RML ENGENHARIA		Rev.: 0

Emitente:	
Rodovia:	

Tipo de Documento:
RELATÓRIO TÉCNICO – ESTUDOS HIDROLÓGICOS – TRAVESSIA CÓRREGO DE DIVISA

Documentos de Referência:

Conteúdo:

RODOVIA: MMR-050

LOCAL: MOGI-MIRIM

ASSUNTO: ESTUDO HIDROLÓGICO

TRECHO: TRAVESSIA CÓRREGO DA DIVISA

Observações:

0	Emissão Inicial	08/06/2026
REV.	DESCRIÇÃO	DATA

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO 6

2. MAPA DE SITUAÇÃO 8

3. ESTUDOS 10

3.1 ESTUDOS HIDROLÓGICOS 10

ÍNDICE REMISSIVO - TABELA

Tabela 1 - Postos Pluviométricos 10
Tabela 2 - Características Climáticas 13
Tabela 3 - Dados Pluviométricos 17
Tabela 4 - Dados Pluviométricos 18
Tabela 5 - IDF - Método Isozonas 20
Tabela 6 - Tempo de Recorrência 22
Tabela 7 - Coeficiente de Escoamento Superficial / Run-Off “C” 24
Tabela 8 – Valores de “CN” 25
Tabela 9 - Método Hidrograma Unitário Triangular – TR 50 31
Tabela 10 - Método Hidrograma Unitário Triangular – TR 100 32

ÍNDICE REMISSIVO - FIGURA

Figura 1 – Localização do trecho 1 8
Figura 2 - Mapa de Localização dos Postos Pluviométricos 11
Figura 3 - Mapa de Classificação de Koppen 12
Figura 4 – Tipos climático do estado de São Paulo 13
Figura 5 - Mapa Isozonas - José Jaime Taborga Torrico, 1974. 15
Figura 6 - Histograma dados de chuva 19
Figura 7 - Gráfico Intensidade x Duração 21
Figura 8 - Gráfico Precipitação x Duração 21
Figura 10 – Forma do HUT do SCS 27
Figura 11 – Gráfico do HUT do SCS 30

1 – APRESENTAÇÃO

1. APRESENTAÇÃO

Este memorial tem como finalidade a descrição e especificações técnicas do Estudo Hidrológico para o verificação de passagens do Córrego da Divisa sob rodovia MMR-050 localizado na cidade de Mogi Mirim / SP.

Este Projeto é constituído pelos volumes:

Volume 1 – Relatório do Projeto, em formato A4;
Volume 2 – Planta de Bacias, em formato A1;

O Volume 1 – Relatório do Projeto, apresentado em formato A4, contém o resumo dos Estudos realizados e as Especificações Técnicas para a verificação de passagem sob rodovia vicinal MMR-050;

O Volume 2 – Planta de Bacias, apresentado em formato A1.

2 – MAPA DE SITUAÇÃO

2. MAPA DE SITUAÇÃO



Figura 1 – Localização da Travessia do Córrego da Divisa (Travessia 02)

3 – ESTUDOS

3. ESTUDOS

3.1 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos foram elaborados com a finalidade de fornecer todos os elementos necessários à avaliação da suficiência de vazão das travessias existentes e ao dimensionamento de novos elementos a serem implantados no trecho projetado.

Estes estudos hidrológicos têm também por objetivo caracterizar os parâmetros climáticos e pluviométricos da região, para o adequado planejamento do processo de implantação das obras projetadas.

Para o desenvolvimento dos estudos hidrológicos, foram utilizadas as instruções contidas nas normas do DER/SP, DNIT e da ABNT.

3.1.1 Aspectos Metodológicos

3.1.1.1 Coleta de Dados

Os diversos elementos necessários à execução dos estudos hidrológicos foram coletados em vários órgãos e consultados estudos e publicações julgadas de interesse ao projeto. Os dados utilizados foram:

Máximas mensais de chuva, fornecidas pela ANA – Agência Nacional de Águas, cujas informações são disponibilizadas pela internet em seu serviço denominado Hidroweb http://hidroweb.ana.gov.br/, nos seguintes postos:

Tabela 1 - Postos Pluviométricos

Posto	Código	Nº de Leituras	Período de Operação	Órgão Responsável	I (mm/h) TR=50 anos	I (mm/h) TR=100 anos
MOGI-MIRIM	2.246.104	87	1936-2023	DAAE-SP	73,5	80,2
MOGI GUAÇU	2.246.009	60	1966-2026	ANA-CPRM	69,5	76,8
FAZENDA ÁGUA PARADA	2.246.115	63	1961-2024	DAAE-SP	62,2	66,9
MARTIM FRANCISCO	2.246.015	80	1937-2017	DAAE-SP	62,0	67,0
ARTUR NOGUEIRA	2.247.100	53	1970-2023	DAAE-SP	59,1	63,8
PÁDUA SALES	2.247.054	59	1966-2025	ANA-CPRM	59,1	63,8

Posto	Código	Nº de Leituras	Período de Operação	Órgão Responsável	I (mm/h) TR=50 anos	I (mm/h) TR=100 anos
FAZENDA HOLAMBRA	2.247.028	68	1950-2018	DAAE-SP	52,8	56,4

- Atlas Climatológicos referentes à estação de Brasília/DF, identificada pelo código 83.377, do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas;
- Dados de elevação do projeto TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, produzidos pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), com base nos dados do Modelo Digital de Elevação SRTM. http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata.

A seguir o Mapa de Localização dos Postos Pluviométricos:

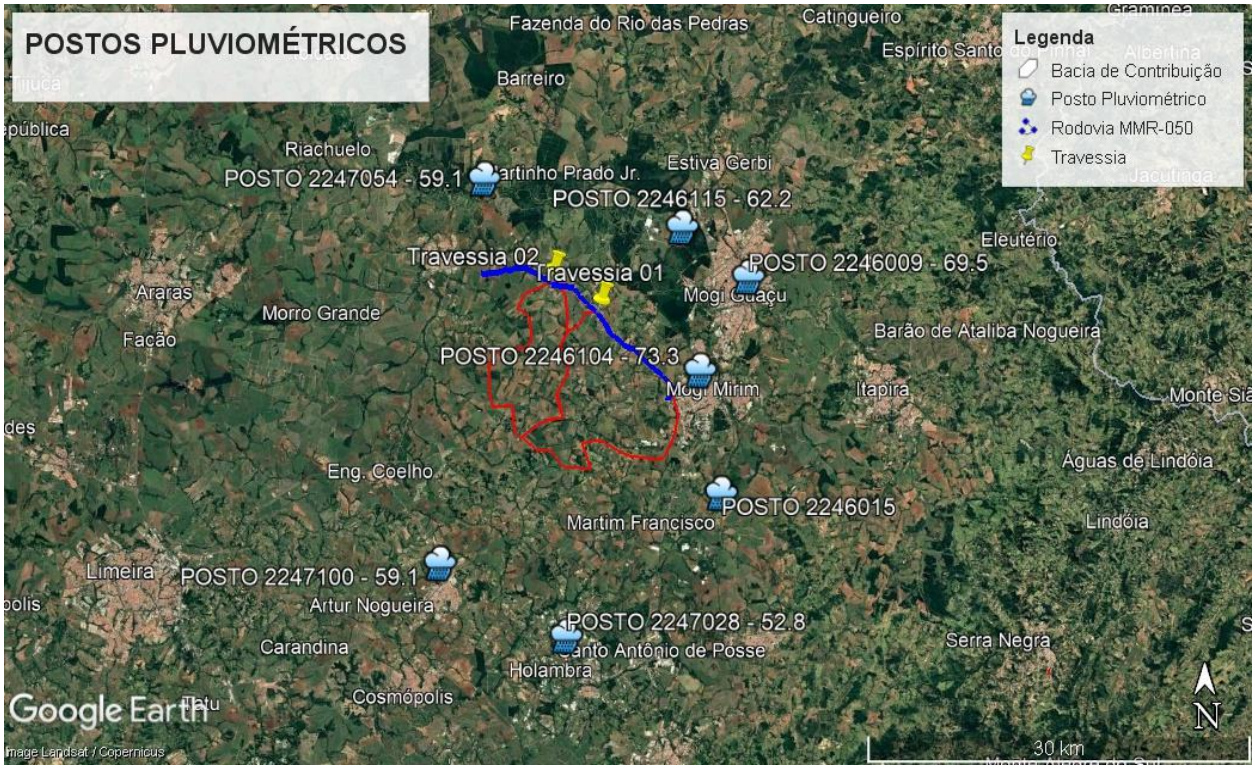


Figura 2 - Mapa de Localização dos Postos Pluviométricos

3.1.1.2 Características Climáticas da Região

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) define “Normais” como “valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas” e padrões climatológicos normais como “médias de dados climatológicos

calculados para períodos consecutivos de 30 anos". As informações aqui apresentadas são resultado de um projeto concluído no final de 2009, que reviu e ampliou significativamente as Normais Climatológicas 1961-1990 computadas pelo INMET em 1992.

Para obtenção dos dados climáticos necessários ao projeto do trecho 01 localizado na MMR-050 foi estudado nos "Normais climatológicas" o posto meteorológico de Mogi-Mirim 2.246.104. A seguir mapa de classificação climática, segundo Wladimir Köppen.

