanderson José dos Santos
Subgerente II O/SUB-RIOÁGUAS/CGPM/GEPBO-2
Mat. 11/207450-8
CREA – RJ 2004102219

APÊNDICE 2 – Critérios técnicos para o projeto de greide dos logradouros

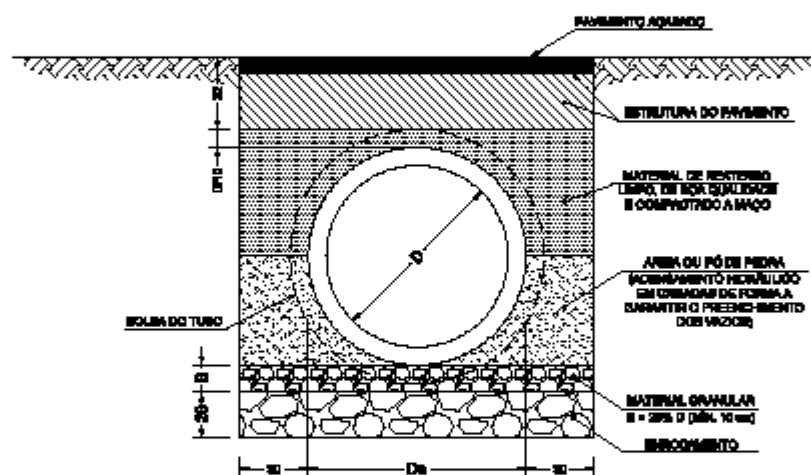
CRITÉRIOS TÉCNICOS PARA O PROJETO DE GREIDE DOS LOGRADOUROS

1. A declividade máxima longitudinal para os logradouros é de 15% (quinze por cento). Para logradouros em que se tenha que vencer diferenças de nível correspondentes a rampas superiores a 15% (quinze por cento) será permitido rampas até 25% (vinte e cinco por cento), com trechos de 50,00m (cinquenta metros) sempre reduzidas a 15% (quinze por cento), numa extensão mínima de 40,00m (quarenta metros), admitidos após a redução, novas progressões e reduções nos limites indicados.
2. A declividade mínima longitudinal para os logradouros é de 0,2%. Serão admitidas declividades inferiores a 0,2%, sendo obrigatório nestes trechos sarjetas em concreto com largura mínima de 0,30m e com a “gola” (espelho) do meio-fio variável conforme desenhos XX e YY.
3. A declividade mínima transversal dos logradouros será de 2%.
4. A concordância vertical nos pontos de mudança de declividade superiores a 1% deverá ser feita com curva parabólica simples ou composta. O comprimento mínimo da parábola deverá ser de 2,00m para cada 1% de variação das rampas a concordar. Nos grupamentos residenciais ou comerciais e nas áreas de circulação de veículos em estacionamentos a utilização de concordância vertical ficará a critério do projetista.
5. Nos cruzamentos de logradouros as rampas não poderão ser superiores a 8%.

APÊNDICE 3 – Detalhes e Desenhos

**DETALHE DO ASSENTAMENTO DE TUBO DE
CONCRETO EM VALA**

ESCALA - 1/25

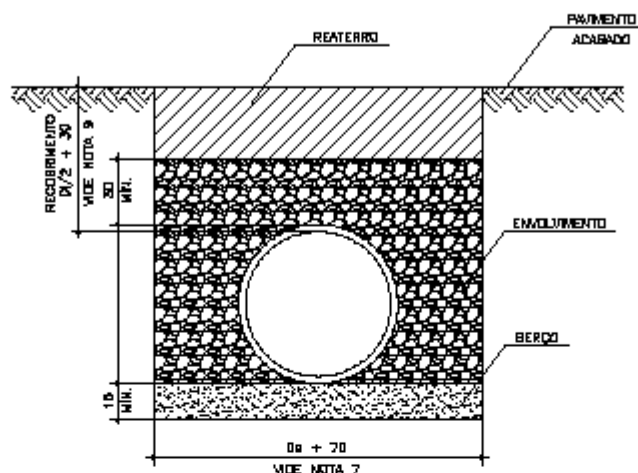


NOTA:

NAS GALERIAS RETANGULARES A CAMADA DE MATERIAL GRANULAR (B) SERÁ DE 10 cm COM 60 cm DE ENROCAMENTO.

DETALHE P/ ASSENTAMENTO DE TUBOS RIB LOC

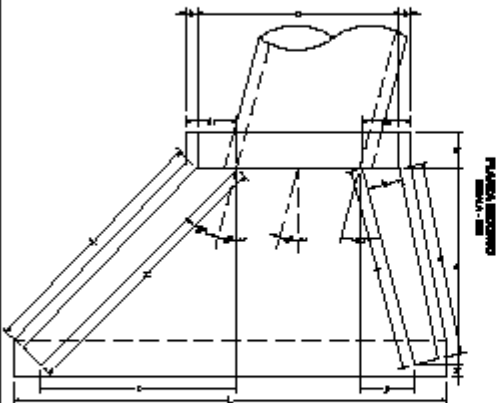
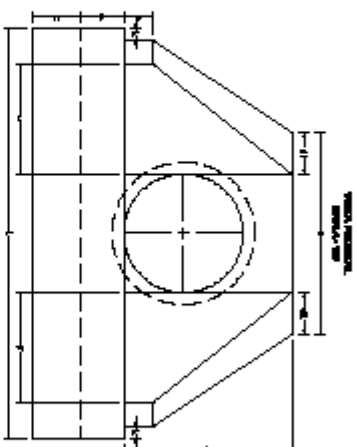
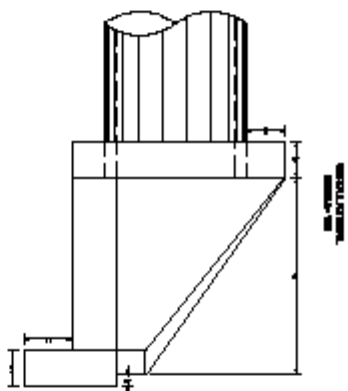
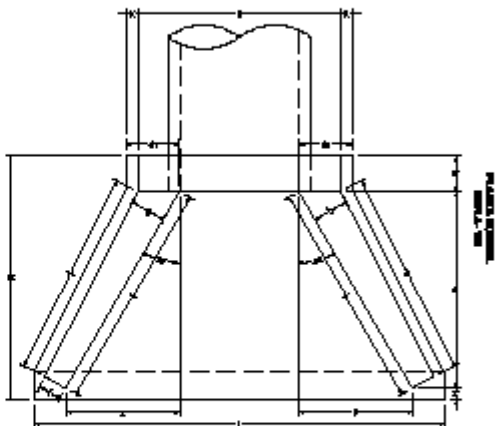
SEM ESCALA



