Código	Rev.
956-SIM001-010-DR8-001	Ø
Emissão	**Folha**
Dezembro/2020	01 de 21

DOCUMENTO TÉCNICO

Cliente: **SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE**	**Emitente** **Projetista** **Engª Juliana Godoi** **CREA nº: 5061989252**
Projeto: **EXECUÇÃO DE SERVIÇOS DE ELABORAÇÃO DO PROJETO BÁSICO E EXECUTIVO DE ENGENHARIA PARA CONTENÇAO DE ENCOSTA E ESTABILIZAÇÃO DO MORRO DO PINTO**	**Emitente**
Objeto: **MEMORIAL DE CÁLCULO DE DRENAGEM**	

Documentos de Referência

- **956-SIM001-010-DR3-051 _ DETALHES DE DRENAGEM**

Documentos Resultantes

- **956-SIM001-010-DR3-001 _ TRAÇADO EM PLANTA.**

Observação

Ø	JULIANA GODOI	04/12/2020			
REV.	RESP. TÉC. / EMITENTE	DATA	REV.	RESP. TÉC. / EMITENTE	DATA

DOCUMENTO TÉCNICO (Continuação)

Controle das revisões

Revisão do Doc.	Ø						
Folha	**Revisão da folha**						
01	Ø						
02	Ø						
03	Ø						
04	Ø						
05	Ø						
06	Ø						
07	Ø						
08	Ø						
09	Ø						
10	Ø						
11	Ø						
12	Ø						
13	Ø						
14	Ø						
15	Ø						
16	Ø						
17	Ø						
18	Ø						
19	Ø						
20	Ø						
21	Ø						

Revisão do Doc.							
Folha	**Revisão da folha**						

Revisão do Doc.							
Folha	**Revisão da folha**						

CONTROLE DA EXECUÇÃO

Atividade	Nome	Revisão / Rubrica						
		∅						
Elaborado	BRUNA							
Verificado	ORLANDO							
Aprovado	JULIANA							

ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO E OBJETIVO 5
2. PLANTA DE BACIA CARTOGRÁFICA 7
3. PARÂMETROS E CRITÉRIOS DE PROJETO 9
3.1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS 9
3.1.1. Intensidade da Chuva de Projeto (i) 9
3.1.2. Período de Retorno (T) 14
3.1.3. Tempo de Concentração (tc) 14
3.1.4. Coeficiente (C) de Escoamento Superficial (RUN-OFF) 14
3.1.5. Determinação das Vazões de Projeto 15
3.2. ESTUDOS HIDRÁULICOS 17
3.2.1. COEFICIENTE DE RUGOSIDADE (η) 17
3.2.2. VELOCIDADES-LIMITE 17
4. PLANILHA DE VALETAS RESULTANTE 19
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 21

1.APRESENTAÇÃO E OBJETIVO

1. APRESENTAÇÃO E OBJETIVO

Este documento apresenta o memorial de cálculo de drenagem para a Secretaria de Meio Ambiente, contendo os estudos hidrológicos e hidráulicos para a "*Execução dos Serviços de Engenharia para Contenção de Encosta e Estabilização do Morro do Pinto*", em Guarujá.

Planta de Localização: Morro do Pinto, com área de risco indicadas em retângulos

Fonte: Google Earth Pro_2019_s/escala

Este projeto tem por objetivo a implantação de dispositivos de drenagem capazes de captar e conduzir adequadamente a águas superficiais de modo a preservar evitar a formação de erosão no talude do morro.

Para tanto serão previstos a execução de obras de proteção em determinados trechos do maciço, conduzindo as contribuições pluviométricas com segurança até a base da encosta, precavendo-se desta forma da ocorrência de um risco de um colapso de parte do maciço ou de ruptura de matacões incrustradas no morro.

