ESTUDOS HIDROLÓGICOS
AVENIDA DOS SANTOS
SERRANIA /MG

MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO EXECUTIVO DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA DA AVENIDA DOS SANTOS

HIDROLOGIA

ELABORAÇÃO

OBJETIVA
PROJETOS E SERVIÇOS

REALIZAÇÃO

MAIO / 2021

PROJETO DE INFRAESTRUTURA AVENIDA DOS SANTOS EM SERRANIA/MG

Resumo:

Este arquivo contém o Memorial Descritivo dos Estudos Hidrológicos para execução das obras de infraestrutura de drenagem da Avenida dos Santos no município de Serrania/MG.

00	05/2021	A	PARA APROVAÇÃO	LGR	GLO	JGO	JGO
REV	**DATA**	**TIPO**	**DESCRIÇÃO**	**POR**	**VERIFICADO**	**AUTORIZADO**	**APROVADO**

EMISSÕES

TIPOS	A–PARA APROVAÇÃO B–REVISÃO	C–ORIGINAL D-CÓPIA

Empresa Contratada:

OBJETIVA PROJETOS E SERVIÇOS.

Alameda Oscar Niemeyer, nº500, Salas 503/507–Vale do Sereno

34000-000 – Nova Lima–MG

Tel.:(31)3347-4405 // (31)3347-7079

Responsáveis Técnicos:

- Juliana Gonçalves Oliveira - Engenheira Civil – CREA 239.787/D

***VOLUME*:**

ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Referência:

MAIO / 2021

ÍNDICE

1 APRESENTAÇÃO 5
1.1 EQUIPE TÉCNICA 5
2 LISTA DE DESENHOS 6
3 ESTUDOS 7
3.1 ESTUDOS HIDROLÓGICOS 7
3.2 ASPECTOS METODOLÓGICOS 7
3.2.1 COLETA DE DADOS 7
3.2.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DA REGIÃO 9
3.2.3 PLUVIOMETRIA 11
3.2.4 MÉTODO PLÚVIO 11
3.3 CÁLCULO DA VAZÃO MÁXIMA POSSÍVEL 17
3.3.1 TEMPO DE RECORRÊNCIA 17
3.3.2 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO 17
3.3.3 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL 18
3.3.4 DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES 21
3.3.5 DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO EFETIVA 25
3.4 MAPA DE BACIA 27
3.5 RESULTADOS DE CÁLCULO DE VAZÃO 28
3.6 VERIFICAÇÃO / DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DA OAC'S 28
4 RESPONSABILIDADE TÉCNICA 31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Postos Pluviométricos 8
Tabela 2 - Características Climáticas 10
Tabela 3 - IDF Machado 12
Tabela 4 - IDF Lavras 13
Tabela 5 - IDF Muzambinho 13
Tabela 6 - Coeficiente de Escoamento Superficial 19
Tabela 7 - Valores de "CN" 20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Polígono de Thiessen 8
Figura 2 - Classificação Climática de Köppen 9
Figura 3 - Postos Pluviométricos Estudados/Trecho do Projeto 11
Figura 4 - Gráfico Intensidade Pluviométrica x Duração Machado 14
Figura 5 - Gráfico Precipitação x Duração Machado 14
Figura 6 - Gráfico Intensidade Pluviométrica x Duração Muzambinho 15
Figura 7 - Gráfico Precipitação x Duração Muzambinho 15
Figura 8 - Gráfico Intensidade Pluviométrica x Duração Lavras 16
Figura 9 - Gráfico Precipitação x Duração Lavras 16
Figura 10 - Método Racional 22
Figura 11 - Forma do HUT do SCS 25
Figura 12 - Gráfico do HUT do SCS 27
Figura 13 - Planilha de Cálculo de Vazão 28
Figura 14 - Ábaco Para Bueiro Tubular 29
Figura 15 - Ábaco Para Bueiro Celular 30

1 APRESENTAÇÃO

1.1 EQUIPE TÉCNICA

A Objetiva Projetos e Serviços apresenta a seguir a equipe técnica envolvida no presente trabalho:

Quadro 1.1 – Equipe Técnica

EQUIPE TÉCNICA:	Fabiane Ganda (Engenheira Civil Trainee) Carlos Júnior da Silva Martins (Projetista) Geraldo Lopes de Oliveira Filho (Engenheiro Civil) Gislaine Machado Tadim de Castro (Técnica em Estradas) João Pedro Veriano (Auxiliar de Engenharia) Luciene Gonçalves Rosa (Técnica em Edificações) Renata Moreira dos Santos (Engenheira Civil Trainee)

2 LISTA DE DESENHOS

Quadro 2.1 – Lista de Desenhos

Nº DESENHO	TÍTULO
PRJ-EXE-ESH-SRN-AVS-0101-REV00	FOLHA 01/01: MAPA DE BACIAS / ESTUDOS HIDROLÓGICOS

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 dos dispositivos de drenagem 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 DEER/MG, DNIT e da ABNT.

As fontes de informação utilizadas nos estudos foram:

- "Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais" – COPASA/Universidade Federal de Viçosa;
- Dados Pluviométricos fornecidos pela Agência Nacional de Águas - ANA;
- Classificação Climática de Wladimir Köppen;

3.2 ASPECTOS METODOLÓGICOS

3.2.1 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:

- Software PLUVIO 2.1 da Universidade Federal de Viçosa em parceria com a COPASA pelo autor DENARDIN, J., FREITAS, P. http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares, nos seguintes postos:

ÍNDICES DE CHUVAS INTENSAS/ BRASIL									
POSTO ESCOLHIDO									
ITEM	CÓDIGO	ESTAÇÃO	DADOS PARA EQUAÇÃO				LAT	LONG	FONTE
			K	a	b	c			
1	MG	MACHADO	3.811,290	0,207	20,340	1,075	21°40'00"S	45°55'00"O	PLUVIO
2	MG	MUZAMBINHO	3.543,390	0,218	18,233	1,044	21°22'50"S	46°01'31"O	PLUVIO
3	MG	Lavras	10.224,810	0,187	56,281	1,149	21°14'00"S	45°00'00"O	PLUVIO

Tabela 1 - Postos Pluviométricos

A seguir o Mapa de Localização dos Postos Pluviométricos:



Figura 1 – Polígono de Thiessen

3.2.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DA REGIÃO

O Brasil, pelas suas dimensões continentais, possui uma diversificação climática bem ampla, influenciada pela sua configuração geográfica, sua significativa extensão costeira, seu relevo, e a dinâmica das massas de ar sobre seu território.