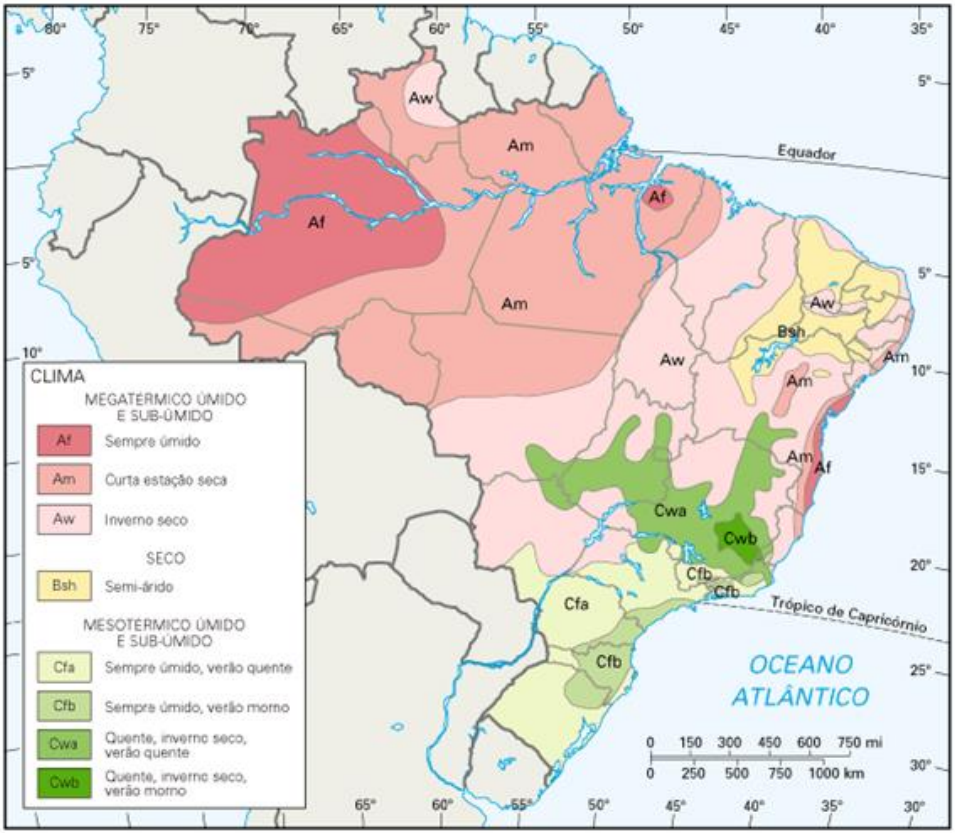


Figura 3 - Mapa de Classificação de Koppen

O posto de Mogi-Mirim encontra-se na zona climática "Cwa", segundo a classificação de Wladimir Köppen, sendo caracterizado pelo clima subtropical úmido com inverno seco e verão quente. A temperatura média anual é de 22ºC.

Na região predomina a vegetação de cerrado, que caracteriza por temperaturas constantemente altas e poucas chuvas. A seguir, quadro com características climáticas para o posto representativo em estudo. A seguir mapa de vegetação do Brasil.

Tabela 2 - Características Climáticas

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Estação : **Campinas** Código : **83,729** Período de Observação : **1961 - 1990**

Operadora: **INMET** Latitude : **22°54'S** Longitude : **47°05'W**

DADOS \ MESES	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	TOTAL	MÉDIA ANUAL
TEMPERATURA MÉDIA (°C)	23.0	23.4	22.8	21.0	18.5	17.3	17.2	19.0	20.4	21.1	21.8	22.4	247.9	20.7
TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	29.3	29.9	29.6	27.9	25.6	24.8	25.0	27.2	28.0	28.3	28.7	28.5	332.8	27.7
TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	18.8	19.0	18.4	16.3	13.7	12.2	11.8	13.3	15.0	16.2	17.0	18.3	190.0	15.8
AMPLITUDE ABSOLUTA (°C)	23.6	24.6	25.2	27.2	26.9	26.9	30.4	34.3	32.3	28.2	26.6	25.7	331.9	27.7
INSOLAÇÃO TOTAL (horas e décimos)	195.7	195.5	221.3	237.2	237.0	223.8	252.6	247.6	203.8	214.5	-	176.6	2,405.6	200.5
UMIDADE RELATIVA (%)	76.8	75.9	73.9	72.2	72.2	70.6	67.2	62.5	64.1	68.8	71.4	76.6	852.2	71.0
ALTITUDE DA ESTAÇÃO (m)	663.3													
CLIMA	Koppen - Cwa - subtropical úmido com inverno seco e verão quente													
VEGETAÇÃO PREDOMINANTE	Antropizado													

