

## MEMORIAL DE CÁLCULO (REDE DE DRENAGEM)

Requerente:  
PREFEITURA MUNICIPAL DE BOITUVA  
CNPJ: 46.634.499/0001-90

Localização: “Residencial De Lorenzi”  
Município: Boituva – SP

Micro Bacia Hidrográfica: Médio Tietê Superior  
Sorocaba Médio Tietê - UGRHI 10

Responsável Técnico:  
Eng. Luis Caetano da Silva Schincariol  
Crea: 5060730906

SETEMBRO / 2023  
BOITUVA - SP



## 1. Introdução

### Objetivo:

O presente projeto refere-se às instalações de um sistema de drenagem no bairro Residencial De Lorenzi, e compreende o escoamento superficial, captação, encaminhamento e lançamento das águas superficiais.

### Localização:

O referido empreendimento está localizado no Município de Boituva, Estado de São Paulo.

### Topografia:

O projeto de Drenagem foi desenvolvido sobre a fotografia aérea e levantamento, na escala 1:1.000.

### Classificação:

O referido foi projetado para captação da água escoada pelas microbacias locais. A área total de escoamento tem 6,22 ha.

### Área a ser atendida:

O projeto da rede de drenagem abrange as áreas citadas em planta. Devido às características topográficas do terreno, será previsto o escoamento superficial as águas pluviais coletadas e serão encaminhadas por uma rede de galerias até 1 ponto de lançamento. Citado no projeto de Rede de Drenagem.

Área de drenagem de 6,22 ha.

### Critério do projeto:

A coleta, afastamento e lançamento das águas pluviais da área em estudo serão feitos levando-se em conta: a topografia da área; o tipo de urbanização das ruas a implantar; a proteção aos pavimentos; a redução do alagamento; a eliminação de ponto baixo de acumulação de água; a diminuição de inundações.



A filosofia do sistema pluvial é exatamente oposta à filosofia da rede de esgoto. Assim, a rede pluvial só deverá existir em locais indispensáveis, devendo ser a menor possível. Também deverá captar parte das águas de chuva e a dispor o mais próximo possível, sem preocupação de ordem sanitária, só com preocupações hidráulicas.

## 2. Dispositivos

O sistema de drenagem, ou de micro drenagem de águas pluviais será composto dos seguintes dispositivos:

**Sarjetas:** Canais longitudinais, triangulares, situados entre a guia e a pista de rolamento, destinado a coletar e conduzir as águas de escoamento superficial até os pontos de coleta.

**Pavimentação:** como o local referido já está pavimentado, a pavimentação será feita com uma sub-base de brita granulada e superficialmente uma camada de concreto betuminoso usinado quente.

**Bocas de Leão (BL):** Também denominadas de bocas coletoras, são estruturas destinadas à captação das águas superficiais transportadas pelas sarjetas.

**Ligações Boca-Boca:** Tubo de ligação ou tubo conector que conduz a água captada em bocas de leão até outras bocas de lobo, evitando a utilização de poços visitáveis, simplificando a obra e reduzindo os custos de implantação. Terão diâmetro de 600 mm e declividade mínima de 1,5%.

**Galerias Coletoras:** São condutos destinados ao transporte das águas captadas nas bocas coletoras até os pontos de lançamento; tecnicamente denominada de galerias.

**Muro de ala:** Estrutura cuja função é o lançamento das águas, no final dessa estrutura há um trecho enrocamento, onde ocorre a dissipação da energia da água coletada para o lançamento.



### 3. Cálculo da Vazão de Cheia

#### 3.1. Metodologia de Cálculo

As águas de drenagem superficial são fundamentalmente originárias de precipitações pluviométricas, cujos possíveis transtornos que seriam provocados pelos escoamentos, devem ser neutralizados pelos sistemas de drenagem pluviais.