NOTAS:

- 1) ARGILAS MOLES OU EXPANSIVAS, ROCHA IRREGULAR OU FRAGMENTADA E SOLOS SATURADOS NÃO SÃO ADEQUADOS PARA INSTALAÇÃO DE TUBOS RIB LOC.
- 2) NOS CASOS DE PRESENÇA DE SOLO NATURAL ORGÂNICO OU MOLE, DE ROCHA DECOMPOSTA OU PEDREGULHOS MAIORES, AUMENTAR EM 0,20m A PROFUNDIDADE DE ESCAVAÇÃO, PARA REFORÇO DA CAMADA DE FUNDAÇÃO E PROTEÇÃO DO BERÇO SOBRELACENTE.
- 3) NOS CASOS ONDE A VALA SE ENCAIXAR EM SOLO NATURAL ORGÂNICO OU MOLE, PROTEGER O BERÇO E O MATERIAL ENVOLVENTE COM MANTA GEOTÊXTIL.
- 4) PARA O BERÇO DEVE SER EMPREGADOS MATERIAIS DE GRANULOMETRIA BEM DISTRIBUÍDA, COM GRANDE CAPACIDADE DE SUPORTE.
- 5) O MATERIAL DE ENVOLVIMENTO DEVERÁ SER ESSENCIALMENTE GRANULAR COM MENOS DE 12% DE FINOS E GRAU DE COMPACTAÇÃO >90%.
- 6) A CAMADA DE REATERRO NÃO DEVE SER COMPOSTA POR MATERIAIS EXPANSIVOS OU DE ALTA TAXA DE ADENSAMENTO. A ESTRUTURA DO PAVIMENTO DEVERÁ CONSIDERAR O REATERRO COMO SUA PARTE INTEGRANTE.
- 7) NOS CASOS EM QUE O TERRENO NATURAL FOR DE ARGILA RÍLHA A DURA (MAIS DE 8 GOLPES SPT) E A CAVA POSSA SER DRENADA, PODERÁ SER ADOTADA A LARGURA DE $1,25 D_e + 30$.
- 8) D_i =DIÂMETRO INTERNO - D_e =DIÂMETRO EXTERNO
- 9) PARA ÁREAS SEM TRAFEGO DE VEÍCULOS O RECOBRIMENTO MÍNIMO SERÁ DE 60cm.

2020-2021 TUESDAY OCTOBER 19

[illegible]

DATE: _____



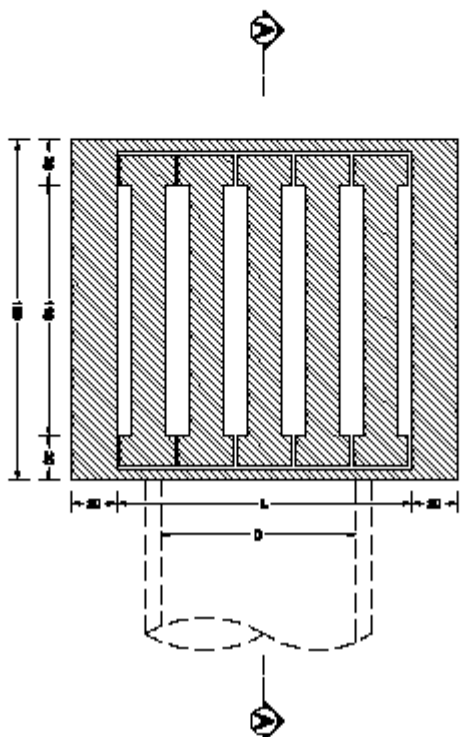
CON



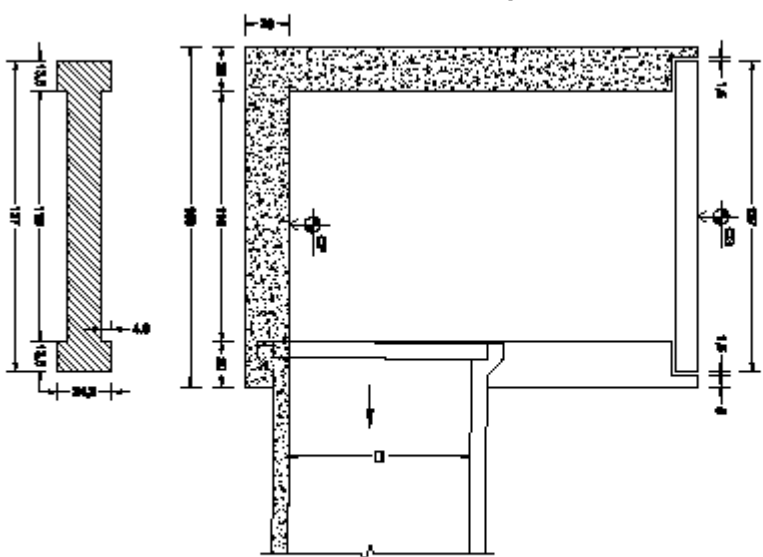
1) As questões pedem-se ser de tipo articuladas.