O clima de uma região é caracterizado por diversos fatores (temperatura, chuvas, umidade do ar, ventos e pressão atmosférica) que por sua vez são condicionados por sua altitude, latitude, condições de relevo, vegetação e continentalidade.

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 Avenida dos Santos, em Serrania – MG foi estudado nos “Normais climatológicas” os postos meteorológicos de Machado, Muzambinho e Lavras. A seguir mapa de classificação climática de Serrania, segundo Wladimir Köppen:

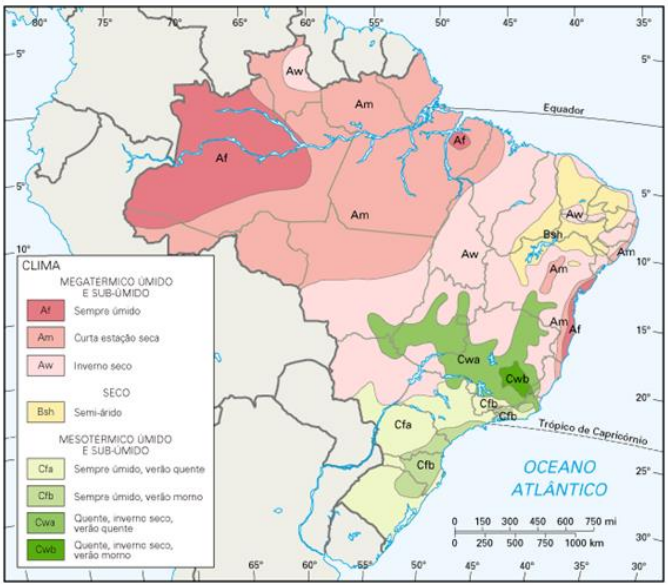


Figura 2 – Classificação Climática de Köppen

Assim, de acordo com a classificação climática de Wladimir Köppen, o domínio climático que se encontra inserido o município de Serrania é do tipo “Cwa”, sendo caracterizado pelo clima subtropical com inverno seco, verão quente. A temperatura máxima do mês mais quente é de 28,3ºC e caracterizado por um total de chuvas no mês mais seco de 20,2mm e no mês mais chuvoso de 288,6mm, e precipitação total anual de 1534,3mm. Na região predomina a vegetação de floresta estacional, que faz parte do complexo do cerrado e pode ser caracterizada como gramíneo-lenhosa que é caracterizada por temperaturas constantemente altas, secas demarcadas e poucas chuvas. A seguir, quadro com características climáticas para o posto representativo em estudo.

Tabela 2 - Características Climáticas/lavras-MG

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Estação : **LAVRAS** Código : **83.687** Período de Observação : **1961 - 1990**

Operadora: **INMET** Latitude : **21°45'S** Longitude : **45°00'W**

DADOS \ MESES	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	TOTAL	MÉDIA ANUAL
TEMPERATURA MÉDIA (°C)	21,8	22,1	21,6	19,8	17,4	16,3	15,9	17,7	19,4	20,4	20,9	21,2	234,5	19,5
TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	27,8	28,4	28,3	26,6	24,7	23,9	23,7	25,7	27,1	27,2	27,2	27,3	317,9	26,5
TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	17,7	17,9	17,3	15,4	12,7	11,1	10,4	11,7	13,6	15,6	16,6	17,3	177,3	14,8
AMPLITUDE ABSOLUTA (°C)	24,3	20,8	23,6	23,3	25,8	28,3	29,6	30,3	29,2	25,4	26,6	24,7	311,9	26,0
INSOLAÇÃO TOTAL (horas e décimos)	187,9	191,8	205,5	219,2	222,2	219,5	245,3	247,6	202,6	198,6	181,0	162,2	2.483,4	207,0
EVAPORAÇÃO (mm)	61,6	61,8	65,6	62,0	63,7	63,1	78,7	100,2	108,0	93,7	76,6	66,1	901,1	75,1
UMIDADE RELATIVA (%)	81,3	79,7	77,3	80,1	77,4	76,1	72,2	67,1	69,2	74,1	78,3	81,5	914,3	76,2
ALTITUDE DA ESTAÇÃO (m)	918,8													
CLIMA	Koppen - Am - Curta Estação Seca													
VEGETAÇÃO PREDOMINANTE	Floresta Estacional													

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

3.2.3 PLUVIOMETRIA

3.2.4 MÉTODO PLÚVIO

O posto a ser adotado como representativo para o trecho em projeto será o de Lavras. Segue abaixo figura com os postos adotados:

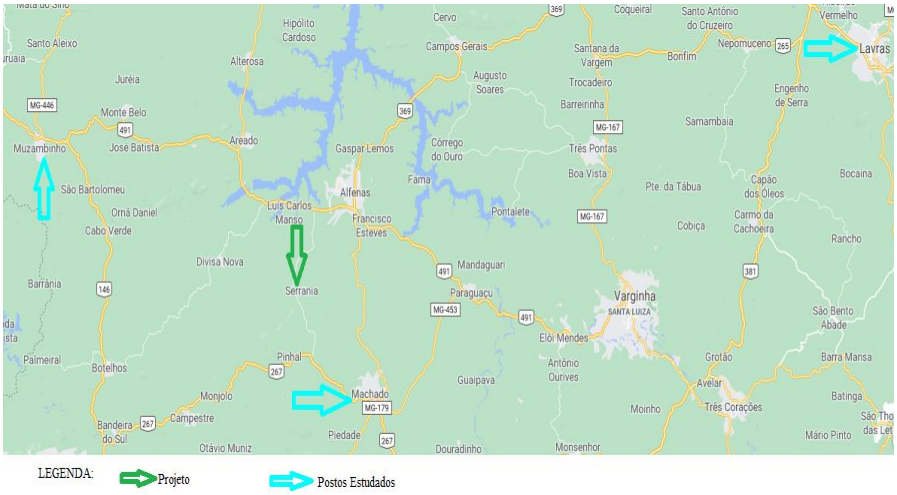


Figura 3 - Postos Pluviométricos Estudados/Trecho do Projeto

O departamento de Engenharia agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em Minas Gerais, pela aplicação do inverso da quinta potência das distâncias da área em estudo até regiões com parâmetros e expoentes conhecidos e utilização do software PLUVIO 2.1, vem se dedicando a definir estes parâmetros para as mais diversas regiões do Brasil.

Em face deste fato, a equipe responsável pelo estudo realizou pesquisa no site http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares – PLUVIO 2.1 e localizou os parâmetros, estabelecidos por Silva et al. (2003), da equação IDF para a localidade situada na área de influência do projeto. Para este projeto foi feito estudo de três postos pluviométricos: Machado, Muzambinho e Lavras.

O cálculo de precipitação máxima em função da duração e período de recorrência é feito pela equação estabelecida pelo estudo conjunto entre COPASA e Universidade Federal de Viçosa

presente na publicação “Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais”. Segue parâmetros da equação dos postos considerados:

Com isso, a equação IDF é representada por:

$$I = \frac{K \times T^{\alpha}}{(\tau + b)^{C}}$$

Onde:

- I é a estimativa da intensidade da chuva no local “i” associada ao período de retorno “T” (mm/h);
- K, a, b e c são parâmetros ajustados com base nos dados pluviométricos da localidade (horas);
- t é a duração da precipitação em minutos;
- T é período de retorno, em anos.

Abaixo segue o resumo dos resultados dos postos estudados:

Posto: MACHADO Código: MG

INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA (mm/h)									
T	t (horas)								
(anos)	0,17	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	8,00	14,00	24,00
5	134,7	115,2	78,7	47,6	26,2	17,8	6,7	3,7	2,1
10	155,5	132,9	90,9	55,0	30,2	20,6	7,7	4,3	2,4
15	169,2	144,6	98,8	59,8	32,8	22,4	8,4	4,7	2,6
25	188,0	160,7	109,9	66,5	36,5	24,9	9,3	5,2	2,9
50	217,0	185,5	126,8	76,7	42,1	28,7	10,7	6,0	3,4
100	250,5	214,1	146,4	88,6	48,6	33,2	12,4	6,9	3,9

Fonte: Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais - COPASA / Universidade Federal de Viçosa

Posto: MACHADO Código: MG

ALTURA DA PRECIPITAÇÃO (mm)									
T	t (horas)								
(anos)	0,17	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	8,00	14,00	24,00
5	22,5	28,8	39,4	47,6	52,3	53,5	53,4	52,1	50,6
10	25,9	33,2	45,4	55,0	60,4	61,8	61,6	60,2	58,4
15	28,2	36,1	49,4	59,8	65,7	67,2	67,0	65,4	63,5
25	31,3	40,2	54,9	66,5	73,0	74,7	74,4	72,7	70,6
50	36,2	46,4	63,4	76,7	84,2	86,2	85,9	84,0	81,5
100	41,8	53,5	73,2	88,6	97,2	99,5	99,2	96,9	94,1

Fonte: Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais - COPASA / Universidade Federal de Viçosa

Tabela 3 - IDF Machado – Método Plúvio 2.1

Posto : LAVRAS Código: MG

INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA (mm/h)

T	t (horas)								
(anos)	0,17	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	8,00	14,00	24,00
5	111,2	102,6	82,4	58,5	36,3	25,9	10,1	5,6	3,1
10	126,6	116,8	93,8	66,6	41,3	29,5	11,5	6,4	3,5
15	136,6	126,0	101,2	71,8	44,5	31,8	12,4	6,9	3,8
25	150,2	138,7	111,4	79,0	49,0	35,0	13,6	7,6	4,2
50	171,0	157,9	126,8	90,0	55,8	39,8	15,5	8,6	4,8
100	194,7	179,7	144,3	102,4	63,5	45,4	17,7	9,8	5,4

Fonte : Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais - COPASA / Universidade Federal de Viçosa

Posto : LAVRAS Código: MG

ALTURA DA PRECIPITAÇÃO (mm)

T	t (horas)								
(anos)	0,17	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	8,00	14,00	24,00
5	18,5	25,7	41,2	58,5	72,5	77,7	80,8	78,4	74,6
10	21,1	29,2	46,9	66,6	82,6	88,5	92,0	89,2	84,9
15	22,8	31,5	50,6	71,8	89,1	95,4	99,2	96,2	91,6
25	25,0	34,7	55,7	79,0	98,0	105,0	109,2	105,9	100,7
50	28,5	39,5	63,4	90,0	111,6	119,5	124,3	120,5	114,7
100	32,5	44,9	72,2	102,4	127,0	136,1	141,5	137,2	130,5

Fonte : Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais - COPASA / Universidade Federal de Viçosa

Tabela 4 - IDF Lavras - Método Plúvio 2.1

Posto : MUZAMBINHO Código: MG

INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA (mm/h)