Na drenagem urbana, os dados históricos de vazões a serem utilizados no projeto de um determinado dispositivo, em geral, não são disponíveis e, ainda que disponíveis, são de pouca utilidade, visto que a ocupação de uma bacia hidrográfica é dinâmica, o que modifica significativamente o escoamento superficial ao longo do tempo.

As chuvas, por outro lado, são mais facilmente obtidas e o efeito da urbanização nas suas características são secundários; consistem, portanto, até certo ponto, em séries estacionárias, sendo, mais apropriadas para a utilização na drenagem urbana. Emprega-se deste modo, metodologias de transformação de chuva em vazão.

#### 3.2. Método de Cálculo das Vazões

Utilizaremos o Método Racional para cálculo das vazões de chuva que correrão pelas ruas.

O Método Racional traz resultados bastante aceitáveis para o estudo de pequenas bacias (áreas com até 100 hectares), de conformação comum, tendo em vista a sua simplicidade de operação bem como da inexistência de um método de melhor confiabilidade para situações desta natureza.



Menores erros funcionais advirão da maior acuidade na determinação dos coeficientes de escoamento superficial e dos demais parâmetros necessários para determinação das vazões que influirão diretamente nas dimensões das obras do sistema a ser implantado.

O Método Racional relaciona evidentemente a precipitação com o deflúvio, considerando as principais características da bacia, tais como área, permeabilidade, forma, declividade média, etc., sendo a vazão de dimensionamento calculada pela seguinte expressão:

$$Q = C \cdot I \cdot Ad$$

Onde:

- $Q = \text{Vazão de cheia} \left[ \frac{m^3}{s} \right];$
- $C = \text{Coeficiente de escoamento superficial};$
- $I = \text{Intensidade da precipitação} \left[ \frac{mm}{h} \rightarrow \frac{m}{s} \right];$
- $Ad = \text{Área de drenagem da bacia} \left[ ha \rightarrow m^2 \right].$

### COEFICIENTE DE RUNOFF (DEFLÚVIO):

O coeficiente C é função da permeabilidade do solo, da declividade do terreno, do uso da terra, revestimento vegetal e urbanização da bacia. Dessa forma, será adotado o coeficiente  $C = 0,60$

O valor do coeficiente foi definido seguindo a seguinte fonte: AZEVEDO, N e MIGUEL, F. MANUAL DE HIDRÁULICA. 9ª Edição

### 3.3. Tempo de Retorno

O tempo de recorrência (T), é o tempo, em anos, que uma chuva de determinada intensidade tem probabilidade de ocorrer pelo menos uma vez.

Refere-se ao intervalo de tempo onde determinada chuva de projeto é igualada ou suplantada estatisticamente; também conhecido como período de recorrência ou de retorno. Adotaremos o retorno de 10 anos para sarjetas e 10



anos para as galerias, visto que o plano de macrodrenagem no município indica esse valor.

### 3.4. Tempo de Concentração

O tempo de concentração (TC), é o tempo em min, é definido como o tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial num determinado ponto de controle.

Refere-se ao menor tempo necessário para que toda a bacia de drenagem possa contribuir para a seção em estudo, durante uma precipitação torrencial. Adotamos  $T_c = 10$  minutos.

### 3.5. Intensidade da Chuva de Projeto

De acordo com o manual de equações de chuvas intensas do Estado de São Paulo, utilizou-se a equação de chuva intensa do município mais próximo de Boituva, ou seja, o município de Tatuí, com período de retorno de 10 anos.

Segue abaixo a equação:

$$I = \left\{ 19,25 \cdot (T_c + 20)^{-0,7872} + 5,511 \cdot (T_c + 20)^{-0,7609} \right\} \cdot \left[ -0,4766 - 0,8977 \cdot \ln T \right]$$

[mm/h]

Sendo:

- $T_c =$  Tempo de concentração [10 min];
- $T =$  Período de retorno [10 anos].