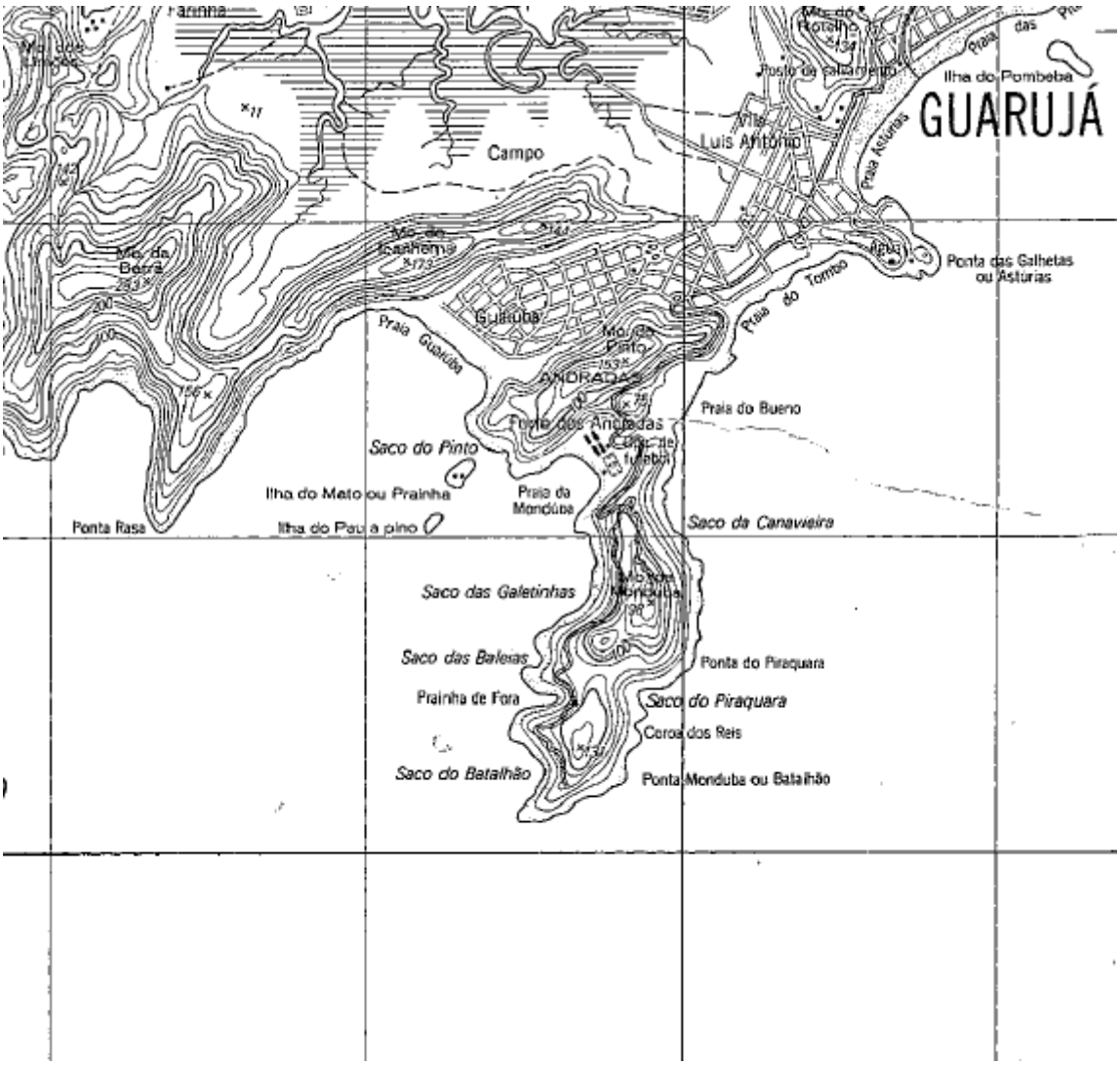
A área em estudo situa-se lindeira à Rua Horácio Guedes Barreiro, compreendendo uma extensão aproximada de 1,50km entre o início da Rua Paulo Henrique Romanese e a Rua Antônio dos Santos Coelho Júnior, esta última via situado no limite com a área militar denominado Forte dos Andradas, no Jardim Guaiúba, município de Guarujá.