T	t (horas)								
(anos)	0,17	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	8,00	14,00	24,00
5	152,8	129,8	88,0	53,1	29,3	20,1	7,7	4,4	2,5
10	177,7	151,0	102,3	61,8	34,1	23,4	8,9	5,1	2,9
15	194,1	164,9	111,8	67,5	37,2	25,6	9,8	5,5	3,2
25	217,0	184,4	125,0	75,4	41,6	28,6	10,9	6,2	3,6
50	252,4	214,4	145,3	87,7	48,4	33,2	12,7	7,2	4,1
100	293,5	249,4	169,0	102,0	56,3	38,7	14,8	8,4	4,8

Fonte : Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais - COPASA / Universidade Federal de Viçosa

Posto : MUZAMBINHO Código: MG

ALTURA DA PRECIPITAÇÃO (mm)

T	t (horas)								
(anos)	0,17	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	8,00	14,00	24,00
5	25,5	32,5	44,0	53,1	58,6	60,3	61,5	61,0	60,1
10	29,6	37,7	51,2	61,8	68,2	70,2	71,5	70,9	69,9
15	32,3	41,2	55,9	67,5	74,5	76,7	78,1	77,5	76,4
25	36,2	46,1	62,5	75,4	83,3	85,7	87,3	86,6	85,4
50	42,1	53,6	72,7	87,7	96,8	99,7	101,6	100,7	99,3
100	48,9	62,4	84,5	102,0	112,6	116,0	118,1	117,2	115,5

Fonte : Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais - COPASA / Universidade Federal de Viçosa

Tabela 5 – IDF Muzambinho - Método Plúvio 2.1

As curvas de Intensidade Pluviométrica e Altura da Precipitação (IDF), determinadas para os postos estudados, de Machado, Muzambinho e Lavras são apresentadas a seguir:

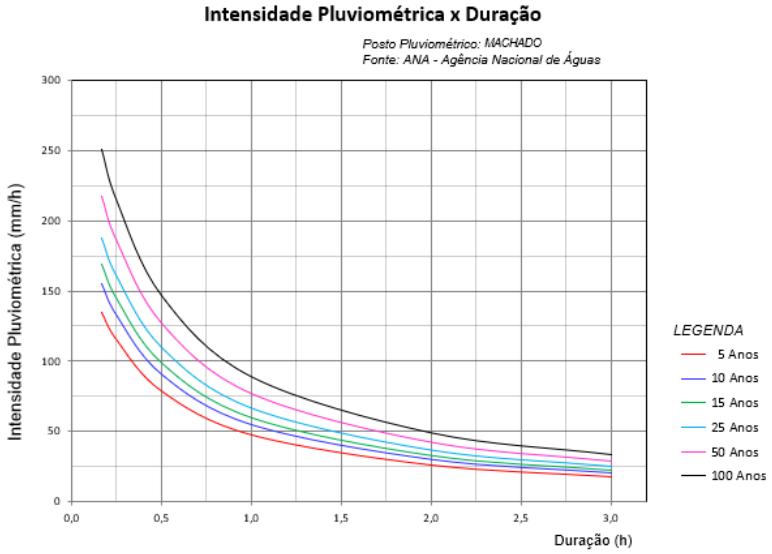


Figura 4 - Gráfico Intensidade Pluviométrica x Duração

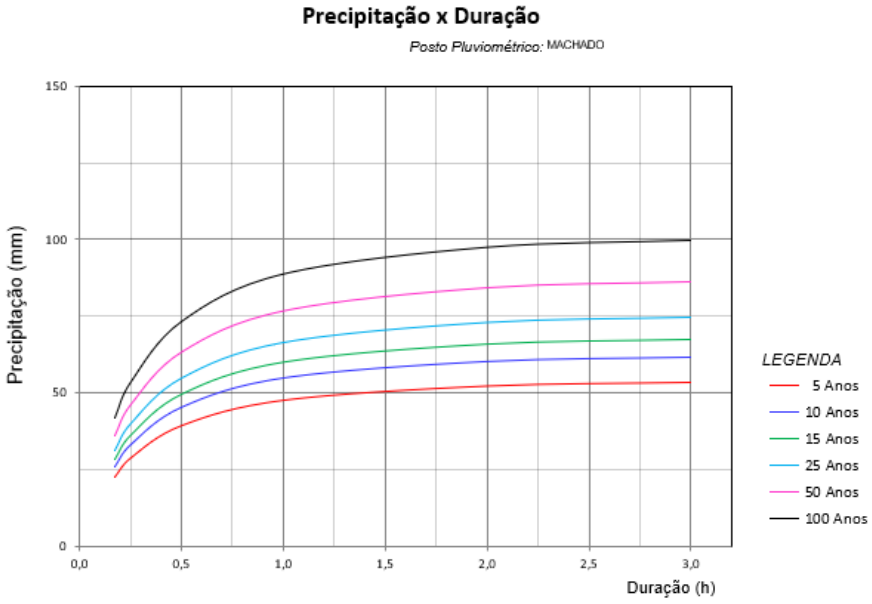


Figura 5 - Gráfico Precipitação x Duração

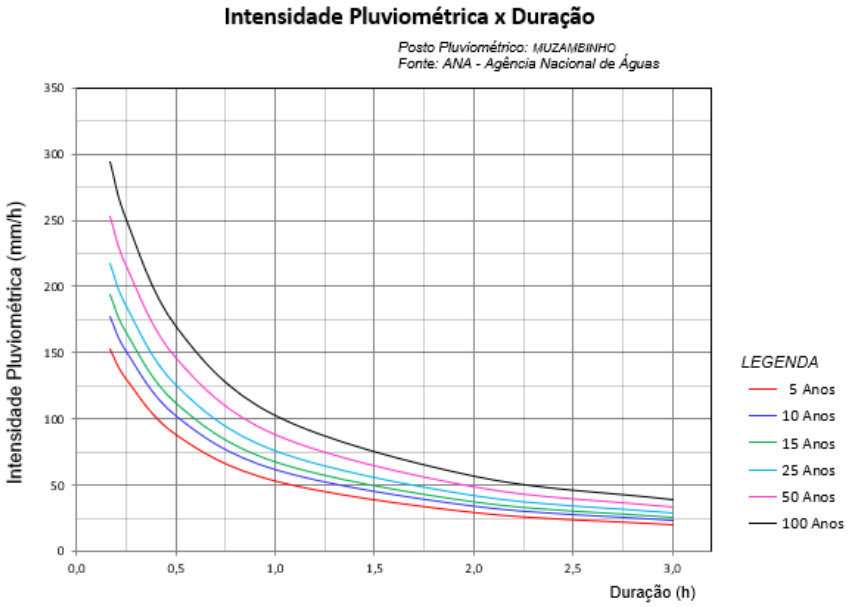


Figura 6 - Gráfico Intensidade Pluviométrica x Duração

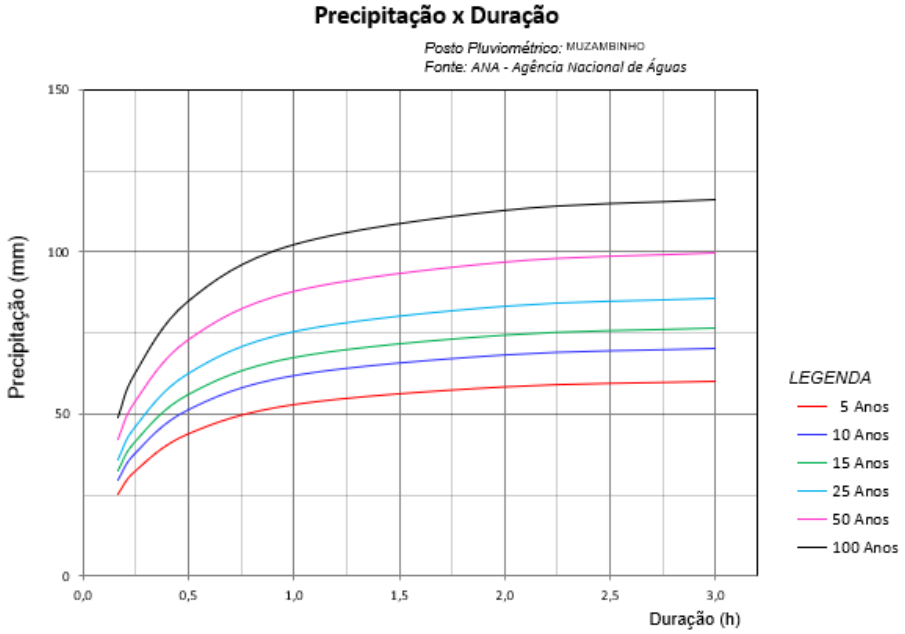


Figura 7 - Gráfico Precipitação x Duração

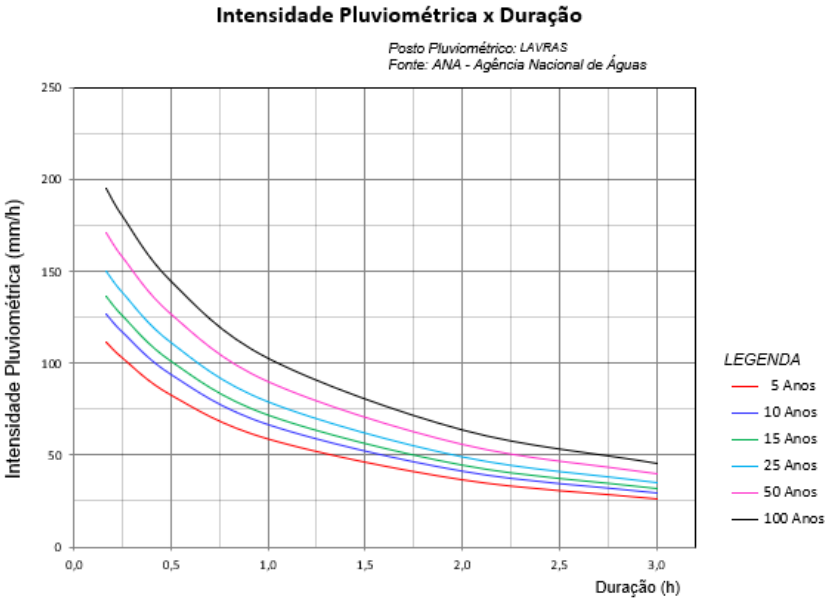


Figura 8 - Gráfico Intensidade Pluviométrica x Duração

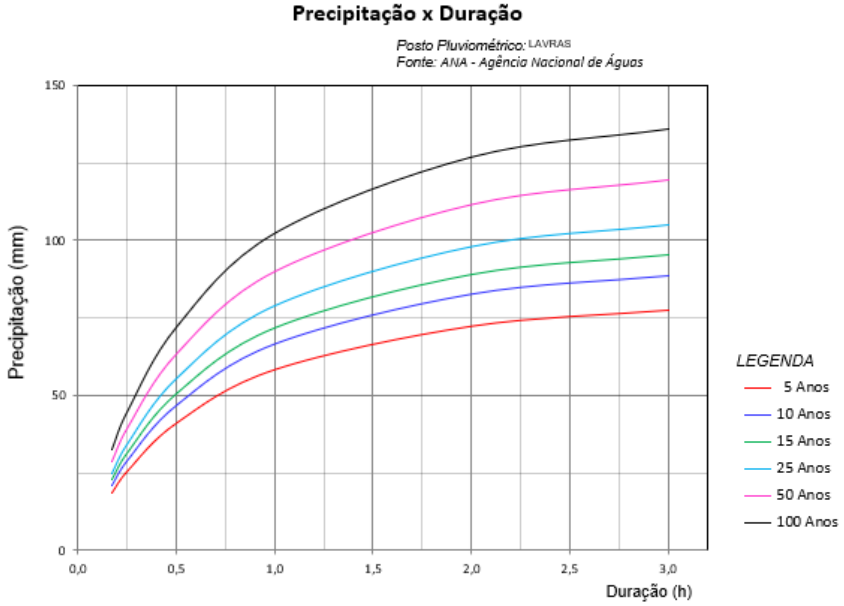


Figura 9 - Gráfico Precipitação x Duração

3.3 CÁLCULO DA VAZÃO MÁXIMA POSSÍVEL

Para o cálculo do afluxo de projeto considerou-se o critério:

- Bacias com Área < 1,00 Km² - Método Racional.