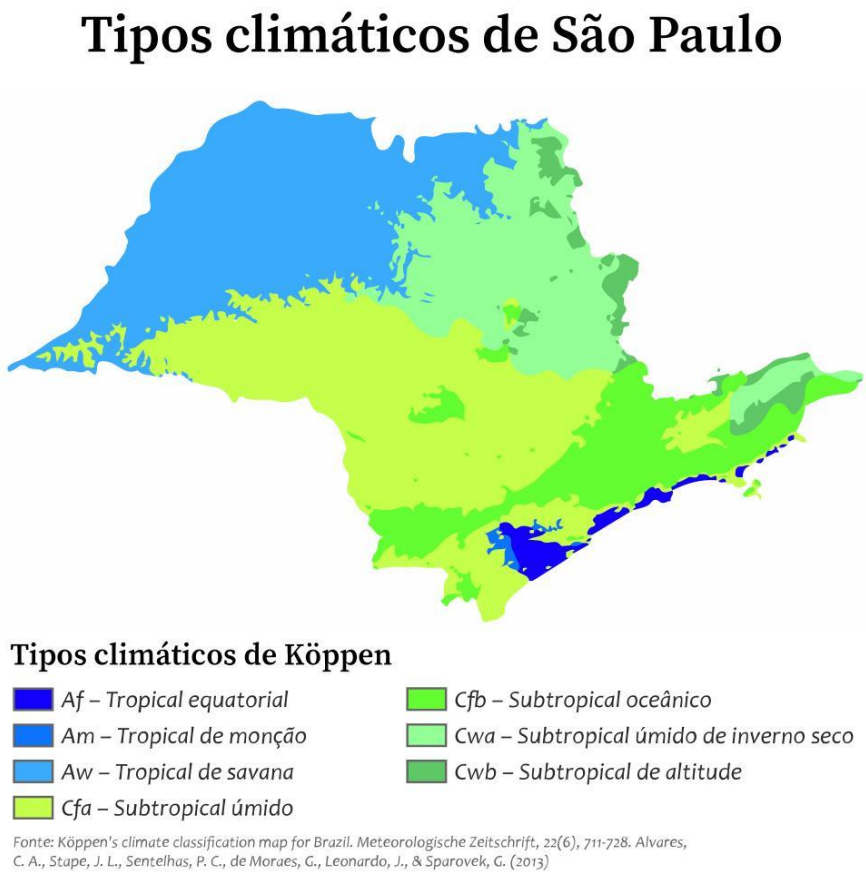


Figura 4 – Tipos climático do estado de São Paulo

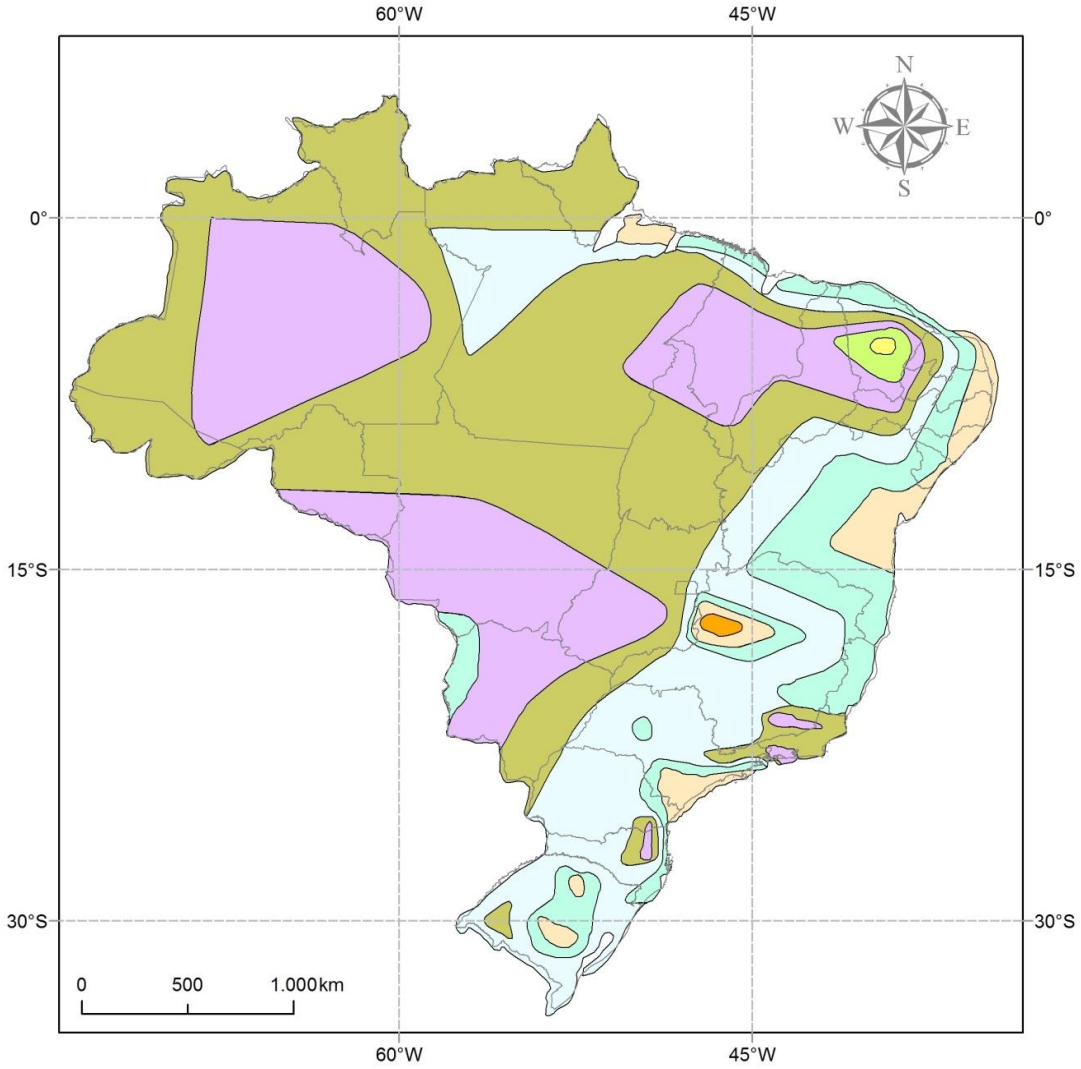
3.1.2 Pluviometria

3.1.2.1 Método Isozonas

Método desenvolvido pelo Engenheiro José Jaime Taborga Torrico fazendo parte de sua obra “Práticas Hidrológicas”, Rio de Janeiro, TRANSCON, 1974, 120p.

O Método das Isozonas trata-se de uma alternativa excepcional para chuvas intensas de curta duração. Seguindo-se as orientações estabelecidas pelo método das Isozonas, obtiveram-se as intensidades pluviométricas para diferentes durações e períodos de recorrência.

Abaixo segue mapa de Isozonas de igual relação entre as alturas de chuvas de 6 min a 1 hora com a chuva de 24 horas.



ISOZONAS DE IGUAL RELAÇÃO TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS												
ZONA	1 Hora / 24 horas chuva										6min 24h	Chuva
	5	10	15	20	25	30	50	100	1.000	10.000	5-50	100
A	36,2	35,8	35,6	35,5	35,4	35,3	35,0	34,7	33,6	32,5	7,0	6,3
B	38,1	37,8	37,5	37,4	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,4	7,5
C	40,1	39,7	39,5	39,3	39,2	39,1	38,8	38,4	37,2	36,0	9,8	8,8
D	42,0	41,6	41,4	41,2	41,1	41,0	40,7	40,3	39,0	37,8	11,2	10,0
E	44,0	43,6	43,3	43,2	43,0	42,9	42,6	42,2	40,9	39,6	12,6	11,2
F	46,0	45,5	45,3	45,1	44,9	44,8	44,5	44,1	42,7	41,3	13,9	12,4
G	47,9	47,4	47,2	47,0	46,8	46,7	46,4	45,9	44,5	43,1	15,4	13,7
H	49,9	49,4	49,1	48,9	48,8	48,6	48,3	47,8	46,3	44,8	16,7	14,9

Figura 5 - Mapa Isozonas - José Jaime Taborga Torrico, 1974.

As precipitações máximas diárias foram catalogadas, formando uma série anual para análise de frequência, através do método Gumbel-Chow. Seguindo-se as orientações estabelecidas pelo

método das Isozonas, obtiveram-se as intensidades pluviométricas para diferentes durações e períodos de recorrência.

Considerando a área de contribuição das travessias projetadas (vide Figura 2), optou-se por definir as cargas pluviométricas para o posto MOGI-MIRIM, código 2.246.104 no município de Mogi Mirim/SP por apresentar a série histórica mais consistente e os maiores valores de intensidade pluviométrica em relação aos demais postos da região (vide Tabela 1).

O posto selecionado como representativo desta metodologia encontra-se na zona de influência de Isozonas “D” e consiste em uma série histórica de 43 eventos, no período de 1936 a 2023.

As amostras de precipitações mensais e de totais anuais do posto observado foram analisadas e consistidas, sendo eliminados os anos que possuíam falhas no período chuvoso e ou apresentaram inconsistências nos dados observados, conforme tabelas abaixo.

Tabela 3 - Dados Pluviométricos

Série Histórica		
ITEM	Ano	Máximas
001	1956	53.5
002	1957	91.2
003	1968	58.5
004	1972	66.7
005	1973	55.2
006	1974	53.6
007	1975	110.0
008	1976	100.9
009	1977	79.4
010	1978	59.5
011	1986	99.6
012	1987	78.6
013	1988	168.3
014	1989	152.6
015	1990	57.5
016	1991	115.4
017	1992	92.4
018	1993	85.4
019	1994	120.9
020	1995	87.1
021	1996	71.8
022	1997	64.4
023	1999	114.1
024	2000	69.8
025	2001	69.2
026	2002	54.7
027	2003	78.6
028	2004	75.3
029	2005	90.0
030	2006	68.3
031	2007	69.6
032	2008	94.3
033	2009	64.6
034	2010	73.1
035	2011	114.0
036	2012	71.7
037	2013	98.2
038	2014	73.9
039	2015	87.0
040	2016	102.3
041	2017	93.3
042	2021	67.4
043	2022	86.0

Posto Escolhido			
Código	Nome	Latitude	Longitude
2.246.104	MOGI-MIRIM	—	—
Operadora	Período	Município / Estado	
DAAE-SP	1936 a 2023	Mogi-Mirim/SP	

Eventos	Soma	Média	Desvio
43	3.637,90	84,60	27,55

Isozona	D

Valores de K (Gumbel)					
Tr - Tempo de Recorrência em Anos					
5	10	15	25	50	100
0,832	1,485	1,850	2,311	2,924	3,532

Fator P24h / P1d	1,095

Precipitações					
Tr	k	P_{1d}	P24h	P1h	P0,1h
5	0,832	107,5	117,7	49,4	13,2
10	1,485	125,5	137,4	57,2	15,4
15	1,850	135,6	148,4	61,5	16,6
25	2,311	148,3	162,3	66,8	18,2
50	2,924	165,1	180,8	73,6	20,3
100	3,532	181,9	199,2	80,3	19,9

Pelos registros pluviométricos da estação de MOGI-MIRIM no município de Mogi Mirim/SP observa-se a existência de dois períodos distintos: um seco, de junho a agosto, e outro chuvoso, de novembro a março. Os meses de maiores incidências de chuva são os de janeiro e dezembro. Os meses de abril, maio, setembro e outubro são de transição entre os períodos seco e chuvoso.

Do período observado (1936 a 2023) do posto pluviométrico em estudo verificou-se a média anual de Precipitações Pluviométricas com 1.366,7 mm e média anual de Dias de Chuva com 109 dias. O ano de maior precipitação registrado no estudo foi 1976 com 2.693,7 mm.

O quadro com os dados pluviométricos e o Histograma com informações de precipitação e o número de dias de chuva é apresentados a seguir:

Tabela 4 - Dados Pluviométricos

DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Estação : **MOGI-MIRIM** Código : **2246104** Período de Observação : **1936 A 2023**

Operadora: **CPRM/MG** Latitude : **00º00'00" S** Longitude : **00º00'00" O**

DADOS \ MESES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	TOTAL	MÉDIA ANUAL
PRECIPITAÇÃO MÉDIA (mm) (*)	248.0	187.6	164.9	72.8	58.3	41.1	29.3	32.9	63.9	114.0	142.4	211.5	1,366.7	113.9
DIAS DE CHUVA (número) (*)	16	14	12	6	6	5	3	3	6	10	12	16	109.0	9.1