CAIXA COLETORA

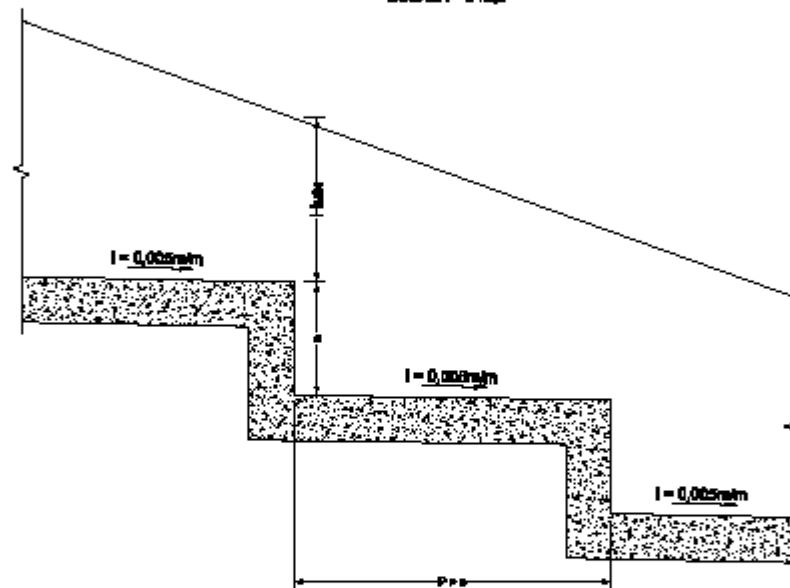
PLANTA
ESCALA - 1/25



CORTE AA
ESCALA - 1/25



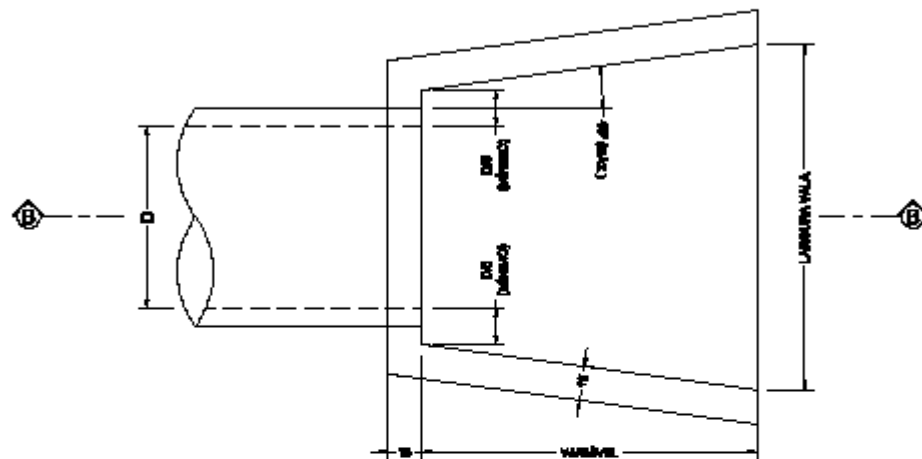
PERFIL ESQUEMÁTICO DE CANALETAS EM DEGRAUS
 ESCALA - 1/12,5



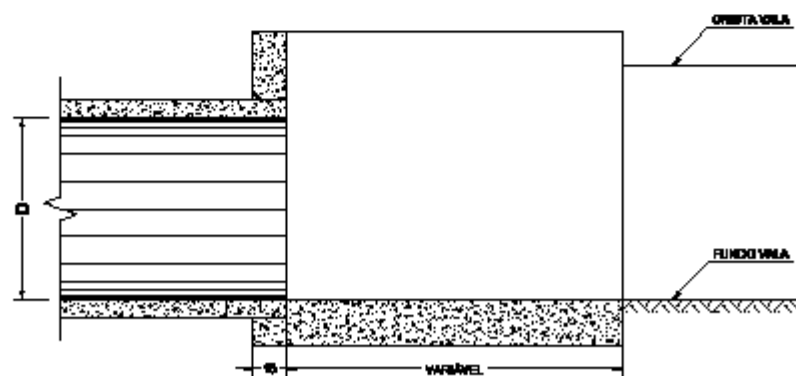
H_{min.} = altura d'água + bordo livre
 0,4 altura d'água < bordo livre (Mínimo de 0,15m)