2. PLANTA DE BACIA CARTOGRÁFICA

2. PLANTA DE BACIA CARTOGRÁFICA

Para a delimitação das áreas de bacias contribuintes das valetas em degrau previstas no morro em estudo foi utilizado planta cartográfica obtida junto ao IBGE / EMPLASA na escala 1:50.000, apresentando a seguinte codificação:

Folha: SF.23-Y-D-IV-3 / SG.23-V-B-I-1
Articulação: Santos – MI-2794-3 / MI-2815-1
Datum Horizontal: SAD-69.



3. PARÂMETROS E CRITÉRIOS DE PROJETO

3. PARÂMETROS E CRITÉRIOS DE PROJETO

3.1. Estudos Hidrológicos

Os estudos hidrológicos apresentados a seguir visam fornecer subsídios e informações necessárias para a determinação da vazão de projeto para a implantação de valetas ou canaletas de proteção que se fizerem necessárias para evitar que as águas superficiais venham a provocar erosão na encosta do Morro do Pinto e desestabilizar o maciço.

3.1.1. Intensidade da Chuva de Projeto (i)

É definida como sendo a altura de chuva (quantidade) que cai num determinado intervalo de tempo, para uma dada frequência e com uma duração igual ao tempo de concentração.

A intensidade de precipitação será calculada mediante a aplicação da equação de chuvas de Guarujá, constante na publicação "Precipitações Intensas no Estado de São Paulo", em convenio com Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos, DAEE e o Centro Tecnológico de Hidráulica da USP atualizado em Maio /2018):

Equação de Chuvas Intensas Posto E3-045R / DAEE
Entidade: Vicente de Carvalho
Autor: Martinez e Magni (2013)
Latitude: 23° 56'S;
Longitude: 46°17'W;
Altitude: 3m;
Duração da estação: 1942 a 2002
Período de dados: 1970, 1972-1975; 1977-2001(30 anos).

$$i = 31{,}70 \cdot (t+30)^{-0{,}81619} + 9{,}54(t+20)^{-0{,}81602} \cdot \left\{ -0{,}4831 - 0{,}9000 \ln\left[\ln\left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\}$$

Para 10 min. $\leq$ t $\leq$ 1.440 min.

Sendo:

i = Intensidade de chuva, em mm/min.;
t = Duração da chuva, em minutos;
T= Período de retorno, em anos.