Fonte: Agência Nacional de Águas - ANA

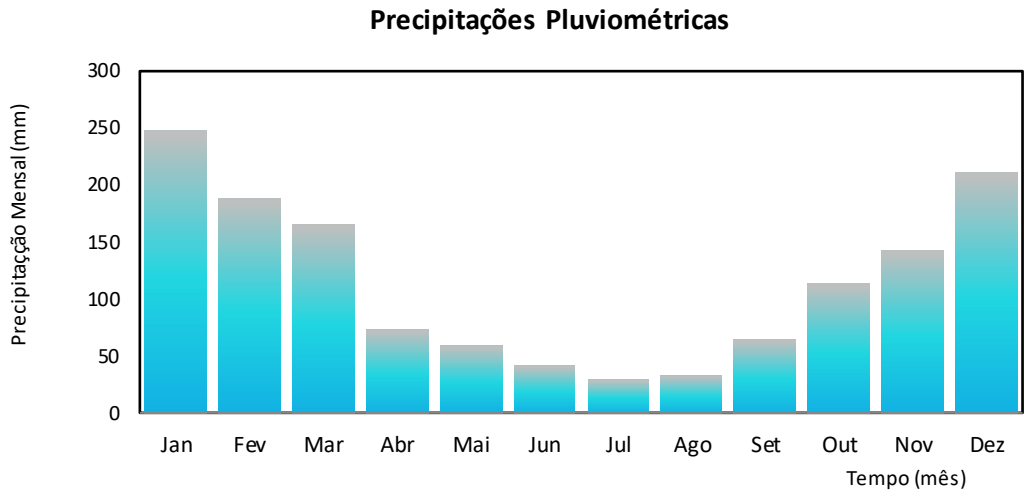
HISTOGRAMA

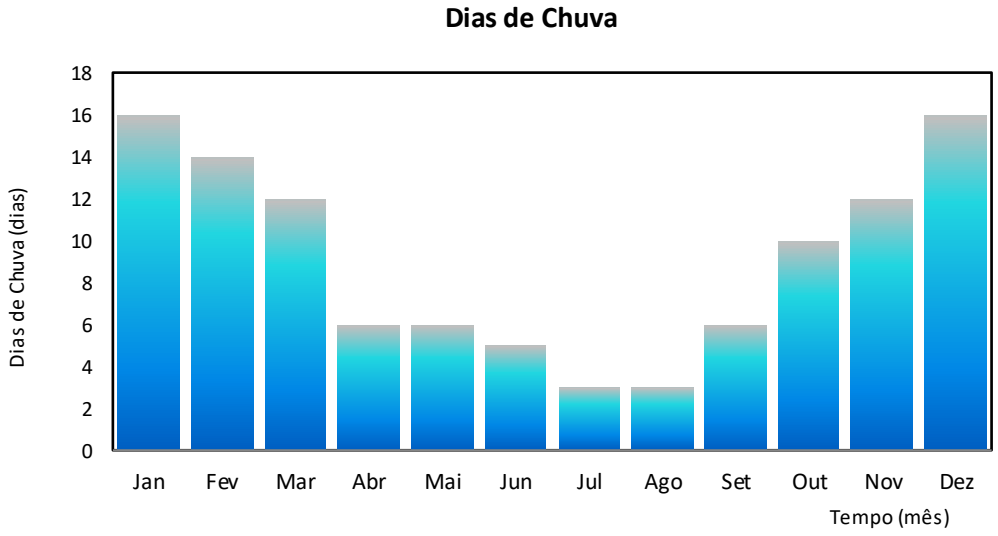
Posto Selecionado: **MOGI-MIRIM**

Média Anual de Precipitações Pluviométricas: **1,366.7** mm

Média Anual de Dias de Chuva: **109** dias

Período de Observação: **1936 A 2023**





Fonte: Agência Nacional de Águas - ANA

Figura 6 - Histograma dados de chuva

Os resultados obtidos para o posto pluviométrico de MOGI-MIRIM são apresentados a seguir:

Tabela 5 - IDF - Método Isozonas

Posto : MOGI-MIRIM Código: 2246104

INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA (mm/h)										
T	t (horas)									
(anos)	0.17	0.26	0.50	1.00	2.00	3.00	6.00	12.00	18.00	24.00
5	123.4	105.2	75.4	49.4	30.9	23.1	13.8	8.1	5.9	4.7
10	143.3	122.0	87.3	57.1	35.7	26.7	16.0	9.3	6.8	5.4
15	154.4	131.4	93.9	61.4	38.4	28.7	17.1	10.0	7.3	5.8
25	168.4	143.0	102.0	66.7	41.7	31.2	18.6	10.9	7.9	6.3
50	186.6	158.1	112.6	73.5	45.9	34.3	20.5	12.0	8.7	6.9
100	193.1	167.3	121.4	80.2	50.4	37.8	22.7	13.3	9.7	7.7

Fonte : ANA - Agência Nacional de Águas

Posto : MOGI-MIRIM Código: 2246104

ALTURA DA PRECIPITAÇÃO (mm)										
T	t (horas)									
(anos)	0.17	0.26	0.50	1.00	2.00	3.00	6.00	12.00	18.00	24.00
5	20.6	27.2	37.7	49.4	61.8	69.4	82.9	97.1	105.8	112.0
10	23.9	31.5	43.6	57.1	71.4	80.2	95.7	112.1	122.1	129.3
15	25.7	33.9	46.9	61.4	76.8	86.1	102.8	120.4	131.1	138.8
25	28.1	36.9	51.0	66.7	83.3	93.5	111.6	130.6	142.2	150.6
50	31.1	40.8	56.3	73.5	91.8	103.0	122.8	143.7	156.5	165.7
100	32.2	43.2	60.7	80.2	100.9	113.5	136.0	159.6	174.0	184.4

Fonte : ANA - Agência Nacional de Águas

As curvas de altura Intensidade, Duração e Frequência (IDF), determinada para o posto de MOGI-MIRIM são apresentadas a seguir:

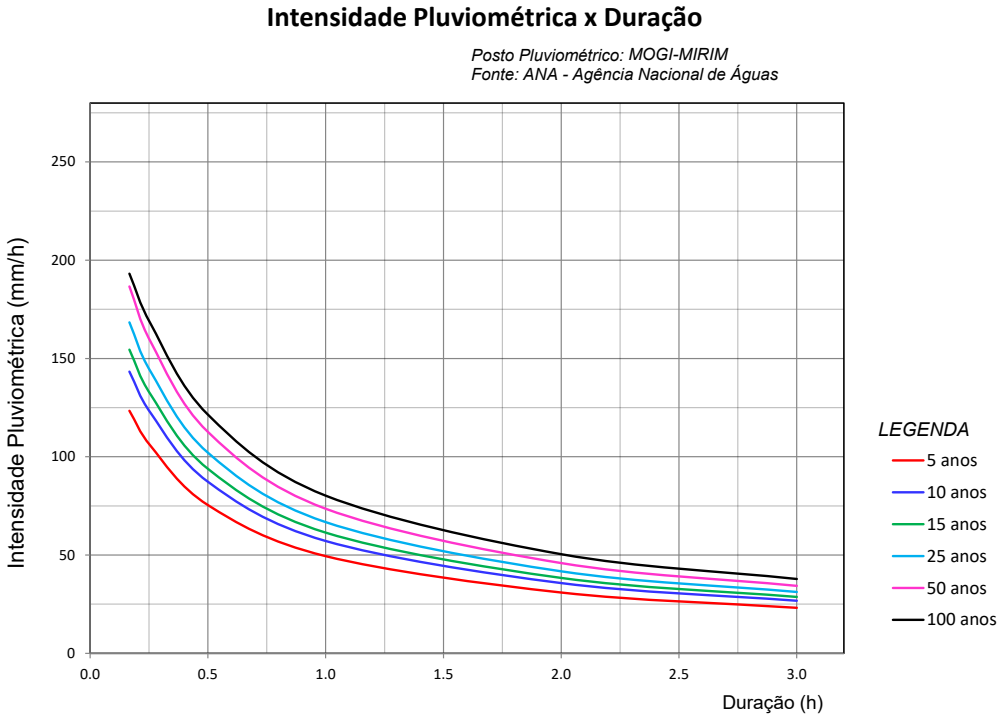


Figura 7 - Gráfico Intensidade x Duração

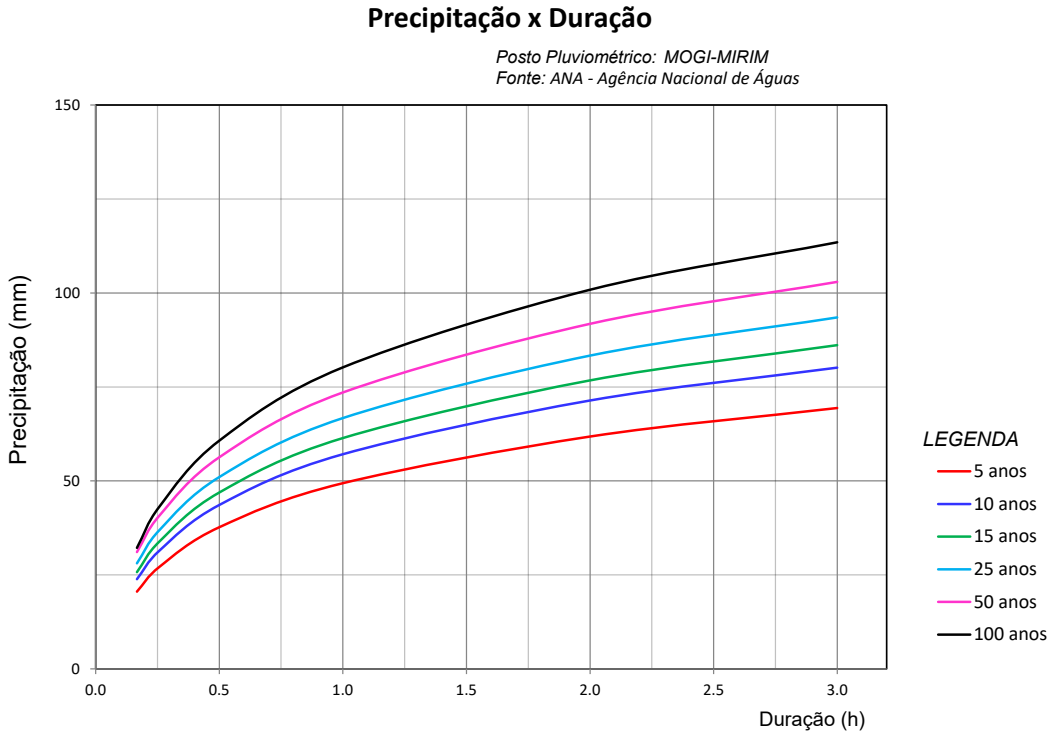


Figura 8 - Gráfico Precipitação x Duração

3.1.2.2 Tempo de Recorrência

Os dispositivos de drenagem são dimensionados para escoar a vazão correspondente a um determinado período de recorrência. A fixação dos valores desses parâmetros é feita tendo em vista diversos fatores, destacando-se aqueles de origem econômica, a importância e a segurança que a obra deve apresentar.

