



PREFEITURA DE TRÊS BARRAS

ESTUDO HIDROLÓGICO

AVENIDA RIGESA

TRECHO III

AGOSTO/2025



48 3466-3489

Quadro de Acompanhamento.

00	Emissão Inicial	TNM	13/08/2025
Rev.	Descrição	Responsável:	Data:

FIGURA:

Figura 2.1 – Imagem Aérea do Empreendimento.....	7
Figura 1-2 – Localização da Estação Pluviométrica.....	9
Figura 1-2 – Gráfico da Precipitação Total Mensal.....	14
Figura 1-3 – Gráfico da Precipitação máxima mensal	15
Figura 1-4 – Gráfico dos dias de Chuva	17
Figura 1-5 – Gráfico de Intensidade da Precipitação	20
Figura 1-6 – Gráfico de Duração e Frequência da Precipitação	20

TABELAS:

Tabela 1-1 – Dados da Estação Analisada para o Trecho	10
Tabela 1-2 – Tabela do Total de Precipitações	13
Tabela 1-3 – Tabela da Precipitação Máxima Mensal	14
Tabela 1-4 – Tabela dos Dias de Chuva.....	16
Tabela 1-5 – Valores de K (GUMBEL)	18
Tabela 1-6 – Relação de Intensidade pelo tempo de recorrência	19
Tabela 1-7 – Tempo de Retorno para Sistemas Urbanos	22
Tabela 1-8 – Probabilidade de ocorrência em função do período de retorno	23
Tabela 1-9 – Séries de Precipitação Máxima.....	23
Tabela 1-11 – Valores de Coeficiente de Deflúvio para regiões.....	26

SUMÁRIO:

1	IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR E CONSULTOR:.....	5
1.1	Identificação do Empreendedor;.....	5
1.2	Identificação do Consultor;	5
1.2.1	<i>Equipe Técnica.....</i>	<i>5</i>
2	APRESENTAÇÃO:.....	6
3	ESTUDO HIDROLÓGICO;	8
3.1	Coleta de Dados	8
3.2	Pluviometria	10
3.2.1	<i>Tipos de Chuva.....</i>	<i>12</i>
3.3	Processamento de Dados Pluviométricos	12
3.3.1	<i>Precipitação Total Mensal</i>	<i>13</i>
3.3.2	<i>Precipitação Máxima Mensal.....</i>	<i>14</i>
3.3.3	<i>Dias de Chuva.....</i>	<i>16</i>
3.4	Relação Intensidade-Duração-Frequência.....	17
3.5	Tempo de Recorrência	20
3.6	Estudo da Bacia Hidrográfica	24
3.7	Tempo de Concentração	24
3.8	Coeficiente de Deflúvio.....	25
3.9	Área Mínima	26
4	TERMO DE ENCERRAMENTO	28

1 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR E CONSULTOR:

1.1 Identificação do Empreendedor;

Município de Três Barras

CNPJ: 83.102.400/0001-35

Avenida Santa Catarina, 616 - Centro–

CEP: 89490-000– Três Barras - SC.

Fone: (47) 3623-0121- (47) 3623-1084

Prefeita Municipal: Ana Claudia Da Silveira Quege

1.2 Identificação do Consultor;

DAVANTI ENGENHARIA LTDA.

CNPJ: 15.129.617/0001-89

Fone: (48) 3466-3489

Rua Vidal Ramos, 195 – Sala 01 – Centro

Orleans/SC - CEP: 88.870-000.

1.2.1 Equipe Técnica.

Oéilton Antunes Coelho	Engenheiro Civil	CREA 115.283-2
Mateus Jacques Nazario	Engenheiro Civil	CREA 164.158-6
Márcia C. Mattei Della Giustina	Engenheira Agrimensora	CREA 081.383-3
Marcos Cancelier Mattei	Engenheiro Agrimensor	CREA 112.997-9
Regis da Silva	Engenheiro Eletricista	CREA 115.225-0
Rangel Warmeling Feldhaus	Engenheiro Ambiental	CREA 123.791-2
Cassio Martins Coelho	Eng.º Sanit. e Ambiental	CREA 179.384-0
Douglas Da Silva De Souza	Arquiteto e Urbanista	CAU A48070-3
Diego Gabriel Teixeira	Laboratorista	RG. 5.045.861