TABELA DE MÁXIMAS INTENSIDADES DE CHUVA, em mm/h

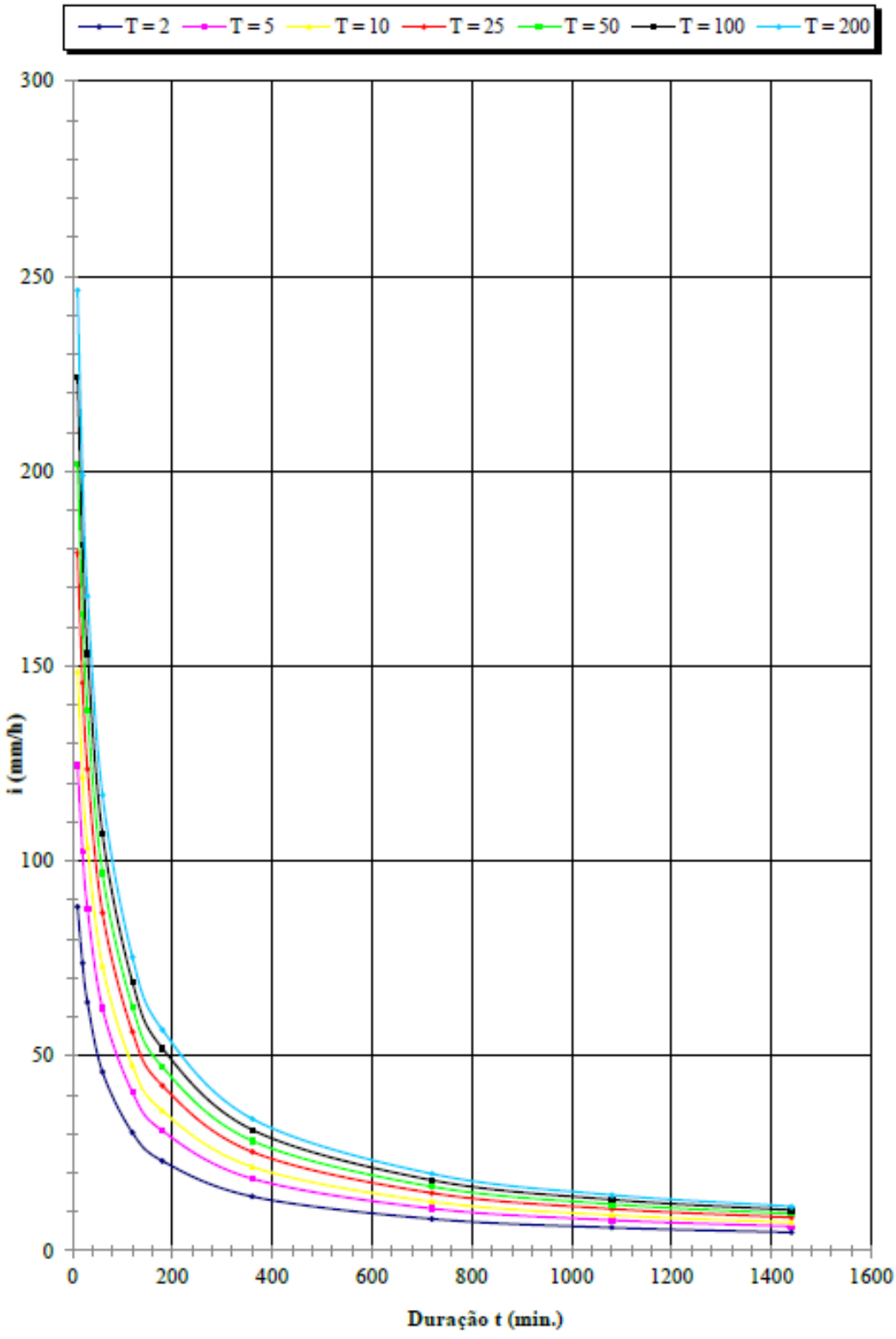
Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	88,2	124,6	148,7	162,3	171,8	179,1	201,7	224,1	246,4
20	73,8	102,5	121,6	132,3	139,8	145,6	163,5	181,2	198,9
30	63,7	87,7	103,5	112,5	118,8	123,6	138,5	153,2	168,0
60	45,9	62,2	73,0	79,1	83,4	86,7	96,8	106,9	116,9
120	30,3	40,6	47,5	51,4	54,1	56,2	62,6	69,0	75,3
180	23,0	30,8	35,9	38,8	40,8	42,4	47,2	51,9	56,7
360	13,9	18,5	21,5	23,2	24,4	25,4	28,2	31,0	33,8
720	8,2	10,8	12,6	13,6	14,3	14,8	16,5	18,1	19,7
1080	5,9	7,9	9,1	9,8	10,4	10,7	11,9	13,1	14,3
1440	4,7	6,2	7,3	7,8	8,2	8,5	9,5	10,4	11,4