3.3.1 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.

Para o cálculo de vazão foram adotados os tempos de recorrência de acordo com os indicados a seguir:

- Obras de drenagem profunda – Tr = 1 ano;
- Obras de drenagem superficial – Tr – 10 anos;
- Obras de arte tubulares – Tr = 25 anos (dimensionados como orifício, admitindo carga hidráulica);
- Obras de arte celulares – Tr = 50 anos (dimensionados como orifício, admitindo carga hidráulica);
- Obras de arte especiais – Tr = 100 anos;

3.3.2 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;

3.3.3 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 6 - 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 projeto em questão foi adotado o coeficiente “C” com o valor de 0,45 (Solo argiloso, de baixa permeabilidade, com vegetação densa).

Tabela 7 – 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 100 tipo de solo “C”, - campos permanentes normais.

3.3.4 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 PRJ-EXE-DRE-CMD-MG10-0101-REV00_1

Para determinação das vazões será usada a metodologia 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.

3.3.4.1 Método Racional

O método racional é um método indireto e foi apresentado pela primeira vez em 1851 por Mulvaney e usado nos Estados Unidos por Emil Kuichling em 1889 e estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial (deflúvio). A sua utilização é limitado a bacias hidrográficas de pequenas áreas.

A seguir equação do método Racional:

$$Q = \frac{C \times i \times A}{360}$$

Onde:

Q - Vazão de Pico, dada em m³/s;

C - Coeficiente de escoamento;

i - Intensidade pluviométrica, dada em mm/h;

A - Área da bacia, dada em km².

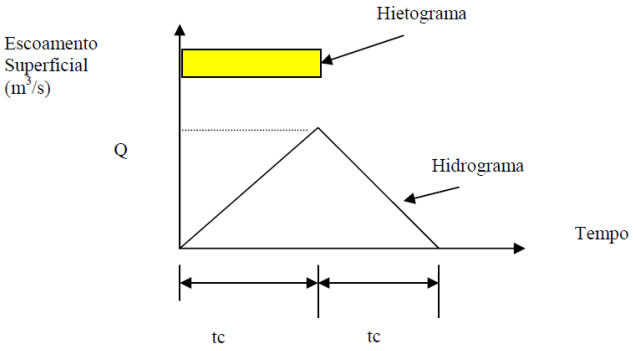


Figura 10 - Método Racional

3.3.4.2 Método Racional Modificado

Para este método serão aplicados os mesmos procedimentos do Método Racional, acrescentando-se o fator de correção (coeficiente de retardo) determinado em função da área da bacia, através da expressão a seguir indicada:

$$Q = \frac{C \times i \times A}{360} \times \phi$$

Onde,

Q - Vazão de Pico, dada em m³/s;

C - Coeficiente de escoamento;

i - Intensidade pluviométrica, dada em mm/h;

A - Área da bacia, dada em km²;

φ - Coeficiente de Retardo.

Φ - Coeficiente de Retardo é dado através da fórmula:

$$\phi = \frac{1}{\sqrt[n]{A}}$$

Nessa equação, a área de drenagem “A” é dada em hectares (ha) e “n” é um parâmetro que pode assumir os seguintes valores:

n	=	4	para bacias com talvegue principal com baixas declividades, inferiores a 0,5%;
n	=	5	para bacias com talvegue principal com declividades entre 0,5% e 1,0%;
n	=	6	para bacias com talvegue principal com declividades superiores a 1,0%.

3.3.4.3 Método Hidrograma Triangular Sintético

O referido método consiste num processo indireto, que leva em consideração as características físicas, climáticas e hidrográficas das bacias. Está fundamentado nos princípios gerais dos hidrogramas naturais (fluviogramas) e suas relações, utilizando uma configuração simplificada triangular dos fluviogramas e guardando as relações entre seus diversos componentes hidrológicos.

A equação básica é a seguinte:

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

Onde,

- Q - Vazão de Pico, dada em m³/s;
- A - Área da bacia, dada em km²;
- P_e - Precipitação efetiva, produzida pela duração do excesso de chuva D_e, dada em mm;
- T_p - Tempo de Ascensão, dada em h;

Precipitação efetiva é dada através da equação:

$$P_e = \frac{(P - 5{,}08 \times S)^2}{P + 20{,}32 \times S}$$

Onde,

P - Precipitação máxima diária anual, em função do tempo de recorrência, dada em anos;
S - Índice que traduz a capacidade de infiltração máxima do solo, adimensional;

$$S = \frac{100}{CN} - 10$$

Onde,

CN - Coeficiente de Deflúvio (run-off), variável de 0 a 100 conforme permeabilidade do solo;

A duração do excesso de chuva é dada através da equação:

$$D_e = 2\sqrt{t_c}$$

Onde,

D_e - Duração do excesso de chuva, dado em horas;
t_c - Tempo de Concentração, dado em horas;

O tempo de ascensão é dado através da equação:

$$T_p = \frac{D_e}{2} + 0{,}6 \times t_c$$

Onde,

tp - Tempo de Ascensão, dado em horas;

3.3.4.4 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.