DETALHE DE CAPTAÇÃO
ESCALA: 1/25

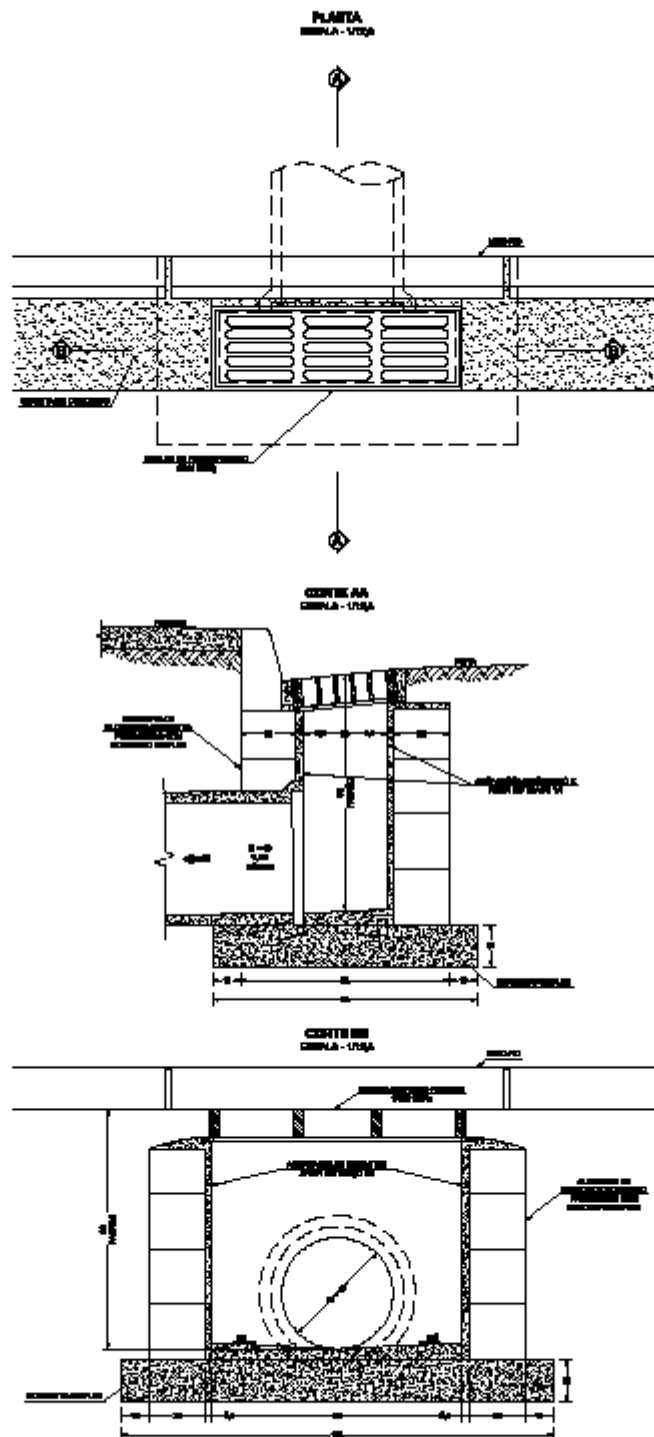
VISTA SUPERIOR



CORTE AA



CABA DE BALO TIPO 2

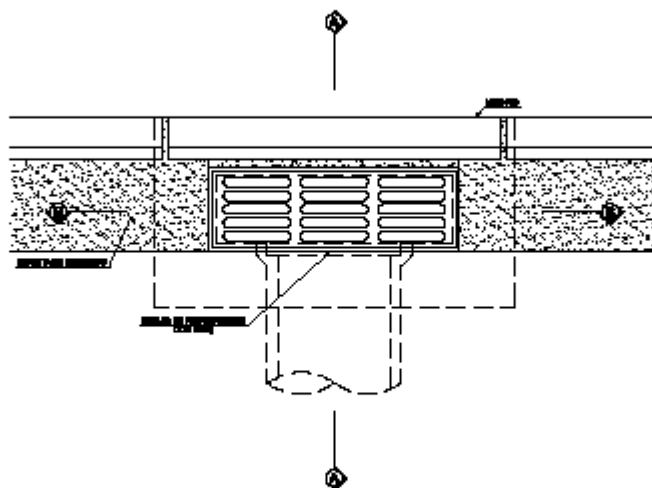


NOTAS:

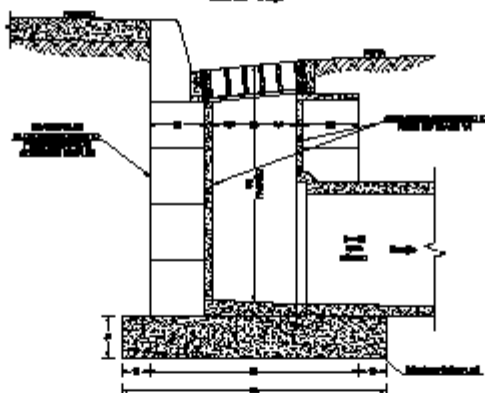
- 1) As grelhas podem ser de tipo atirado.

CABA DE BALO TIPO 1

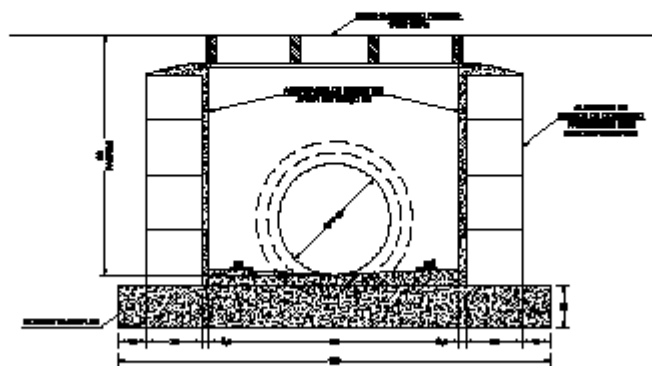
PLANTA
SOLLA - 1/100



CORTE AA
SOLLA - 1/100



CORTE BB
SOLLA - 1/100

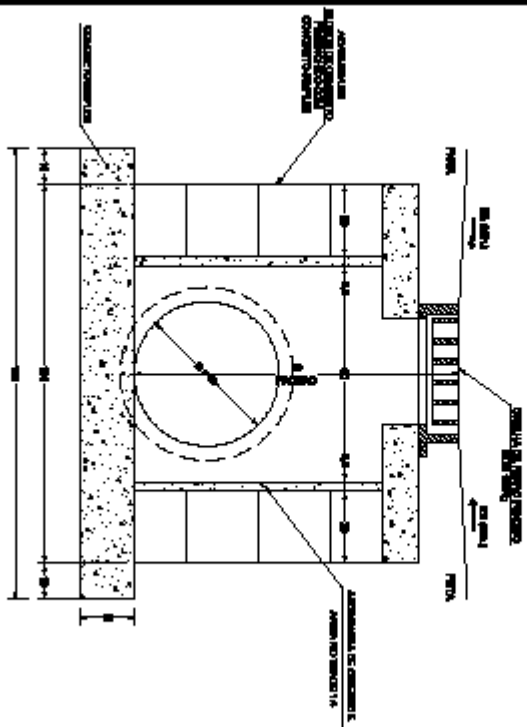


NOTAS:

- 1) As grelhas podem ser de tipo arredondado.

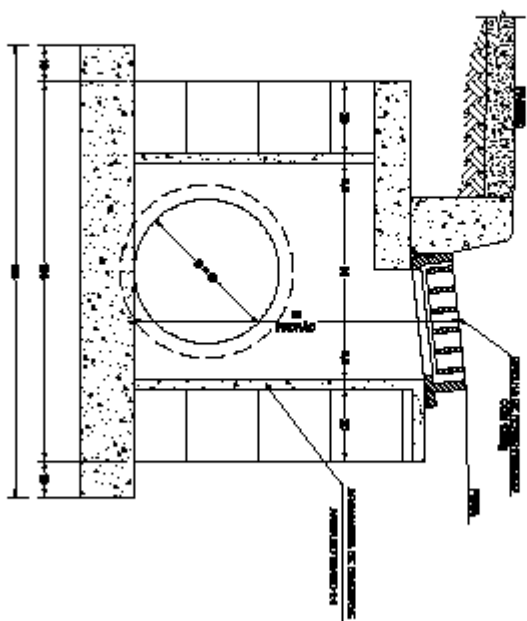
CADENA DE PALO CON SALIDA LATERAL- TIPO 1