Fonte: Precipitações Intensas do Estado de São Paulo – DAEE/CTH

TABELA DE MÁXIMAS ALTURAS DE CHUVA, em mm

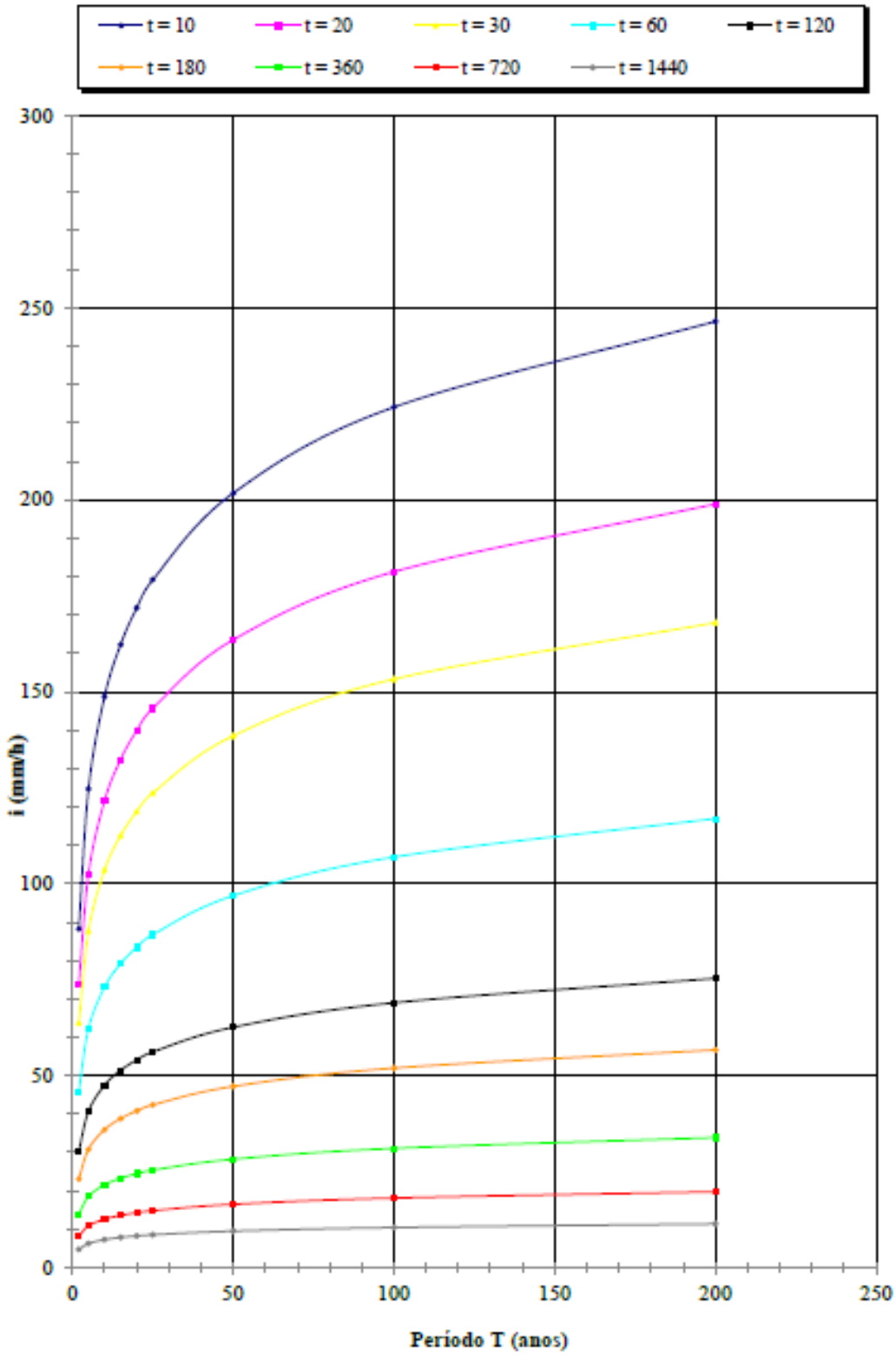
Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	14,7	20,8	24,8	27,0	28,6	29,9	33,6	37,4	41,1
20	24,6	34,2	40,5	44,1	46,6	48,5	54,5	60,4	66,3
30	31,8	43,8	51,8	56,2	59,4	61,8	69,2	76,6	84,0
60	45,9	62,2	73,0	79,1	83,4	86,7	96,8	106,9	116,9
120	60,6	81,3	95,0	102,7	108,1	112,3	125,2	137,9	150,6
180	69,1	92,3	107,7	116,4	122,4	127,1	141,5	155,8	170,1
360	83,5	111,0	129,2	139,5	146,6	152,2	169,2	186,2	203,1
720	98,0	129,9	151,0	162,9	171,3	177,7	197,5	217,2	236,8
1080	106,7	141,4	164,3	177,3	186,3	193,3	214,8	236,1	257,4
1440	113,2	149,8	174,1	187,8	197,4	204,8	227,5	250,1	272,6