Uso	I [mm/h]
-----	----------



I	119,80
---	--------

### 3.6. Boca de Lobo

Por segurança consideraremos para cálculo da capacidade de vazão da boca-de-lobo, seu funcionamento como vertedor. Onde a lâmina d'água  $Y$  é mais baixa que a altura  $h$  da abertura sob a guia. Dessa forma a capacidade de engolimento pode ser calculada como um vertedor de parede espessa.

Conforme pode ser constatado no desenho anexo, a abertura sob a guia tem 1,00 m de largura e altura de 0,15m. Para cálculo como vertedor, que vem a ser a situação mais desfavorável quanto à capacidade de vazão consideramos a altura da lâmina d'água  $h = 0,13$  m.

Assim, utilizando-se a equação de vazão para vertedores de parede espessa:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2g}{3}} \cdot L \cdot H^{\frac{2}{3}}$$

Onde:

- $Q = \text{Vazão de cheia} \left[ \frac{m^3}{s} \right];$
- $g = \text{força da gravidade} \left[ 9,81 \frac{m}{s^2} \right];$
- $L = \text{Intensidade da precipitação} \left[ \frac{mm}{h} \right];$
- $H = \text{Área de drenagem da bacia} \left[ Km^2 \right].$



Uso	Q [l/s]
Boca Lobo simples	50
Boca de Leão	180

### 3.7. Dimensionamento das Tubulações dos Ramais e Galerias

Para prevenir entupimentos com detritos, serão utilizados tubos de concreto simples com declividade mínima de 1 % em galerias e 1,5% em ramais, e de diâmetro mínimo de 0,60 m. A fixação desse diâmetro cria uma capacidade de esgotamento bem superior à capacidade de engolimento da boca de lobo, mas facilita sua limpeza e manutenção.

Utilizaremos a fórmula de Manning para a determinação da vazão máxima (Q):

$$Q = \frac{Am \times Rh^{2/3} \times I^{0,5}}{n}$$

Onde:

- $Q = \text{Vazão de cheia} \left[ \frac{m^3}{s} \right]$  (para  $T = 10$  anos);
- $n = \text{Coeficiente de rugosidade} [0,015 \text{ Adimensional}]$ ;
- $Am = \text{Área molhada} [m^2]$ ;
- $Rh = \text{Raio Hidraulico} [m]$ ;
- $I = \text{Inclinação} \left[ 0,006 \frac{m}{m} \right]$ .

O cálculo da velocidade foi realizado através da equação da continuidade:



$$V = \frac{Q_p}{Am}$$

- $Q = \text{Vazão de cheia} \left[ \frac{m^3}{s} \right]$ ;
- $V = \text{Velocidade} \left[ \frac{m}{s} \right]$ ;
- $Am = \text{Área molhada} [m^2]$ ;

Obs: Ver planilha de dimensionamento. Método de CHÉZY considerando  $\frac{3}{4}$  de seção de escoamento. AZEVEDO, N e MIGUEL, F. MANUAL DE HIDRÁULICA. 9ª Edição, CAP. B-I.3 “galerias”.

O diâmetro mínimo será  $\varnothing$  0,60m, executado em tubulação de concreto armado, com os mesmos procedimentos construtivos do condutor principal.

As tubulações serão executadas com cobertura mínima de 0,60m nos leitos de ruas. Nos trechos de ruas onde será executada rede coletora de esgotos sanitários, está previsto o assentamento das galerias a uma profundidade de 1,50 metros nos trechos que terão rede coletora de esgotos sanitários, visto que a tubulação dos ramais da rede coletora será assentada a profundidade de 1,20 metros, criando um espaço suficiente para a implantação das duas tubulações sem problemas de cruzamento das mesmas.

A capacidade de vazão das tubulações será calculada pela equação de Manning.

Para o dimensionamento das galerias serão adotados os mesmos parâmetros utilizados para cálculo das Sarjetas.