Foram adotados os seguintes valores de períodos de recorrência:

Tabela 6 - Tempo de Recorrência

DISPOSITIVOS	TEMPOS DE RECORRÊNCIA (anos)		Tc (min)
	Normal	Com Sobrecarga	
Drenagem Superficial	10	-	10
Bueiros Tubulares	15	25	> 15
Bueiros Celulares	25	50	> 15
Pontes	**50**	**100**	**> 60**

3.1.2.3 Tempo de Concentração

O tempo de duração de uma precipitação, para fins do dimensionamento hidráulico de uma estrutura do sistema de drenagem das águas de escoamento superficial, é, normalmente, igual ao tempo de concentração da bacia de contribuição em estudo, entendendo-se como tal, a duração da trajetória da partícula que demore mais tempo para atingir a seção em estudo.

Para o dimensionamento das obras de arte correntes, adotou-se um tempo mínimo de concentração de 15 minutos.

O valor do tempo de concentração será obtido pela expressão proposta por Kirpich, qual seja:

para bacias com até 80 ha - $T_c = 57\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$

para bacias com áreas superiores a 80 ha - $T_c = 85,2\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$

onde:

Tc - tempo de concentração, em minutos;
L - extensão do talvegue principal, em km;
H - desnível ao longo do talvegue principal, em metros;

3.1.2.4 Coeficiente de Escoamento Superficial

Os coeficientes de escoamento superficial foram determinados a partir da análise dos seguintes parâmetros das bacias:

Características hidromorfológicas;
Tipo de solo;
Relevo;
Uso e cobertura vegetal.

A tabela do coeficiente “C” é apresentada a seguir:

Tabela 7 - Coeficiente de Escoamento Superficial / Run-Off “C”
(Eng. Baptista Gariglio e José Paulo Ferrari)

VALORES DO COEFICIENTE DE DEFLÚVIO “C”		
Item	**Tipo do Solo, Permeabilidade e Cobertura Vegetal**	**Coef. Deflúvio**
01	Solo rochoso, de baixa permeabilidade, com vegetação rala	0,70 a 085
02	Solo rochoso, de baixa permeabilidade, com vegetação densa	0,65 a 0,80
03	Solo rochoso, de média permeabilidade, com vegetação rala	0,60 a 0,75
04	Solo rochoso, de média permeabilidade, com vegetação densa	0,55 a 0,70
05	Solo argiloso, de baixa permeabilidade, com vegetação rala	0,50 a 0,65
06	Solo argiloso, de baixa permeabilidade, com vegetação densa	0,45 a 0,60
07	Solo argiloso, de baixa permeabilidade, com floresta	0,40 a 0,55
08	Solo argilo-arenoso, de média permeabilidade, com vegetação rala	0,35 a 0,50
09	Solo argilo-arenoso, de média permeabilidade, com vegetação densa	0,30 a 0,45
10	Solo argilo-arenoso, de média permeabilidade, com floresta	0,25 a 0,40
11	Solo arenoso, de alta permeabilidade, com vegetação rala	0,20 a 0,35
12	Solo arenoso, de alta permeabilidade, com vegetação densa	0,15 a 0,30
13	Solo arenoso, de alta permeabilidade, com floresta	0,10 a 0,25

Para o coeficiente “C” foi adotado o valor de 0,65 (Solo argiloso, de baixa permeabilidade, com vegetação rala).

Tabela 8 – Valores de “CN”
(Eng. Baptista Gariglio e José Paulo Ferrari)

VALORES DO COEFICIENTE DE DFLÚVIO “CN”					
Utilização da Terra	**Condições de Superfície**	**Tipo de Solo**			
		A	**B**	**C**	**D**
Terrenos Cultivados	Com sulcos retilíneos	77	86	91	94
	Em fileiras retas	70	80	87	90
Plantações Regulares	Em curvas de nível	67	77	83	87
	Terraceado em nível	64	73	79	82
	Em fileiras retas	64	76	84	88
Plantações de cereais	Em curvas de nível	62	74	82	85
	Terraceamento em nível	60	71	79	82
	Em fileiras retas	62	75	83	87
Plantações de legumes ou Campos cultivados	Em curvas de nível	60	72	81	84
	Terraceamento em nível	57	70	78	89
	Pobres	68	79	86	89
	Normais	49	69	79	94
	Boas	39	61	74	80
Pastagens	Pobres, em curvas de nível	47	67	81	88
	Normais, em curvas de nível	25	59	**75**	83
	Boas, em curvas de nível	06	35	70	79
Campos Permanentes	Normais	30	58	71	78
	Esparsas, de baixa transpiração	45	66	77	83
	Normais	36	60	73	79
	Densas, de alta transpiração	25	55	70	77
Chácaras Estradas de Terra	Normais	59	74	82	86
	Más	72	82	87	89
	De superfície dura	74	84	90	92
Florestas	Muito esparsas,baixa transpiração	56	75	86	91
	Esparsas	46	68	78	84
	Densas, alta transpiração	26	52	62	69
	Normais	36	60	**70**	76
Superfícies Impermeáveis	Áreas urbanizadas	100	100	100	100

O solo tipo “A” é o mais baixo potencial de deflúvio. Terrenos muito permeáveis, com pouco silte e argila.
O solo tipo “B” tem uma capacidade de infiltração acima da média após o completo umedecimento. Inclui solos arenosos.
O solo tipo “C” tem uma capacidade de infiltração abaixo da média, após a pré-saturação. Contém porcentagem considerável de argila e coloide.
O solo tipo “D” é de mais alto potencial de deflúvio. Terrenos quase impermeável junto à superfície. Argiloso.

Para o coeficiente “CN” adotou-se o valor de 74. Utilizou-se o valor ponderado de acordo com a distribuição do uso da bacia:

PONDERAÇÃO DE CN		
LOCAL	**ÁREA (ha)**	**CN**
ÁREA URBANIZADA		92,00
ÁREA PLANTIO	3393,60	75,00
ÁREA VERDE	678,72	70,00
ÁREA SEM COBERTURA		74,00
	4072,32	**74,17**

3.1.3 Determinação das Vazões

Para determinação da vazão a ser dimensionada a Obra de Arte corrente é utilizado dados da bacia hidrográfica, tais como área, comprimento do talvegue, diferença de cotas e características de solo. Ver mapa de bacias desenho.

Para determinação das vazões será usada a metodologia indicada no manual de hidrologia do DNIT – IPR 715 conforme abaixo:

Método Racional - Área < 1 km²;
Método Racional Modificado - 1 km² < Área < 4 km²;
Método Hidrograma Sintético Triangular – 4 km² < Área < 10 km²;
Método Hidrograma Unitário Triangular – Áreas > 10 km².

Para o caso em tela será aplicado o método do Hidrograma Unitário Triangular. A área de contribuição observada tem 42,42 km².

3.1.3.1 Método Hidrograma Unitária Triangular

A partir de um estudo com um grande número de bacias e de hidrogramas unitários nos EUA, técnicos do Departamento de Conservação de Solo (SoilConservation Service – atualmente ResourcesConservation Service) verificaram que os hidrogramas unitários podem ser aproximados por relação de tempo e vazão estimada com base no tempo de concentração, e na área das bacias. Para simplificar ainda mais, o hidrograma unitário pode ser aproximado por um triângulo, definido pela vazão de pico, pelo tempo de pico e pelo tempo de base, conforme figura abaixo.

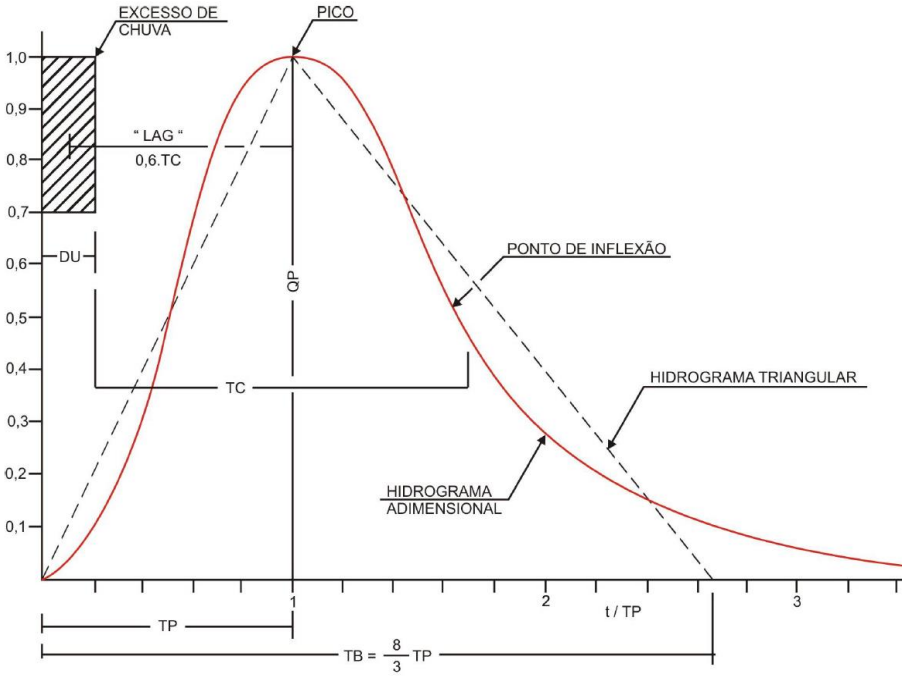


Figura 9 – Forma do HUT do SCS

3.1.3.1.1 Precipitação Efetiva

O método do Hidrograma Unitário Triangular considera que a precipitação efetiva e unitária tem intensidade constante ao longo de sua duração e distribui-se uniformemente sobre toda a área de drenagem (Sherman, 1932). Os princípios do método são:

A resposta da bacia hidrográfica diante do processo de escoamento tem um comportamento linear. Isso significa que podem ser aplicados os princípios da proporcionalidade e superposição. Não considera a variabilidade temporal das características da bacia hidrográfica, de maneira que a mesma chuva efetiva produz sempre o mesmo hidrograma de escoamento superficial.