Fonte: Precipitações Intensas do Estado de São Paulo – DAEE/CTH



CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DE DURAÇÃO t (MINUTOS)

Fonte: Precipitações Intensas do Estado de São Paulo – DAEE/CTH



CURVAS I-D-F EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE RETORNO (ANOS)

Fonte: Precipitações Intensas do Estado de São Paulo – DAEE/CTH

TABELA DE MÁXIMAS INTENSIDADES DE CHUVA, em mm/h

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	88,2	124,6	148,7	162,3	171,8	179,1	201,7	224,1	246,4
20	73,8	102,5	121,6	132,3	139,8	145,6	163,5	181,2	198,9
30	63,7	87,7	103,5	112,5	118,8	123,6	138,5	153,2	168,0
60	45,9	62,2	73,0	79,1	83,4	86,7	96,8	106,9	116,9
120	30,3	40,6	47,5	51,4	54,1	56,2	62,6	69,0	75,3
180	23,0	30,8	35,9	38,8	40,8	42,4	47,2	51,9	56,7
360	13,9	18,5	21,5	23,2	24,4	25,4	28,2	31,0	33,8
720	8,2	10,8	12,6	13,6	14,3	14,8	16,5	18,1	19,7
1080	5,9	7,9	9,1	9,8	10,4	10,7	11,9	13,1	14,3
1440	4,7	6,2	7,3	7,8	8,2	8,5	9,5	10,4	11,4

Fonte: Precipitações Intensas do Estado de São Paulo – DAEE/CTH

TABELA DE MÁXIMAS ALTURAS DE CHUVA, em mm

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	14,7	20,8	24,8	27,0	28,6	29,9	33,6	37,4	41,1
20	24,6	34,2	40,5	44,1	46,6	48,5	54,5	60,4	66,3
30	31,8	43,8	51,8	56,2	59,4	61,8	69,2	76,6	84,0
60	45,9	62,2	73,0	79,1	83,4	86,7	96,8	106,9	116,9
120	60,6	81,3	95,0	102,7	108,1	112,3	125,2	137,9	150,6
180	69,1	92,3	107,7	116,4	122,4	127,1	141,5	155,8	170,1
360	83,5	111,0	129,2	139,5	146,6	152,2	169,2	186,2	203,1
720	98,0	129,9	151,0	162,9	171,3	177,7	197,5	217,2	236,8
1080	106,7	141,4	164,3	177,3	186,3	193,3	214,8	236,1	257,4
1440	113,2	149,8	174,1	187,8	197,4	204,8	227,5	250,1	272,6

Fonte: Precipitações Intensas do Estado de São Paulo – DAEE/CTH

3.1.2. Período de Retorno (T)

O período de retorno ou tempo de recorrência é o intervalo médio de anos dentro do qual ocorre ou é superada uma dada cheia. Em se tratando do dimensionamento dos dispositivos de drenagem superficial, o período de retorno, de acordo com a importância da obra varia, de 2 a 500 anos.

Destacam-se aqui alguns fatores que devem ser ponderados nessa escolha:

- Densidade de população da região;
- Volume de tráfego do sistema viário;
- Tipo de obra;
- Porte de obra;
- Proximidade de equipamentos públicos e comunitários como escolas, hospitais, estações rodoferroviárias, shoppings, etc.

Por tratar-se de uma área de preservação permanente, será adotado período de retorno de:

TR = 10 anos

3.1.3. Tempo de Concentração (tc)

O tempo de duração da precipitação deve ser igual ou superior ao tempo de concentração da bacia, ou seja, é o tempo necessário para que toda a área de drenagem passe a contribuir para a vazão na seção estudada.