O cálculo da Galeria levará em conta os seguintes parâmetros: Para a canalização principal, os critérios de dimensionamento são: para seções circulares, admitiremos que eles possam trabalhar até a seção plena;

- O diâmetro mínimo da canalização principal será de 0,60 m;
- O recobrimento mínimo será de 0,60 m e máximo de 3,50 m;
- Os tubos serão de concreto simples PS-1;



- As velocidades ideais de escoamento serão: mínima 0,60 m/s e máxima de 5,00 m/s; ( Com exceção ao trecho BLR.5-ALA, os trechos respeitaram a velocidade limite de escoamento, no trecho em questão será instalada a jusante um dispositivo de dissipação de energia.)

o cálculo hidráulico de galerias se fará no regime uniforme, ou seja, admite-se que de cada trecho de galeria não haverá variação de velocidades de escoamento e de lâmina de água no tempo, enquanto este trecho funcionar com a vazão de projeto.

Como todas as bacias que contribuem para as sarjetas têm características de impermeabilização semelhantes será utilizado o mesmo coeficiente de infiltração C.

Dimensionamento Hidráulico															
Trecho	Comp.	Cota do Terreno	Cota do Coletor	Prof. do Col	Área	Decliv	Coef Manning	Vazão	Diam.	H. Lam.	A.M.	P.M.	R.H.	VAZÃO	Vel.
		Mont Jus	Mont Jus	Mont Jus											
-	( m )	( m )	( m )	( m )	(ha)	( m /m )	-	(m3/s)	( m )	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)	(m/s)
PV.1-PV.2	38,89	607,00 605,00	604,00 602,00	3,00 3,00	3,09	0,051	0,015	0,617	0,80	0,27	0,15	0,98	0,15	0,617	4,2
PV.2-PV.3	70,92	605,00 598,00	600,70 596,50	4,30 1,50	3,87	0,059	0,015	0,773	0,80	0,29	0,16	1,03	0,16	0,773	4,7
PV.3-PV.4	70,93	598,00 589,80	593,25 588,30	4,75 1,50	3,87	0,070	0,015	0,773	0,80	0,28	0,15	1,00	0,15	0,773	5,0
PV.4-BLR.5	26,34	589,80 586,96	586,80 585,26	3,00 1,70	4,14	0,058	0,015	0,827	0,80	0,30	0,17	1,05	0,16	0,827	4,8
PV.5-PV.6	62,60	587,90 587,50	586,10 585,50	1,80 2,00	1,27	0,010	0,015	0,254	0,60	0,30	0,14	0,93	0,15	0,254	1,8
PV.6-PV.7	57,57	587,50 587,10	585,50 584,60	2,00 2,50	2,08	0,016	0,015	0,415	0,60	0,34	0,17	1,03	0,16	0,415	2,5
PV.7-BLR.5	5,98	587,10 586,96	584,10 583,96	3,00 3,00	2,08	0,023	0,015	0,415	0,80	0,26	0,15	0,98	0,15	0,415	2,9
BLR.5-ALA	43,96	586,96 577,50	580,46 577,50	6,50 0,00	6,30	0,067	0,015	1,258	1,00	0,33	0,22	1,22	0,18	1,258	5,6

**Obs.: Apesar do trecho final (BLR.5 - ALA) apresentar velocidade elevada foi projetado um sistema de dissipação com uma estrutura de gabião a jusante do muro ala.**