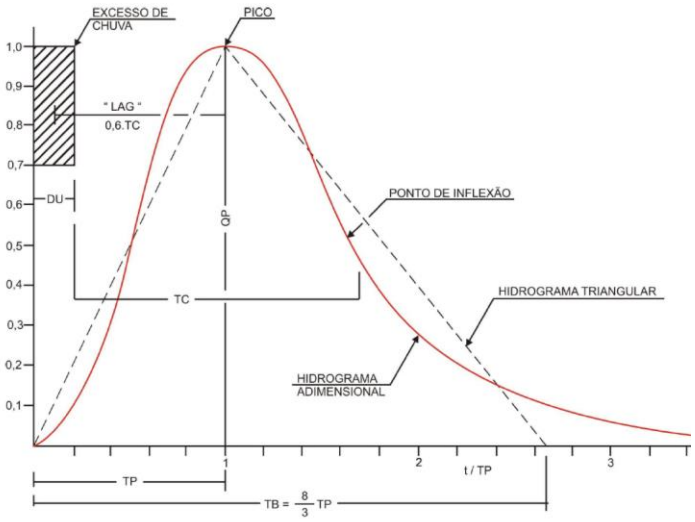


Figura 11 – Forma do HUT do SCS

3.3.5 DETERMINAÇÃO DA 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:

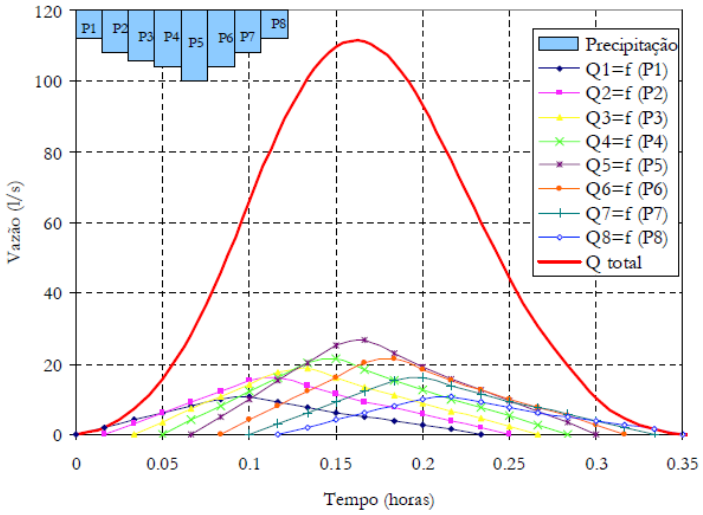


Figura 12 – Gráfico do HUT do SCS

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

3.4 MAPA DE BACIA

No desenho PRJ-EXE-ESH-SRN-AVS-0101-REV01 é apresentado o mapa da bacia do trecho em projeto, com a indicação das bacias hidrográficas que interceptam o corpo estradal e seu talvegue principal.

3.5 RESULTADOS DE CÁLCULO DE VAZÃO

Está apresentada abaixo, a planilha detalhando o cálculo da vazão máxima das bacias de contribuição.

BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO											
SUB BACIAS	A (ha)	SA (ha)	L (km)	DH (m)	tc calc	tc min	i (mm/h) 10 anos	25 anos	C2	C	Q (l/s) 10 anos
1	2,240	2,240	0,040	2,000	1,06	5,00	156,64	122,95	0,67	0,45	437,86
2	3,140	3,140	0,053	2,000	1,47	5,00	156,64	122,95	0,67	0,45	613,79

Figura 13 - Planilha de Cálculo de Vazão

3.6 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).