CONTENTS



CALZA DE RALO CON SADA LATERAL- TIPO 2

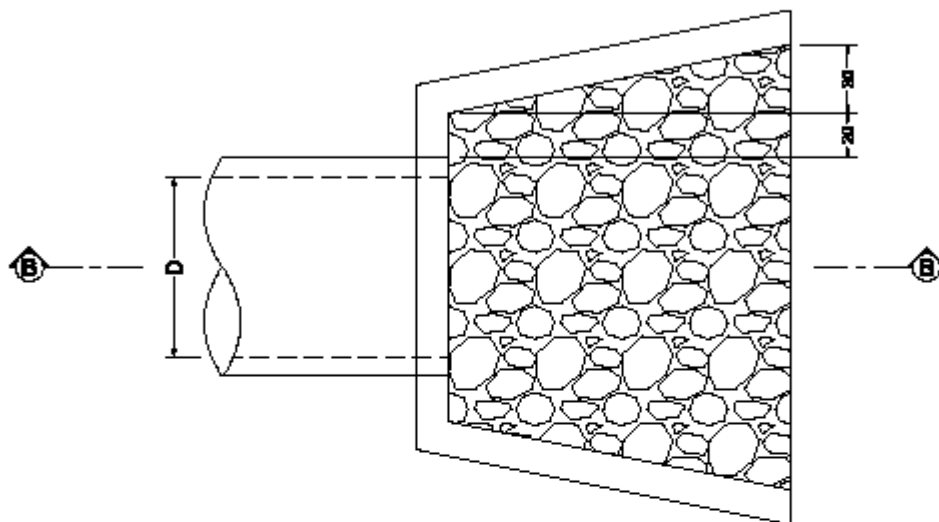
FORTE
ITALIA - Via



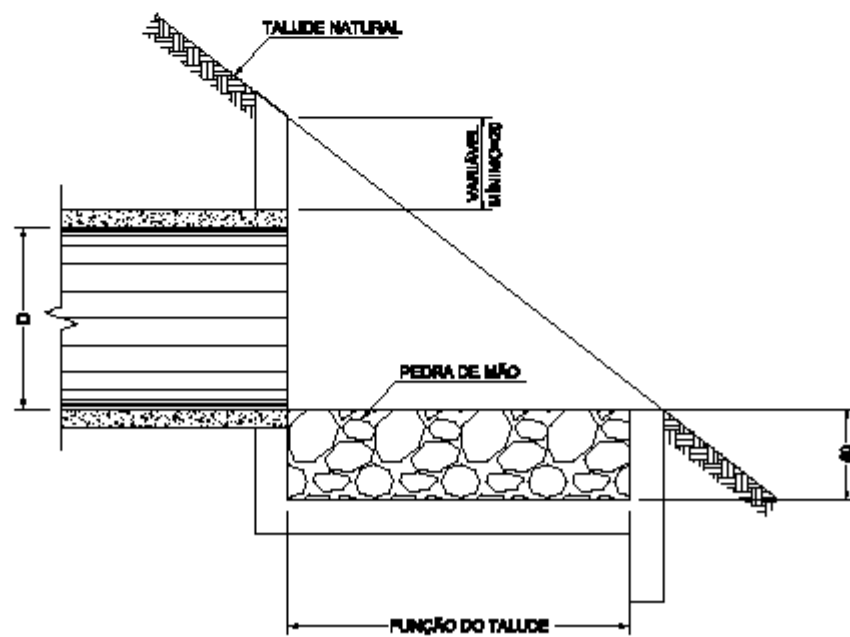
DETALHE DESÁGUE EM CURSO D'ÁGUA

ESCALA: 1/25

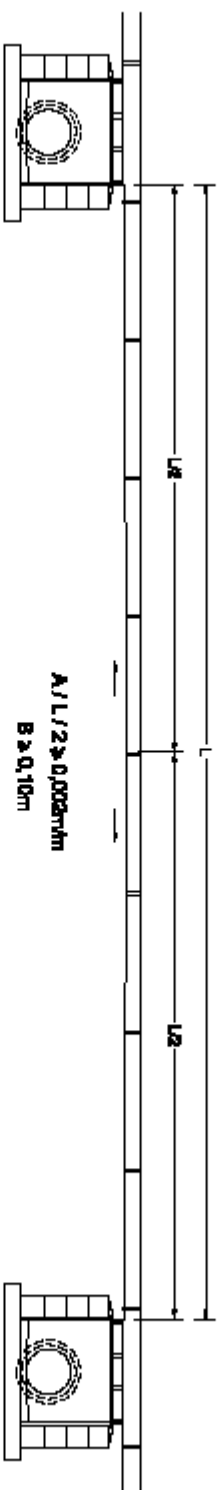
VISTA SUPERIOR



CORTE AA

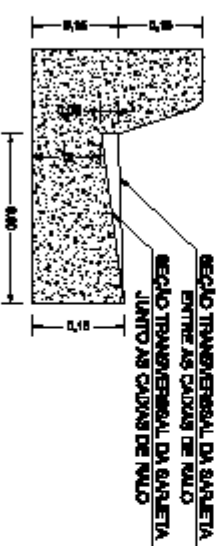


ESCOAMENTO PELA SARJETÁ
GREIDE COM DECLIVIDADE ZERO
 ESCALA: 1/50

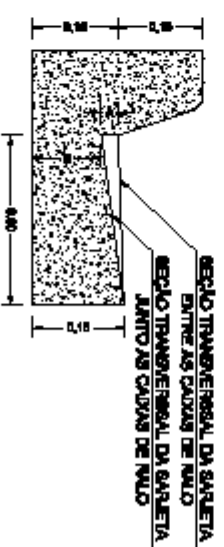


$A/L/2 \geq 0,002m/m$
 $B \geq 0,10m$

SEÇÃO TRANSVERSAL DA SARJETÁ
 ESCALA: 1/10

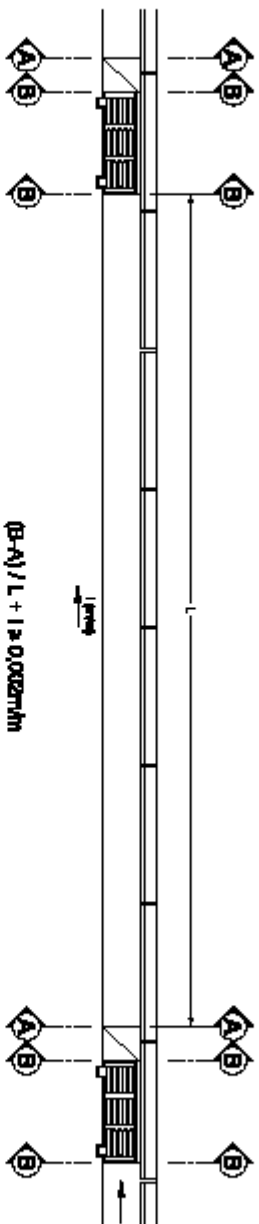


SEÇÃO TRANSVERSAL DA SARJETÁ
 ESCALA: 1/10



ESCOAMENTO PELA SARRETA
GREIDE COM DECLIVIDADE MENOR QUE 0,2%

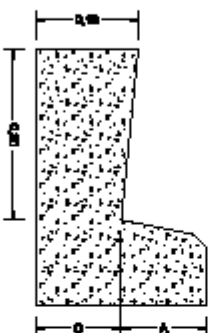
ESCALA: 1/10



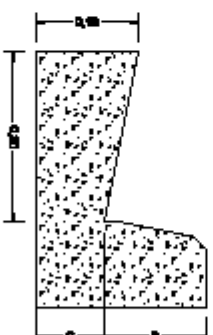
$$(B-A) / L + i \geq 0,0027 \text{ m/m}$$