Para determinação da Precipitação efetiva adota-se a equação abaixo:

$$P_e = \frac{(p - 0{,}2 \times S)^2}{p + 0{,}8 \times S}$$

Onde:

P_e = precipitação efetiva;

P = precipitação real obtida

S = é dado em função de CN, pela fórmula abaixo:

$$S = 254\left(\frac{100}{CN} - 1\right)$$

O número de deflúvio CN é determinado após a definição do tipo de solo, sua utilização e as condições de superfície, conforme tabela “Valores de CN”.

A determinação da vazão de pico dos hidrogramas unitários é feita utilizando a seguinte expressão:

$$Q = \frac{0{,}208 \times (P_e \times A)}{T_p}$$

O tempo de pico tp do hidrograma pode ser estimado como 60% do tempo de concentração tc conforme equação abaixo:

$$t_p = 0{,}6 \times t_c$$

Onde tp é o tempo de pico e tc é o tempo de concentração da bacia citado anteriormente neste relatório.

O tempo de subida do hidrogramaTp pode ser estimado como o tempo de pico tp mais a metade da duração da chuva D, assim:

$$T_p = t_p + \frac{D}{2}$$

O cálculo do tempo de ascensão (duração da chuva) “D” é dado por:

$$D = \frac{t_c}{7{,}5}$$

O tempo de base do hidrograma tb é aproximado por:

$$t_b = T_p + 1{,}67 \times T_p$$

O que significa que o tempo de recessão do hidrograma triangular, a partir do pico até retornar a zero, é 67% maior do que o tempo de subida.

Calculam-se a seguir os hidrogramas simples (parciais), obtidos pelo produto das ordenadas dos hidrogramas unitários pelos incrementos do excesso de chuva.

A determinação da altura do excesso de chuva é feita a partir da altura de chuva real, levando-se em conta o complexo hidrológico solo-cobertura. São considerados três fatores básicos: grupos de solo, condições antecedentes e cobertura e uso do solo.

O hidrograma de cheia resulta da soma das ordenadas dos hidrogramas parciais, relativas aos tempos preestabelecidos, conforme figura abaixo:

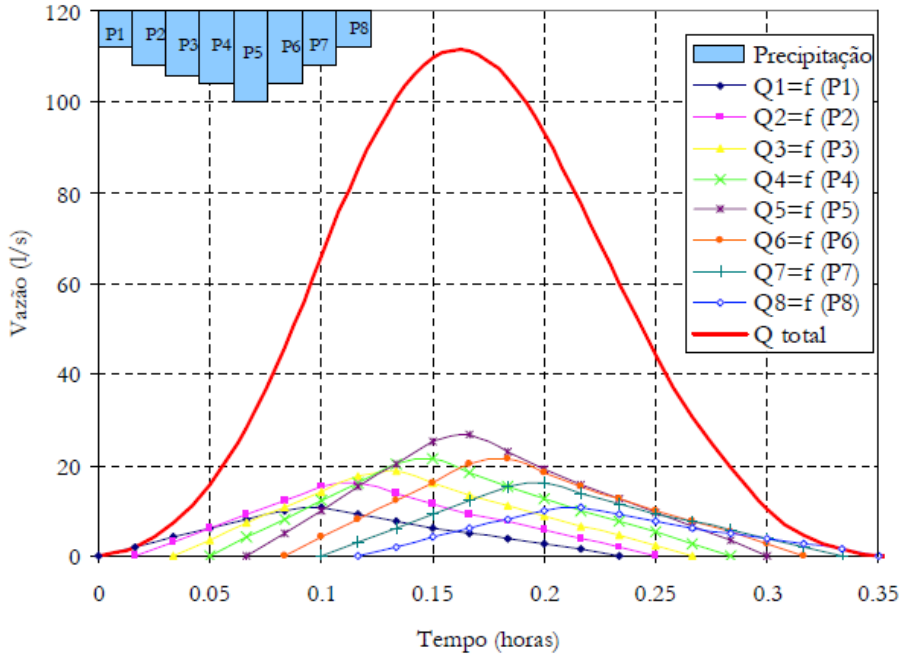


Figura 10 – Gráfico do HUT do SCS

A seguir são apresentados os cálculos das metodologias supracitadas para a determinação das vazões.

PROJETO DE DRENAGEM

DIMENSIONAMENTO DE OBRAS DE ARTE CORRENTES

BACIA - Córrego da Divisa | Posto Escolhido: ***MOGI-MIRIM***

LOCAL: ***Km 0+000*** | OBRA INDICADA: ***PONTE***

ÁREA : **42,420** km² | EXTENSÃO : **12,860** km

DECLIVIDADE 0,0138 m/m | DEFLÚVIO : 72,40

HIDROGRAMA UNITÁRIO

tc : 4,40 h | D : 0,73 h

tp : 3,01 h | tr : 5,03 h

tb: 8,04 h | Qp : 2,93 m³/s.mm

HIDROGRAMA DE CHEIA TR: **50** Anos

DURAÇÃO	CHUVA REAL	CHUVA EFETIVA		q i	INCREMENTOS DA CHUVA EFETIVA / VAZÕES PARCIAIS											VAZÃO Q
		ACUMUL.	INC.		14,99	10,56	7,20	5,53	4,52	3,84	3,34	2,97	2,67	4,60	0,00	
(h)	(mm)	(mm)	(mm)	(m³/s)												(m³/s)
0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0											0,0
0,73	65,69	14,99	14,99	0,71	10,7	0,0										10,7
1,47	83,49	25,55	10,56	1,43	21,4	7,5	0,0									28,9
2,20	94,38	32,74	7,20	2,14	32,1	15,1	5,1	0,0								52,3
2,93	102,31	38,27	5,53	2,85	42,8	22,6	10,3	3,9	0,0							79,6
3,66	108,59	42,79	4,52	2,55	38,2	30,1	15,4	7,9	3,2	0,0						94,8
4,40	113,80	46,62	3,84	2,12	31,8	26,9	20,5	11,8	6,4	2,7	0,0					***100,1***
5,13	118,26	49,97	3,34	1,70	25,4	22,4	18,3	15,8	9,7	5,5	2,4	0,0				99,5
5,86	122,16	52,93	2,97	1,27	19,0	17,9	15,3	14,1	12,9	8,2	4,8	2,1	0,0			94,3
6,60	125,63	55,60	2,67	0,84	12,6	13,4	12,2	11,7	11,5	10,9	7,2	4,2	1,9	0,0		85,6
8,04	131,54	60,21	4,60	0,00	0,0	8,9	9,1	9,4	9,6	9,8	9,5	6,3	3,8	3,3	0,0	69,7
8,77					0,0	0,0	6,1	7,0	7,7	8,1	8,5	8,5	5,7	6,6	0,0	58,2
9,51						0,0	0,0	4,7	5,7	6,5	7,1	7,6	7,6	9,9	0,0	49,1
10,24							0,0	0,0	3,8	4,9	5,7	6,3	6,8	13,1	0,0	40,6
10,97								0,0	0,0	3,2	4,2	5,0	5,7	11,7	0,0	29,8
11,70									0,0	0,0	2,8	3,8	4,5	9,8	0,0	20,9
12,44										0,0	0,0	2,5	3,4	7,8	0,0	13,7
13,17											0,0	0,0	2,2	5,8	0,0	8,0
13,90												0,0	0,0	3,9	0,0	3,9
													0,0	0,0	0,0	0,0
														0,0	0,0	0,0
															0,0	0,0