Tabela de Verificação do Escoamento Superficial								
Trecho	Decl.	Área	Vazão Pluvial	H Lam. Sarjeta	Capacidade da Sarjeta	Velocidade	Desc. Boca de Lobo	Vazão Engolida
-	( m /m )	( Ha )	( m <sup>3</sup> /s)	( m )	( m <sup>3</sup> /s)	( m/s)	( UNID)	( m <sup>3</sup> /s)
AD 1	0,006	0,6	0,1198	0,12	0,1862	0,7758	BL3.1*	-
AD 2	0,012	0,62	0,1238	0,12	0,2633	1,0971	BL3.1*	-
AD 3	0,012	0,69	0,1378	1,12	0,2633	1,0971	BL3.1*	0,360
AD 4	0,008	0,73	0,1458	2,12	0,2150	0,8958	BL.2	0,180
AD 5	0,043	0,45	0,0899	3,12	0,4984	2,0768	BL.1	0,180
AD 6	0,093	0,16	0,0320	4,12	0,7330	3,0542	BL.4	0,180
AD 7	0,093	0,62	0,1238	5,12	0,7330	3,0542	BL.3 e BL.5	0,180
AD 8	0,093	0,27	0,0539	6,12	0,7330	3,0542	BL.6 e BL.12	0,180
AD 9	0,082	0,68	0,1358	7,12	0,6883	2,8679	BL.8	0,180
AD 10	0,082	0,59	0,1178	8,12	0,6883	2,8679	BL.9	0,180
AD 11	0,099	0,5	0,0999	9,12	0,7563	3,1512	BL.11	0,180
AD 12	0,099	0,31	0,0619	10,12	0,7563	3,1512	BL.10	0,180
AD 13	0,014	0,08	0,0160	10,12	0,2844	1,1850	BL.7 e BL.13	0,180

*\*os trechos 1, 2 e 3 serão captados pela boca de leão denominada BL2.1, vide detalhe em planta.*

*obs.: as captações serão distribuídas ao longo do trecho de forma que a vazão de escoamento superficial não ultrapasse a capacidade da sarjeta.*

#### 4. Estrutura de Lançamento:

A jusante do muro de ala será construída estruturas de lançamento, de modo a compatibilizar a passagem da vazão de cheia para as respectivas seções naturais dos cursos d'água. Os cálculos foram realizados com base no Manual de drenagem do DNIT.

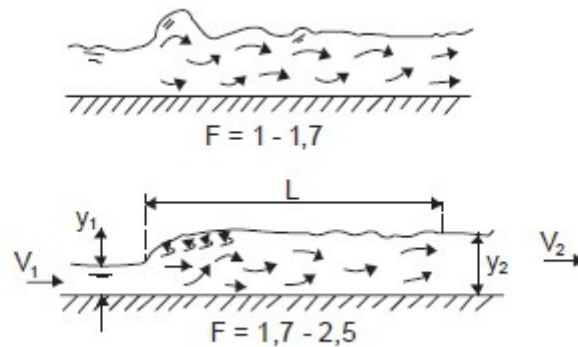
Segundo experiências elaboradas pelo Bureau of Reclamation – USA, o ressalto hidráulico que ocorre na bacia de amortecimento é função da variação do número de Froude. E a determinação deste ressalto hidráulico permitirá o dimensionamento do dispositivo.

Para o número de Froude até 1,7, não há necessidade de preocupações, pois haverá apenas pequena turbulência superficial da água.

Para o número de Froude entre 1,7 e 2,5 e entre 4,5 e 9,0 o efeito amortecedor para o ressalto que se forma pode ser feito através de uma bacia



de amortecimento horizontal lisa de concreto, calculada através de experiências do BPR.



O cálculo do número de Froude:

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{(g \times Y_1)}}$$

Onde:

- $V = \text{Velocidade} \left[ \frac{m}{s} \right];$
- $g = \text{força da gravidade} \left[ 9,81 \frac{m}{s^2} \right];$
- $Y_1 = \text{Altura da lamina d'água} [m];$

Uso	$F_1$
ALA1	3,11

O cálculo do ressalto hidráulico:

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} \times \left( \sqrt{(1 + 8F_1^2)} \right) - 1$$