$$C \geq 0,10 \text{ m}$$

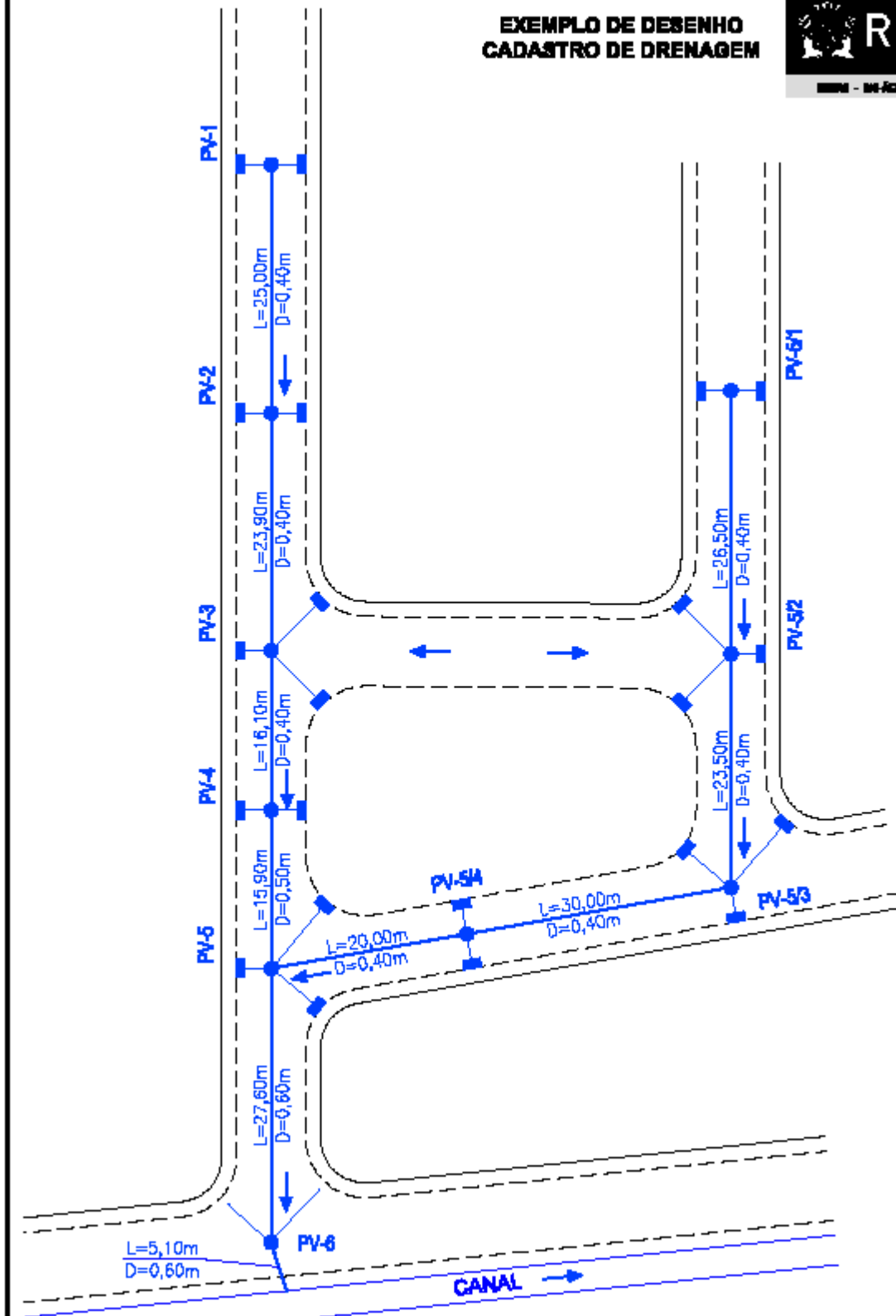
CORTE AA
ESCALA: 1/10



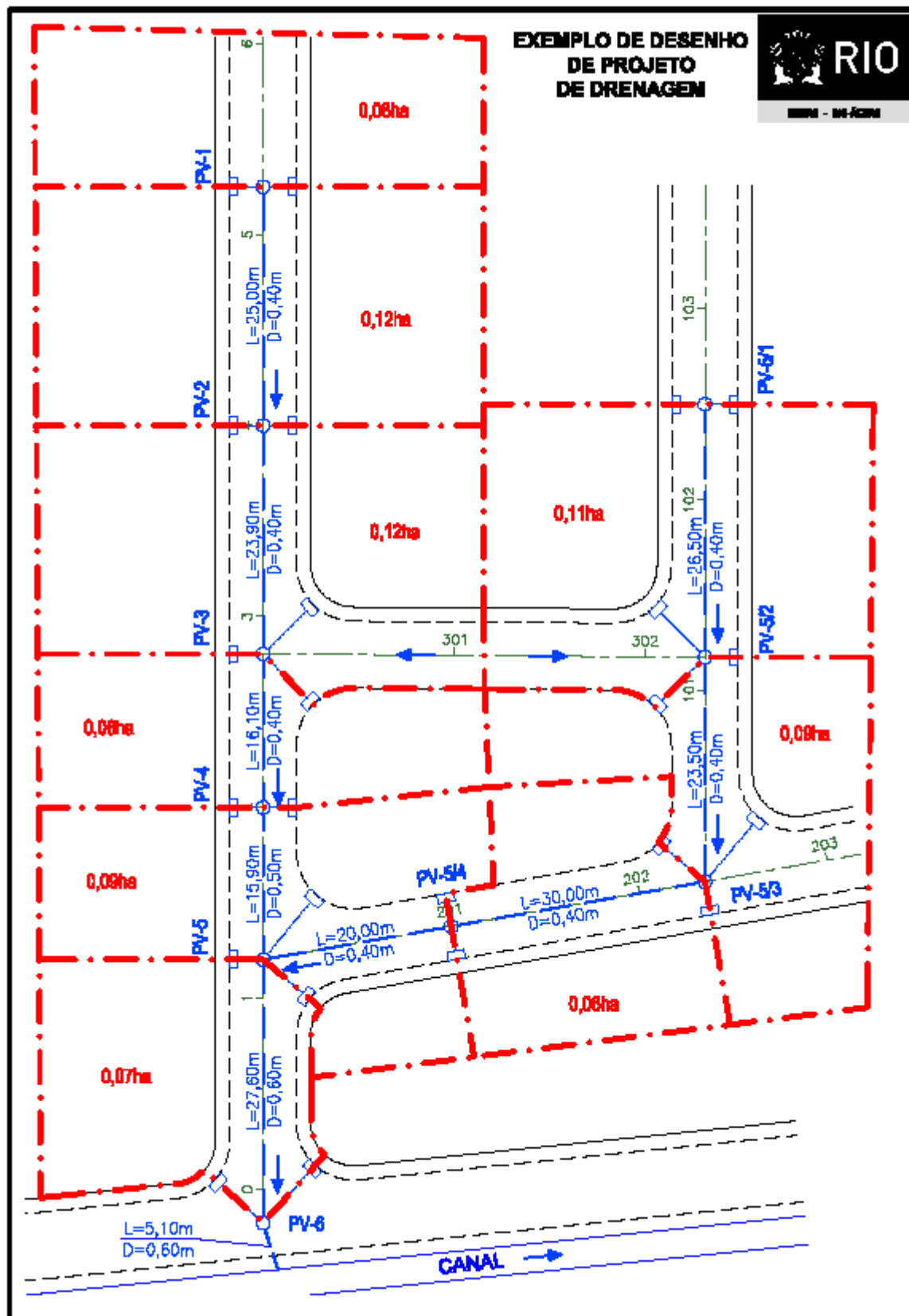
CORTE BB
ESCALA: 1/10