Qpico = 100,1 m³/s **Qprojeto = 103,0 m³/s**

Tabela 9 - Método Hidrograma Unitário Triangular – TR 50

PROJETO DE DRENAGEM

DIMENSIONAMENTO DE OBRAS DE ARTE CORRENTES

BACIA - Córrego da Divisa — Posto Escolhido: ***MOGI-MIRIM***

LOCAL: ***Km 0+000*** — OBRA INDICADA: ***PONTE***

ÁREA : **42,420** km² — EXTENSÃO : **12,860** km

DECLIVIDADE 0,0088 m/m — DEFLÚVIO : 72,40

HIDROGRAMA UNITÁRIO

tc :	4,40	h	D :	0,73	h
tp :	3,01	h	tr :	5,03	h
tb:	8,04	h	Qp :	2,93	m³/s.mm

HIDROGRAMA DE CHEIA — TR: **100** Anos

DURAÇÃO (h)	CHUVA REAL (mm)	CHUVA EFETIVA ACUMUL. (mm)	CHUVA EFETIVA INC. (mm)	q i (m³/s)	INCREMENTOS DA CHUVA EFETIVA / VAZÕES PARCIAIS 18,14	12,62	8,54	6,54	5,33	4,51	3,93	3,48	3,13	5,39	0,00	VAZÃO Q (m³/s)
0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0											0,0
0,73	71,32	18,14	18,14	0,71	12,9	0,0										12,9
1,47	91,46	30,77	12,62	1,43	25,9	9,0	0,0									34,9
2,20	103,77	39,31	8,54	2,14	38,8	18,0	6,1	0,0								62,9
2,93	112,75	45,85	6,54	2,85	51,8	27,0	12,2	4,7	0,0							95,7
3,66	119,85	51,17	5,33	2,55	46,2	36,0	18,3	9,3	3,8	0,0						113,6
4,40	125,74	55,69	4,51	2,12	38,5	32,2	24,4	14,0	7,6	3,2	0,0					***119,9***
5,13	130,79	59,61	3,93	1,70	30,8	26,8	21,8	18,7	11,4	6,4	2,8	0,0				118,7
5,86	135,20	63,09	3,48	1,27	23,0	21,4	18,1	16,7	15,2	9,7	5,6	2,5	0,0			112,2
6,60	139,13	66,23	3,13	0,84	15,3	16,0	14,5	13,9	13,6	12,9	8,4	5,0	2,2	0,0		101,8
8,04	145,82	71,61	5,39	0,00	0,0	10,6	10,8	11,1	11,3	11,5	11,2	7,4	4,5	3,8	0,0	82,2
8,77					0,0	0,0	7,2	8,3	9,0	9,6	10,0	9,9	6,7	7,7	0,0	68,4
9,51						0,0	0,0	5,5	6,8	7,7	8,3	8,9	8,9	11,5	0,0	57,6
10,24							0,0	0,0	4,5	5,7	6,7	7,4	8,0	15,4	0,0	47,7
10,97								0,0	0,0	3,8	5,0	5,9	6,6	13,7	0,0	35,0
11,70									0,0	0,0	3,3	4,4	5,3	11,4	0,0	24,4
12,44										0,0	0,0	2,9	4,0	9,1	0,0	16,0
13,17											0,0	0,0	2,6	6,8	0,0	9,4
13,90												0,0	0,0	4,5	0,0	4,5
													0,0	0,0	0,0	0,0
														0,0	0,0	0,0
															0,0	0,0

Qpico = 119,9 m³/s — **Qprojeto = 122,8 m³/s**

Tabela 10 - Método Hidrograma Unitário Triangular – TR 100

3.1.4 Verificação / Dimensionamento Hidráulico da OAC's

A área de seção de vazão das obras de drenagem, adequada ao escoamento da descarga máxima prevista, é determinada em função do tipo de obra e suas características de funcionamento hidráulico.

Para a verificação da capacidade de vazão das obras de arte correntes, foram consideradas as seguintes hipóteses:

Bueiros Tubulares

- Funcionando como canal, para vazão calculada como tempo de recorrência de 15 anos;
- Funcionando como orifício, com sobrecarga, para o tempo de recorrência de 25 anos;

Bueiros Celulares

- Funcionando como canal, para a vazão calculada com tempo de recorrência de 25 anos;
- Funcionando como orifício, com sobrecarga, para tempo de recorrência de 50 anos.

Na verificação do funcionamento como orifício foram utilizados os gráficos da publicação do Bureau of Public Roads, Hydraulic Engineering Circular (1965).

3.1.4.1 Análise de Capacidade Hidráulica — Travessia de Q = 103,00 m³/s

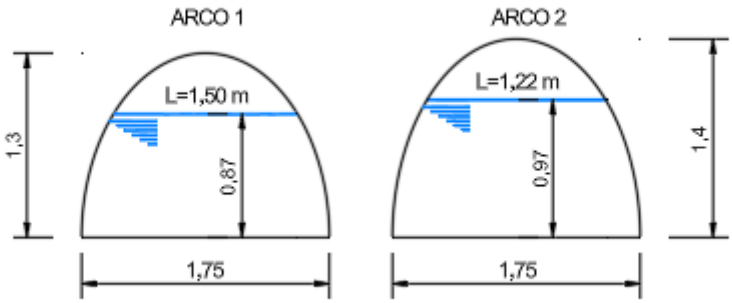
Método de cálculo

A verificação utiliza a equação de **Manning à plena seção** (regime livre, conduto cheio):

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

- Verificação da seção existente

A seção da travessia atual do Córrego da Divisa consiste na seguinte geometria:



De acordo com as informações recebidas do levantamento de campo temos:

Arco 1

Área: 1,98 m2;

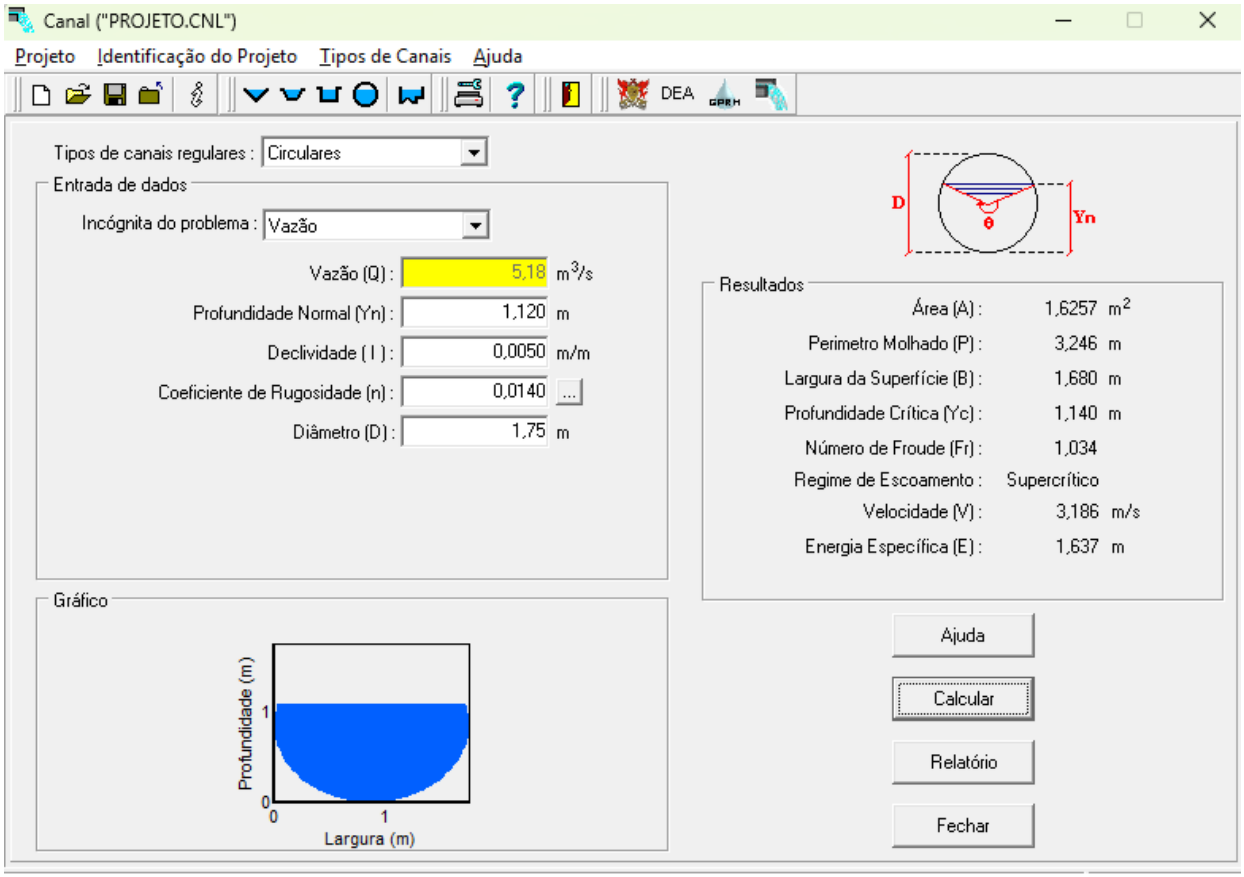
Área molhada: 1,54 m2

Arco 2

Área: 1,88 m2

Para efeitos práticos, adotou-se o maior diâmetro de 1,80 m para verificação hidráulica.

Para cada arco têm-se:



A capacidade de cada dispositivo, considerando a lâmina de 80% é de 5,18 m3/s. Logo, para linha dupla dn 1800 mm, a vazão para seção total, com 80% de lâmina é de 10,36 m3/s. A capacidade dos condutos existentes está muito abaixo do deflúvio considerado para TR 50 anos.

Têm-se o agravante do caso em tela, pois, observa-se mesmo fora do período chuvoso a lâmina de 0,87 m medida em campo. Essa lâmina corresponde à 67% do diâmetro do dispositivo.



Situação atual da travessia em período não chuvoso

- Verificação das alternativas de projeto

Com os parâmetros dados (i = 0,5%; L = 15 m; n_concreto = 0,014; n_PEAD = 0,010), e considerando os tamanhos comerciais padronizados do IPR-724 (Tabelas 1 e 2, páginas 51-52).

Resultado por configuração — apresentando a maior dimensão comercial padronizada

Para cada configuração, listo o **maior tamanho comercial disponível** e a capacidade resultante. Quando insuficiente, o resultado fala por si.