Por tratar-se de uma encosta, parte com apresentando uma declividade bem inclinada, superior a 30% e altitude alcançando cerca de 150m recoberta parte pela vegetação rasteira e parte com árvores nativas da serra da Mantiqueira, será adotado o tempo de concentração mínima de:

tc= 5 min

3.1.4. Coeficiente (C) de Escoamento Superficial (RUN-OFF)

É a relação entre a quantidade de água que escoa superficialmente e a quantidade de água precipitada.

Este coeficiente representa os efeitos conjuntos, tanto das características físicas da bacia quanto da precipitação, interceptação e evaporação. Também são consideradas as futuras mudanças e ocupações do solo, devidas ao efeito da urbanização crescente e da possibilidade de realização de planos urbanísticos municipais.

O quadro a seguir mostra os valores do coeficiente de escoamento superficial (C), adotados as obras situadas na região metropolitana de São Paulo, os quais serão utilizados neste trabalho.

Zonas		Valores de C
1	DE EDIFICAÇÃO MUITO DENSA Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas.	0,70 a 0,95
2	DE EDIFICAÇÃO NÃO MUITO DENSA Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas.	0,60 a 0,70
3	DE EDIFICAÇÃO COM POUCAS SUPERFÍCIES LIVRES Partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas.	0,50 a 0,60
4	DE EDIFICAÇÃO COM MUITAS SUPERFÍCIES LIVRES Partes residenciais tipo Cidade-Jardim, ruas macadamizadas ou pavimentadas.	0,25 a 0,50
5	DE SUBÚRBIOS COM ALGUMA EDIFICAÇÃO Partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construções.	0,10 a 0,25
6	DE MATAS, PARQUES E CAMPOS DE ESPORTES Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Apesar da área em estudo situar-se na zona 6, área de matas e áreas verdes, devido à acentuada declividade será adotado para o Morro do Pinto um coeficiente de escoamento superficial de:

C=0,40

3.1.5. Determinação das Vazões de Projeto

A vazão de projeto será calculada mediante a utilização de métodos indiretos, levando-se em conta as dimensões da área da bacia contribuinte, conforme tabela abaixo.

ÁREA DA BACIA (ha)	MÉTODO
até 200	Racional
acima de 200	Soil Conservation Service

Dado o fato das áreas de bacias contribuintes não superarem 200 hectares, será empregado o Método Racional, descrito a seguir.

Método Racional

O cálculo das vazões contribuintes será realizado mediante a aplicação do Método Racional, que tem como conceito básico que o pico de vazão ocorre, quando toda a bacia está contribuindo, sob a influência de uma precipitação de intensidade constante e uniformemente distribuída em toda a bacia.

O Método Racional é definido analiticamente pela seguinte expressão:

$$Q = C. i. A$$

Em que:

Q = Vazão de projeto, em m³/s;
C = Coeficiente de escoamento superficial ou Run-Off, adimensional;
i = Intensidade de chuva, em l/s/ha;
A = Área da bacia contribuinte, em ha.

3.2. Estudos Hidráulicos

Para o dimensionamento das seções das valetas/canaletas de águas pluviais projetadas, foi utilizada a fórmula de Manning, ou seja:

$$V = \frac{Rh^{2/3} \cdot \sqrt{I}}{\eta}$$

Que associada à equação de continuidade que resulta:

$$Q = \frac{A \cdot Rh^{2/3} \cdot \sqrt{I}}{\eta}$$

Onde:

Q = Vazão de dimensionamento, em m³/s;
A = Área de seção em m²;
V = Velocidade de escoamento, em m/s;
Rh = Raio hidráulico, em m;
I = Declividade longitudinal, em m/m;
η = Coeficiente de rugosidade de Manning.

O raio hidráulico é obtido através da expressão:

$$Rh = \frac{A}{P}$$

Onde:

A = Área da seção molhada, em m²;
P = Perímetro molhado, em m.