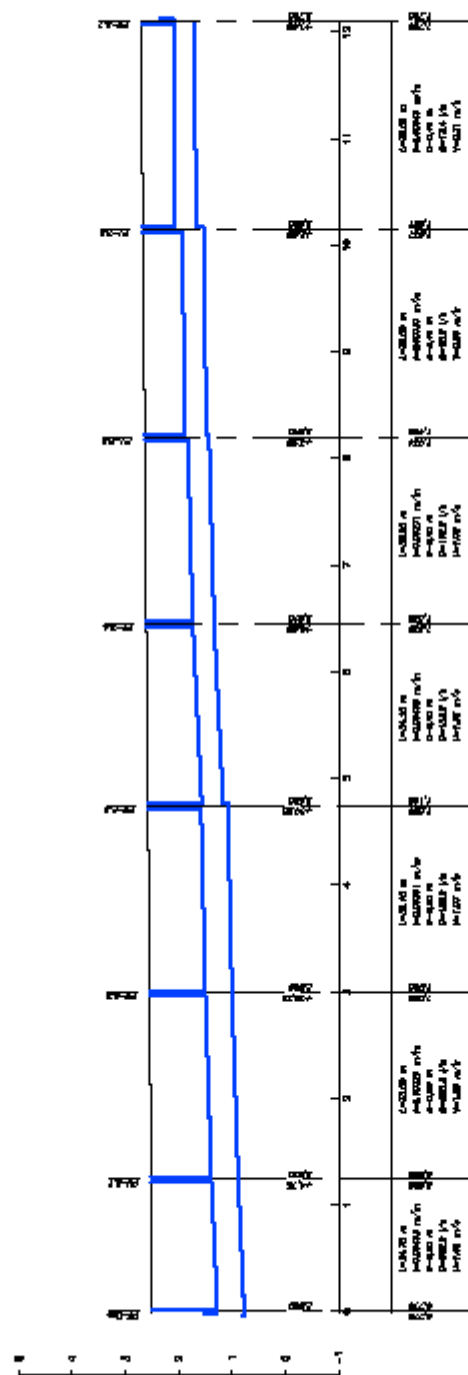
EXEMPLO DE DESENHO CADASTRO DE DRENAGEM



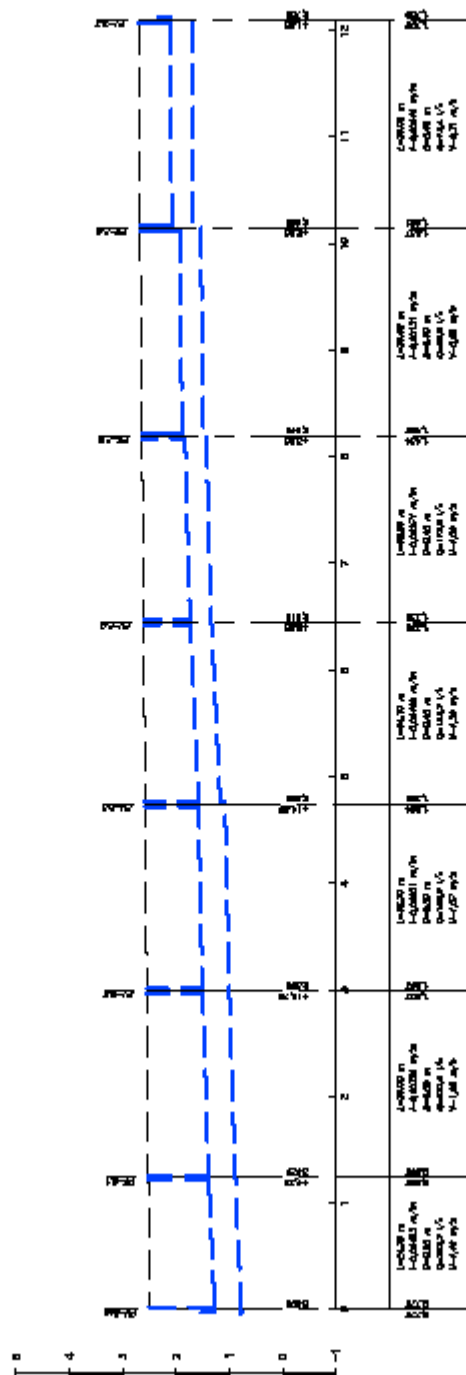
EXEMPLO DE DESENHO DE PROJETO DE DRENAGEM