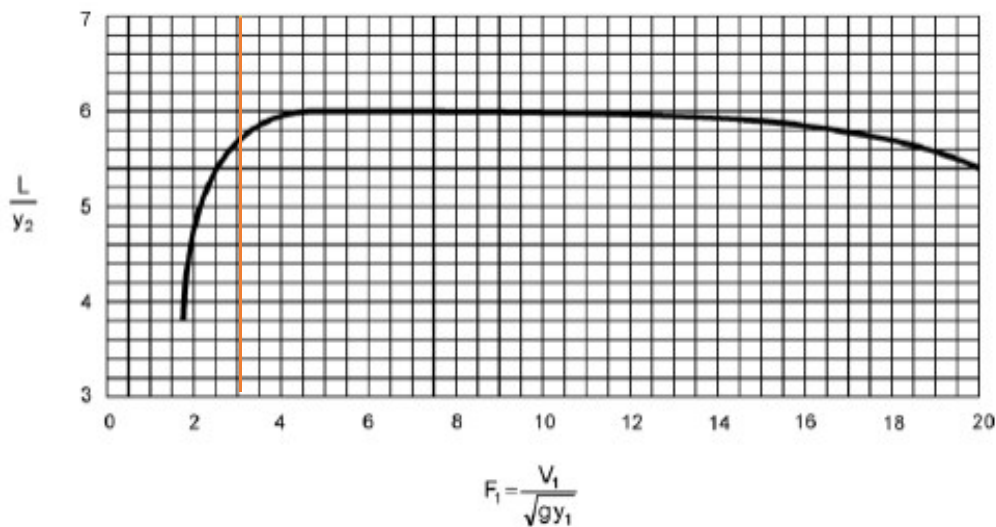
Onde:



- $V = \text{Velocidade} \left[ \frac{m}{s} \right];$
- $L = \text{Comprimento do ressalto} [m];$
- $g = \text{força da gravidade} \left[ 9,81 \frac{m}{s^2} \right];$
- $Y_1 = \text{Altura da lamina d'água} [m];$
- $Y_2 = \text{Altura do ressalto hidraulico} [m].$

Uso	$Y_2$
ALA1	1,29

A longitude do ressalto, e, por conseguinte o comprimento da bacia de amortecimento, baseado em experiências de laboratório do BPR.



Uso	L
ALA1	8,20

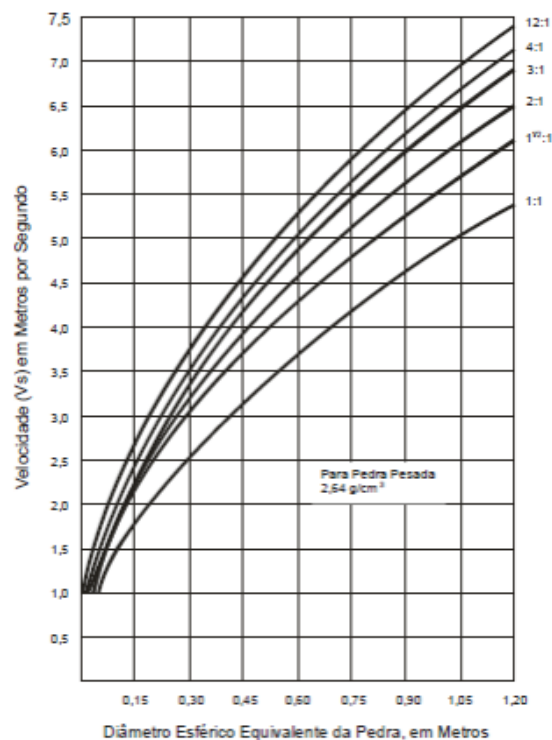
É recomendável a utilização de dissipador tipo "rip-rap" na saída das bacias de amortecimento, saída de bueiros, e na saída de outros dispositivos



cuja velocidade da água não comprometa seriamente o terreno natural, justificando neste caso o projeto completo de uma bacia de amortecimento.

A extensão do “rip-rap”, deve ser adequada para a velocidade e volume d’água que sai do dissipador e as condições do leito a jusante. Deve ser construído com as pedras dispostas em desordem, as quais devem possuir formas irregulares e seus diâmetros resultam de um cálculo determinado pelas curvas do gráfico a seguir.