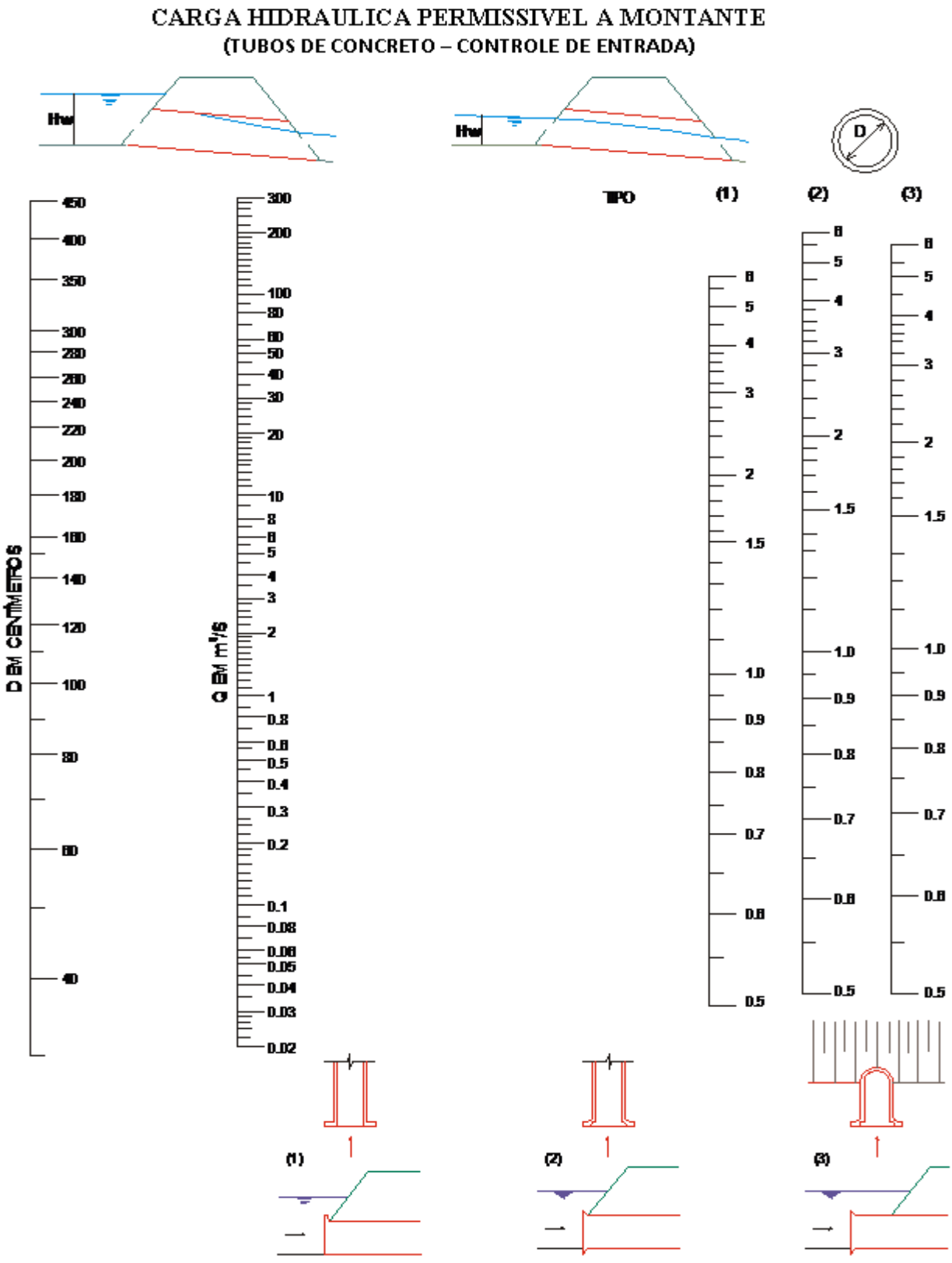
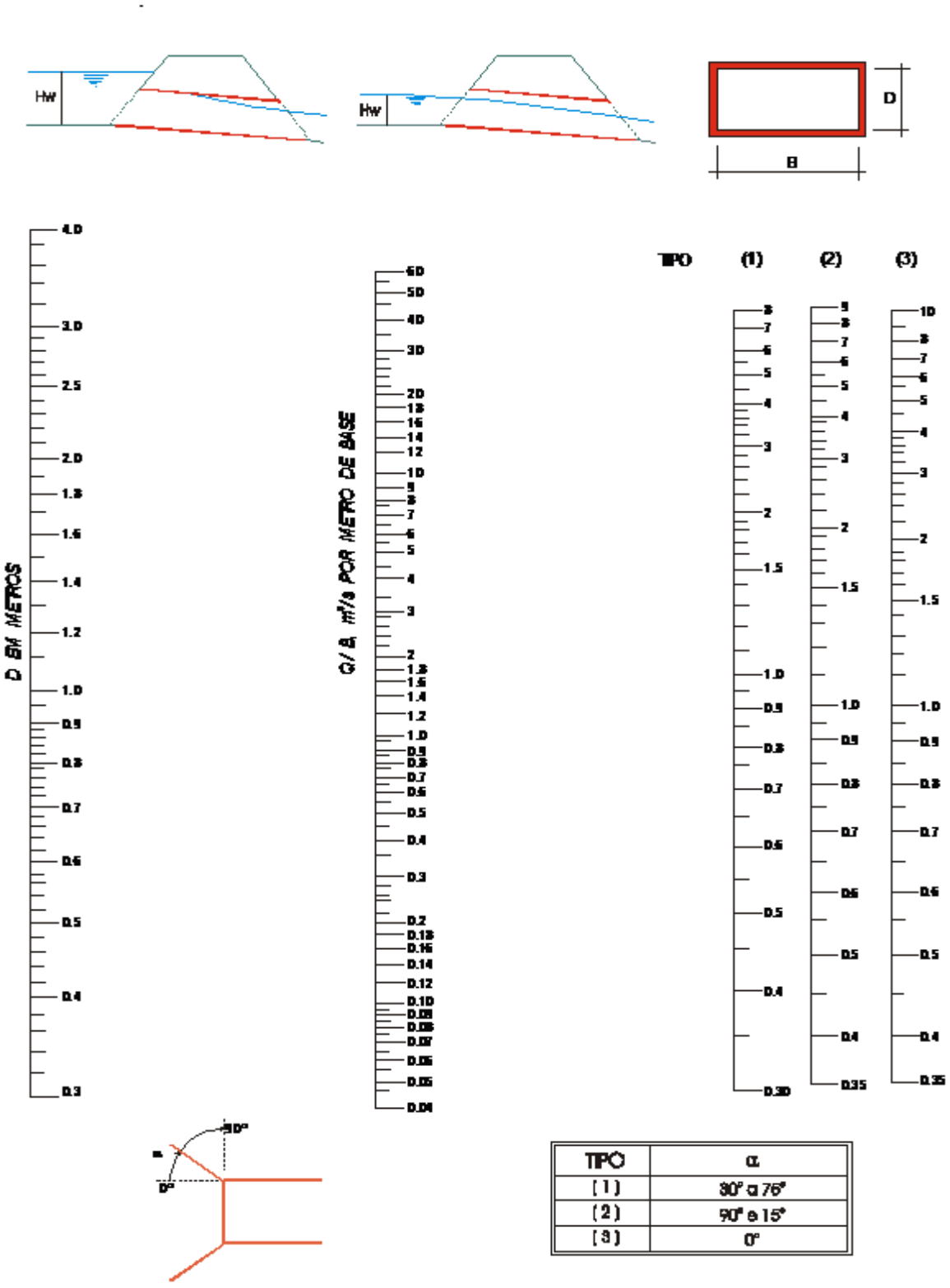


Figura 14 - Ábaco para bueiro tubular

CARGA HIDRAULICA PERMISSIVEL A MONTANTE



TIPO	α
[1]	30° a 76°
[2]	90° e 15°
[3]	0°

Figura 15 - Ábaco para bueiro celular

4 RESPONSABILIDADE TÉCNICA



JULIANA GONÇALVES OLIVEIRA

ENGENHEIRA CIVIL

CREA: MG 239,787/D