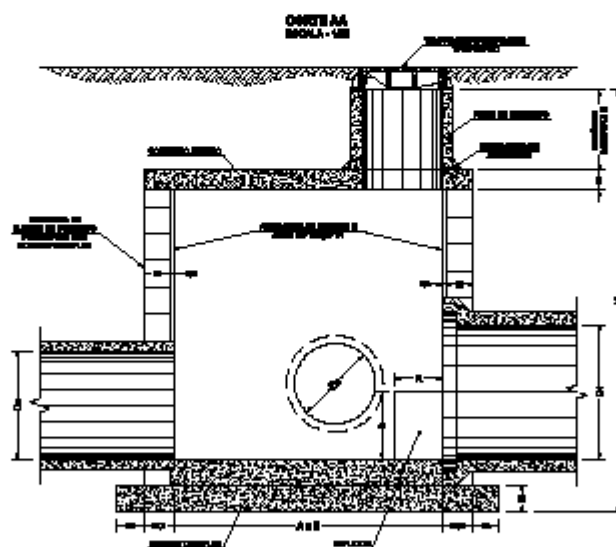
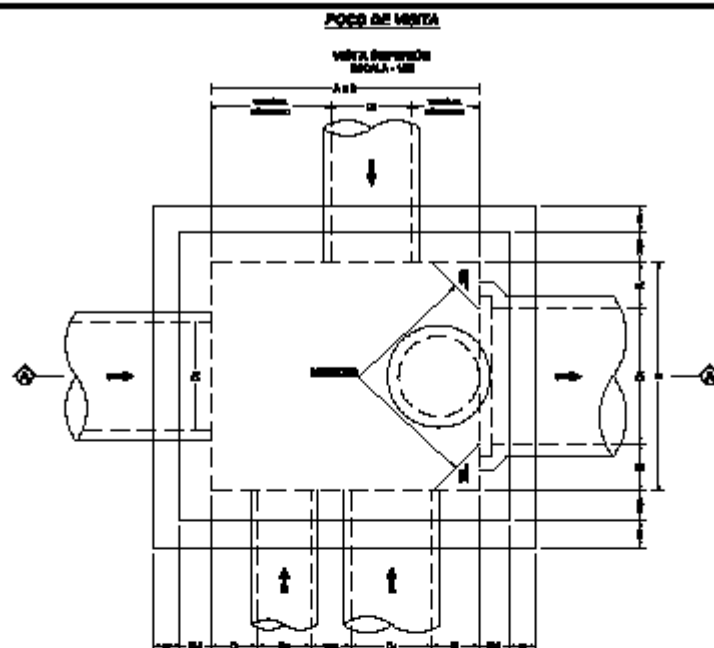


PERFIL DE CADASTRO DE GALERIAS PLUVIAIS



PERFIL DE PROJETO DE GALERIAS PLUVIAIS





DI / DI	Ø
40	30
50	40
60	50
70	60
80	70
90	80
100	90
120	110
150	140
200	190

DI	R
40	10
50	15
60	20
70	25
80	30
90	35
100	40
120	50
150	60
200	80

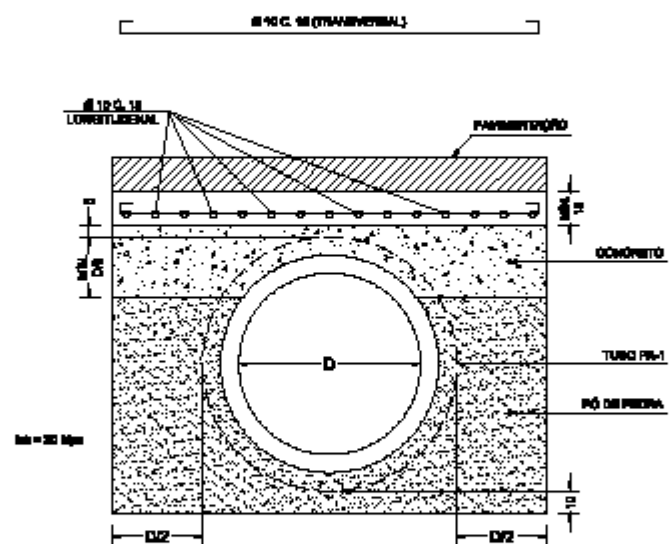
DI	Δ
40	10
50	15
60	20
70	25
80	30
90	35
100	40
120	50
150	60
200	80

NOTAS:

- 1) COTAS EM CENTÍMETROS;
- 2) QUANDO A ALTURA DO PU (P) FOR SUPERIOR A 2,00m, O DIÂMETRO DE PEDRAO FUNDEDO DEVERÁ SER APROXIMADO DIFERENCIALMENTE NA LATA SUPERIOR.

REFORÇO DE CONCRETO

SEÇÃO TRANSVERSAL ESCALA - 1/25

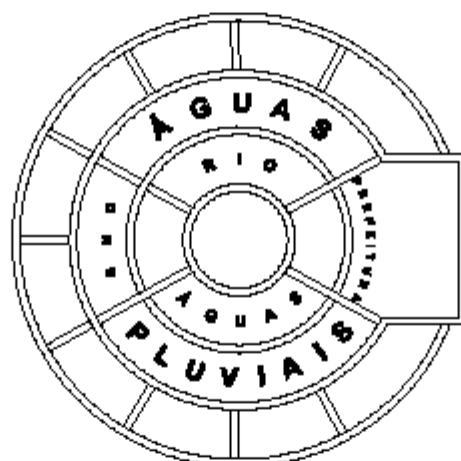


TAMPÃO DE FERRO FUNDIDO PADRÃO

Desenho Típico

ESCALA - 1/75

PLANTA

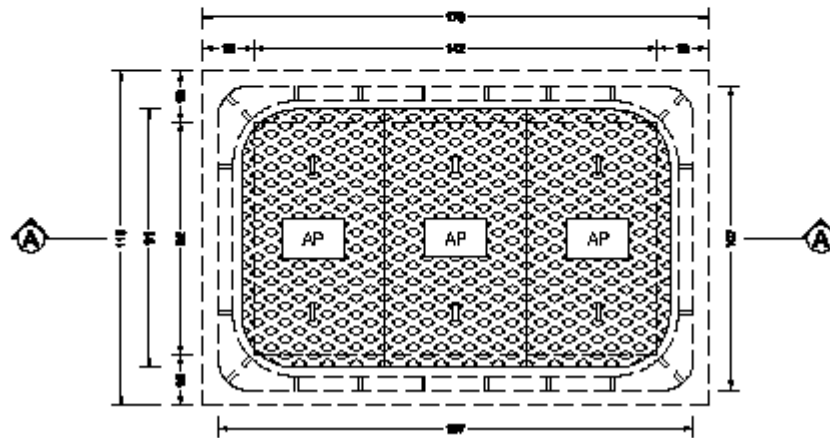


NOTA:

- Os tampões e grades deverão obedecer aos regulamentos estabelecidos na Norma NBR 10190.

TAMPÃO TIPO 3 SEÇÕES

VISTA SUPERIOR
ESCALA - 1/20



CORTE AA
ESCALA - 1/20