3.2.1. COEFICIENTE DE RUGOSIDADE (η)

O coeficiente de rugosidade de Manning para as valetas, revestidas de concreto será de:

η = 0,016

3.2.2. VELOCIDADES-LIMITE

As velocidades máximas e mínimas de escoamento para as valetas revestidas de concreto foram estabelecidas para não ocasionar abrasão nos dispositivos, no primeiro caso, e impedir o assoreamento no segundo. Estas velocidades estão relacionadas a seguir:

Vmáx=6,00m/s;
Vmín=0,75m/s.

4. PLANILHA DE VALETAS RESULTANTE

4. PLANILHA DE VALETAS RESULTANTE

PLANILHA DE CÁLCULO - VALETAS DE PROTEÇÃO - Morro do Pinto - Guaiúba - GUARUJÁ-SP

TRECHO		ÁREA A (ha)	COEF. DE ESCOA-MENTO C	TEMPO DE CONCEN-TRAÇÃO tc (min)	INTENSIDA DE PLUVIO-MÉTRICA i (mm/min)	VAZÃO Q (m^3/s)	DECLIVI-DADE I (m/m)	TIPO DE VALETA	DIMENSÕES		COMPRI-MENTO L (m)	DIMENSIONAMENTO		REVESTI-MENTO	OBSERVAÇÕES
INICIAL	FINAL								b (m)	h (m)		VELOCI-DADE V (m/s)	LÂMINA h (m)		
ponto A	ponto B	0,97	0,40	5,00	2,805	0,181	0,300	TRAP / RET	0,20	0,20	141,50	5,54	0,11	CONCRETO	mescla de valeta trapezoidal com retangular
ponto D	ponto B	0,25	0,40	5,00	2,805	0,047	0,045	TRAP.	0,20	0,20	82,00	1,93	0,09	CONCRETO	valeta trapezoidal
ponto B	ponto C	1,83	0,40	5,00	2,805	0,342	0,005	TRAP.	0,50	0,50	33,00	1,41	0,30	CONCRETO	valeta trapezoidal
ponto E	ponto F	1,10	0,40	5,00	2,805	0,206	0,400	TRAP / RET	0,40	0,20	149,00	5,89	0,07	CONCRETO	mescla de valeta trapezoidal com retangular
ponto G	ponto H	0,84	0,40	5,00	2,805	0,157	0,300	TRAP / RET	0,40	0,20	123,50	4,89	0,07	CONCRETO	mescla de valeta trapezoidal com retangular

5.CONSIDERAÇÕES FINAIS

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para evitar a formação de novos focos de erosão e instabilidade no maciço do Morro do Pinto, além das intervenções geotécnicas propostas conforme descritas no memorial, documento *956-SIM001-010-DR8-001* e respectivos desenhos de referencia, foi previsto a execução de valetas trapezoidais de concreto em degrau exatamente nos caminhos preferenciais deixados pela precipitação de águas pluviais.

No lado direito as valetas projetadas (do ponto A para o ponto C e do ponto D para C) conduzem as contribuições pluviométricas para a rede de galeria pluvial existente no início da rua Paulo Henrique Romanese, cujo diâmetro é de Ø0,60m.

Na porção do lado esquerdo foi previsto a execução de dispositivos de amortecimento no final das duas valetas que se desenvolvem desde o ponto E para F como do ponto G para H, dado o fato que a via existente, rua Horácio Guedes Barreiro não possui rede de drenagem. Este dispositivo tem por objetivo dissipar a energia e possibilitar a infiltração do caudal no terreno antes de alcançar via existente.

Por ocasião da execução dos serviços de pavimentação da Rua Horácio Guedes, deverá ser previsto a interligação destes lançamentos na rede de galeria pública.

Deve-se ressaltar que as valetas ou canaletas projetadas deverão ser adaptadas de conformidade com a sua declividade que varia ao longo do traçado, podendo ser mesclado de trapezoidal para retangular e vice-versa, de retangular para trapezoidal, devendo ser executado conforme os detalhes de drenagem apresentados.