O gráfico a seguir faz uma relação com a velocidade de saída da água do dispositivo a montante e com a inclinação longitudinal do terreno de jusante, determina-se o diâmetro esférico equivalente da pedra, em metros.



Uso	V [m/s ]	Y1 [m]	Y2 [m]	D50 [m]	F	L. [m]
ALA 1	5,6	0,33	1,29	1,05	3,1 2	8,20.



Obs.: Devido ao presente regime de escoamento será utilizado em substituição as pedras arrumadas, uma estrutura de gabiões. E será executado um muro ala que lançará a água no nível da lâmina d'água do córrego.

## 5. Referencia

ASCE. **Design and construction of sanitary and storm sewers**. Manuals and Reports of Engineering Practice n. 37. New York: 1969.

AZEVEDO, N e MIGUEL, F. **Manual de hidráulica**. 9º Edição.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Drenagem urbana: manual de projeto**. 3 ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. **Equações de chuvas intensas do Estado de São Paulo**. Edição revisada. São Paulo: DAEE, 1999.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. **Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas**. 3 ed. São Paulo: DAEE, 2008.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. **Manual de cálculo das vazões máximas, médias e mínimas nas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo**. São Paulo: DAEE, 1994.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. **Precipitações intensas na bacia do Alto Tietê**. São Paulo: DAEE, 2015.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. **Precipitações intensas no Estado de São Paulo**. São Paulo: DAEE, 2018.

NR 18 – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção;

NBR 8890/2007: Fornecimento de Tubos de Concreto Armado, para Águas Pluviais;

NBR 9794/1987: Tubos de Concreto Armado de Seção Circular para Águas Pluviais;

NBR 11171/1990: Serviço de Pavimentação Asfáltica;

NBR 12266/1992: Projeto e Execução de Valas para Assentamento de Tubulação de Água, Esgoto ou Drenagem Urbana;

NBR 15645/2020: Execução de Obras utilizando Tubos e Aduelas Pré-Moldados em Concreto; Requisitos e Métodos de ensaios em solo:

NBR 5681/2015: Controle Tecnológico da Execução de Aterros em Obras de Edificações;

NBR 6459/2019: Solo – Prova de Carga Estática em Fundação Direta;

NBR 7180/2016: Solo – Determinação do Limite de Plasticidade;

NBR 7181/2018: Solo – Análise Granulométrica;



NBR 7182/2020: Solo – Ensaio de Compactação; Execução do muro de ala;

NBR 6118/2014: Projeto de Estruturas de Concreto;

NBR 8681/2004: Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimento;

NBR 6122/2010: Projeto e Execução de Fundações;

NBR 16920-1/2021: Muros e Taludes em Solos Reforçados;

NBR 11682/2009: Estabilidade de Encostas.

SÃO PAULO, Prefeitura do Município de. Secretaria de Vias Públicas. Superintendências de Projetos e de Obras. **DP-H06 - Diretrizes de projeto de hidráulica e drenagem:** diretrizes de projeto para estudos hidrológicos - método de I-Pai-Wu. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, 1999.

TUCCI, Carlos E. M.; SILVEIRA, André L. L. da. **Hidrologia:** ciência e aplicação. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2007.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** 2 ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil Ltda, 1980.

WILKEN, P.S. **Engenharia de drenagem superficial.** 1 ed. São Paulo: CETESB, 1978.

## 6. Assinaturas

*assinado digitalmente*  
**EDSON JOSÉ MARCUSSO**  
**PREFEITURA DE BOITUVA**  
**CNPJ 46.634.499/0001-90**

*assinado digitalmente*  
**LUIS CAETANO DA SILVA SCHINCARIOL**  
**Responsável Técnico**  
**Engenheiro Civil**  
**ART Nº: 28027230230053313**  
**CREA 5060730906**