Bueiros celulares de concreto (BxCC)

Configuração	Dimensão máx. comercial	A (m²)	V (m/s)	Q_máx (m³/s)	Atende 118,1?
Simples (BSCC)	3,0 × 3,0 m	9,00	4,17	**37,5**	Não
Duplo (BDCC)	3,0 × 3,0 m	18,00	4,17	**75,1**	Não
Triplo (BTCC)	3,0 × 3,0 m	27,00	4,17	**112,6**	Não

Bueiros tubulares de concreto (BxTC)

Configuração	Diâmetro máx. comercial	A (m²)	V (m/s)	Q_máx (m³/s)	Atende 103,0?
Simples (BSTC)	D = 2,0 m	3,14	3,18	**10,0**	Não
Duplo (BDTC)	D = 2,0 m	6,28	3,18	**20,0**	Não
Triplo (BTTC)	D = 2,0 m	9,42	3,18	**30,0**	Não

Observação: IPR-724 Tabela 1 lista BDTC e BTTC apenas até D = 1,5 m; D = 2,0 m foi extrapolado pois aparece na Tabela 23 (regime de orifício). Mesmo nesse caso, a triplo não chega a 16% da vazão requerida.

Bueiros tubulares de PEAD (BxTP)

Configuração	Diâmetro máx. comercial	A (m²)	V (m/s)	Q_máx (m³/s)	Atende 103,0?
Simples	D = 1,5 m	1,77	3,68	**6,5**	Não
Duplo	D = 1,5 m	3,53	3,68	**13,0**	Não
Triplo	D = 1,5 m	5,30	3,68	**19,5**	Não

Observação: PEAD comercial no Brasil tipicamente até 1,5 m. Mesmo com n menor (0,010), a capacidade fica muito abaixo do requerido.

Conclusão sobre bueiros

Nenhuma configuração de bueiro — tubular ou celular, simples, duplo ou triplo — atende a Q = 103,0 m³/s com dimensões comerciais padronizadas operando à plena seção sob i = 0,5%. A configuração mais próxima (BTCC 3,0×3,0 triplo) atende apenas 95,3% da vazão requerida.

Para atender 103,0 m³/s seriam necessárias soluções não-padronizadas, como:

- **3 ou mais células 3,0×3,0 m** lado a lado 3 × 37,52 ≈ **112,56 m³/s**, com folga de 9,3% sobre a vazão requerida.);

- **Ponte** — solução tecnicamente adequada para esta magnitude de vazão.

3.1.4.2 Dimensionamento da ponte — vão de 9,15 m

Resolvendo Manning iterativamente para seção retangular aberta com:

B = 9,15 m, n = 0,035, i = 0,005, Q = 103,0 m³/s:

Parâmetro	**Valor**
Lâmina d'água (y)	**3,53 m**
Área molhada (A)	32,30 m²
Perímetro molhado (P)	16,21 m
Raio hidráulico (R)	1,99 m
Velocidade (V)	**3,19 m/s**
Folga mínima (IPR-715, p.20)	1,00 m
Altura livre hidráulica (leito → face inferior da superestrutura)	**4,53 m**

3.1.4.3 Consolidação das soluções verificadas

Tipo	Configuração	Dimensão	A (m²)	V (m/s)	Q (m³/s)	Atende 103,0
Celular concreto	BSCC simples	3,0 × 3,0 m	9,00	4,17	37,52	✗
Celular concreto	BDCC duplo	3,0 × 3,0 m	18,00	4,17	75,05	✗
Celular concreto	BTCC triplo	3,0 × 3,0 m	27,00	4,17	112,56	✗ (92,0%)
Tubular concreto	BSTC simples	D = 2,0 m	3,14	3,18	10,00	✗
Tubular concreto	BDTC duplo	D = 2,0 m	6,28	3,18	19,99	✗
Tubular concreto	BTTC triplo	D = 2,0 m	9,42	3,18	29,99	✗
Tubular PEAD	Simples	D = 1,5 m	1,77	3,68	6,50	✗
Tubular PEAD	Duplo	D = 1,5 m	3,53	3,68	13,00	✗
Tubular PEAD	Triplo	D = 1,5 m	5,30	3,68	19,49	✗
Ponte	**B = 9,15 m**	**y = 3,53 m + folga 1,00 m**	**32,30**	**3,197**	**103,0**	✓

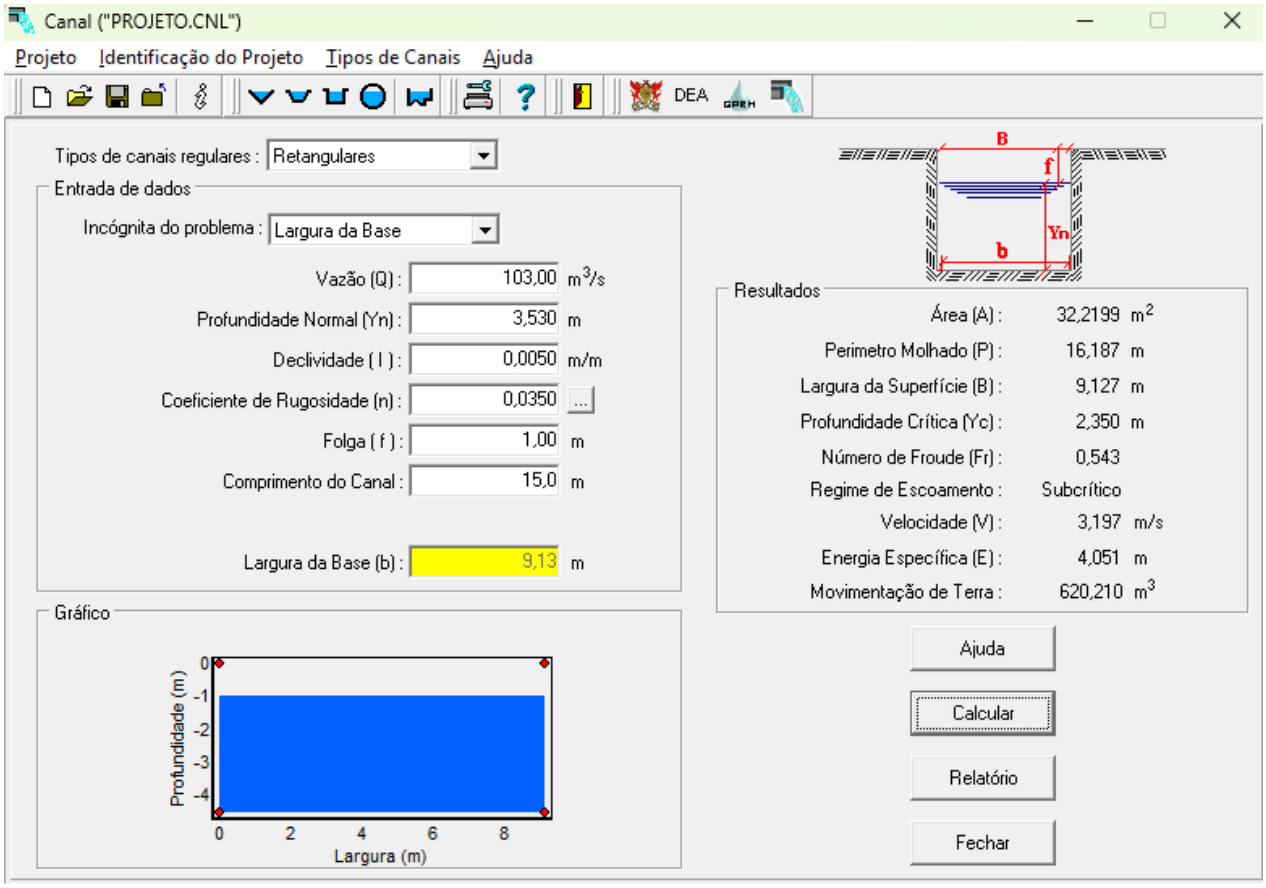
3.1.4.4 Observações técnicas críticas

Três pontos que precisam ser apontados, em linha com a postura de engenharia exigida pelo problema:

1. **caso BTCC 3,0 × 3,0 triplo é borderline, não impossível.** Deve-se verificar a cota máxima admissível para o NA montante (limitação por inundação de áreas marginais ou aterro);

Recomendação técnica: Para Q = 103,0 m³/s, duas soluções tecnicamente defensáveis emergem:

- (a) **BTCC 3,0 × 3,0 triplo + verificação como orifício**, se NA admissível a montante permitir lâmina acima da geratriz superior e se 103,0 m³/s corresponder ao TR de verificação (não de dimensionamento). Esta seria a solução mais econômica. Entretanto, para o caso em tela, o TR de verificação é de 100 anos com vazão de 122,8 m3/s. Desta forma, observa-se que a opção de bueiro celular triplo não atende com segurança a travessia.
- (b) **Ponte com vão de 9,15 m ou maior**. Esta é a solução mais robusta hidraulicamente.



- A escolha entre (a) e (b) carece de maior detalhamento planialtimétrico cadastral, bem como levantamento fotogramétrico da área da bacia de contribuição para refinamento das vazões estimadas.

Itatiba, 15 de junho de 2026

ALESSANDRO DA SILVA SILVERIO ENGENHARIA:43828223000154

Equipe Técnica de Engenharia
ARML Engenharia
CREA: 506.090.042-6-SP