2 APRESENTAÇÃO:

Os serviços para a elaboração do projeto básico e executivo de pavimentação da **Avenida Rigesa**, foram desenvolvidos de acordo com o termo de referência do Edital de Pregão Eletrônico p/ Obras e Serv. Engenharia n.º 0066/2024, contrato n.º CT25CIN0075, e fazem parte do escopo os seguintes serviços:

- Mapa de Situação e Localização;
- Estudo Topográfico
- **Estudo Hidrológico**
- Estudo Geotécnico
- Estudo do Tráfego
- Projeto de Interferência
- Projeto Geométrico
- Projeto Terraplenagem
- Projeto Drenagem
- Projeto de Pavimentação
- Projeto de Urbanização
- Projeto de Sinalização
- Projetos Complementares
- Memorial Descritivo
- Memorial de Quantitativos
- Orçamentação
- ART e Laudo
- Aprovação

Abaixo segue localização do empreendimento através de imagem área.

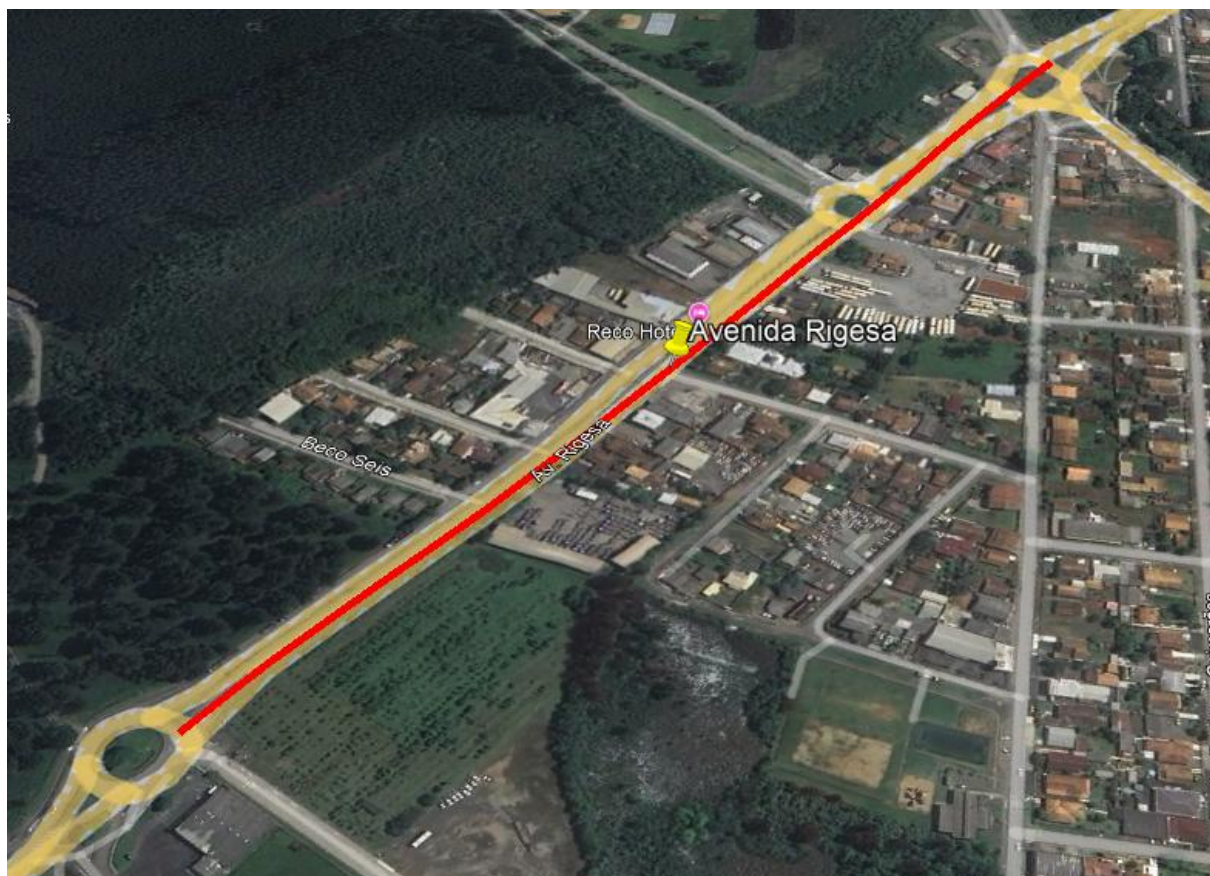


Figura 2.1 – Imagem Aérea do Empreendimento
Fonte: Google Earth / Julho 2025

3 ESTUDO HIDROLÓGICO;

Hidrologia segundo a definição contida no Dicionário Aurélio "Hidrologia é o estudo da água nos estados, sólidos, líquido e gasoso, da sua ocorrência, distribuição e circulação na natureza".

O estudo hidrológico tem por objetivo a obtenção de elementos e o estabelecimento de critérios para a determinação das vazões para o dimensionamento das obras de drenagem novas e verificação de suficiência das obras de drenagem existentes.

Com o estudo hidrológico, buscam-se obter as precipitações mais severas ocorridas ao longo dos anos, e a intensidade das chuvas mais críticas, as quais serão submetidas os dispositivos de drenagem projetados e existentes. A partir dessas informações torna-se possível calcular a vazão a ser recebida por cada dispositivo de drenagem a ser implantado no local e também os existentes.

O Estudo Hidrológico que apresentamos possui os resultados da coleta e processamento dos dados pluviométricos e fluviométricos obtidos de estações meteorológicas de órgão oficiais, com objetivo de definir as vazões e níveis d'água para o dimensionamento das obras de arte e dispositivos de drenagem. Também foi efetuada visita "in-loco", visando obter junto a funcionários da prefeitura municipal de Antônio Olinto e a moradores mais próximos da obra, informações do histórico das ocorrências mais significativas, tais como:

- Máxima cheia;
- Transbordamento das obras existentes
- Saídas D'água
- Pontos de alagamentos
- Entre outras.

3.1 Coleta de Dados

Para este estudo a consultoria utilizou os seguintes dados:

- Imagem de satélite do Google Earth;
- Cartas digitais IBGE - Esc. 1:50.000;
- Dados Pluviométricos da estação são apresentados a seguir:

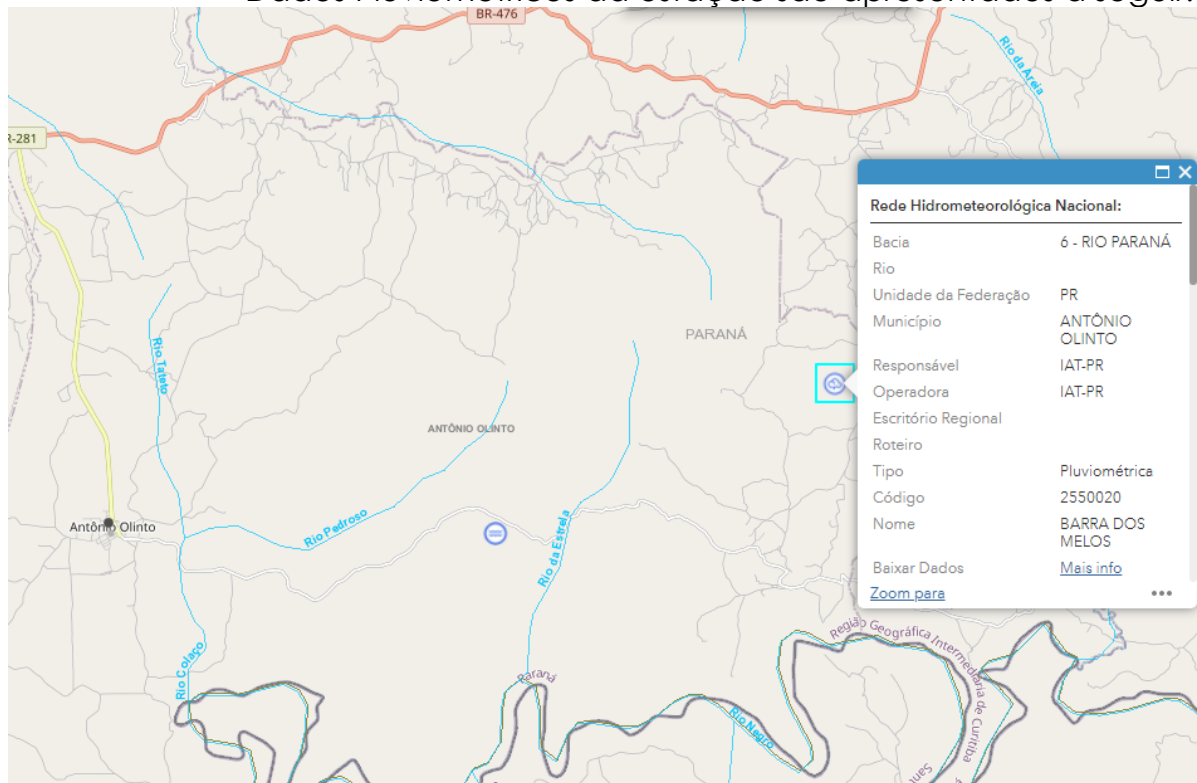


Figura 3-1 – Localização da Estação Pluviométrica

Fonte: Hidroweb

A Figura acima mostra a localização da estação pluviométrica para o trecho em estudo, a distância entre a estação e o traçado do projeto em questão é de aproximadamente 20 Km.

As informações a respeito desta estação são apresentadas na Tabela abaixo, tais informações foram retiradas do Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas - ANA.

Tabela 3-1 – Dados da Estação Analisada para o Trecho

Dados Estação

Código	2550020
Nome Estação	BARRA DOS MELOS
Código Adicional	
Bacia	6 - RIO PARANÁ
SubBacia	65 - RIOS PARANÁ, IGUAÇU E OUTROS
Rio	
Estado	PARANÁ
Município	ANTÔNIO OLINTO
Responsável	IAT-PR
Operadora	IAT-PR
Latitude	-25.95
Longitude	-50

Fonte: Hidroweb

Os dados de chuva (Leituras pluviométricas) podem ser obtidos através da Agência Nacional de Águas ANA no endereço <http://hidroweb.ana.gov.br>.

Foi escolhida a estação pluviométrica de Antônio Olinto por estar localizada próxima da área de intervenção do projeto e conter uma série história satisfatória para o dimensionamento dos itens do projeto.

Para projetos desta magnitude é necessário no mínimo uma série de 15 anos, sendo que a referida estação contém uma série de 25 anos, o que possibilitou o descarte de 3 anos que não estavam completos, restando para os cálculos 22 anos.

3.2 Pluviometria

Pluviometria é o ramo da climatologia que se ocupa da distribuição das chuvas em diferentes épocas e regiões, representa-se a quantidade de chuva pela altura de água caída e acumulada sobre uma superfície plana e

impermeável. Ela é avaliada por meio de estações meteorológicas da ANA, utilizando-se aparelhos chamados *pluviômetros* ou *pluviógrafos*, conforme sejam simples receptáculos da água precipitada ou registrem essas alturas no decorrer do tempo.

Nesse estudo, visou-se construir uma obra que seja adequada para escoar a vazão de projeto. No caso normal, pode-se correr o risco, assumido após considerações de ordem econômica, de que a estrutura venha a falhar durante a sua vida útil, sendo necessário, então, conhecê-lo.

Para isso analisamos estatisticamente as observações realizadas nos postos hidrométricos, verificando-se com que frequência elas assumiram dada magnitude. Em seguida, podem-se avaliar as probabilidades teóricas de ocorrência das mesmas.

Os dados observados podem ser considerados em sua totalidade, o que constitui uma *série total*, ou apenas os superiores a um certo limite inferior (*série parcial*), ou, ainda, só o máximo de cada ano (*série anual*).

Eles são ordenados em ordem decrescente e a cada um é atribuído o seu número de ordem m (m variando de 1 a n , sendo n = número de anos de observação).

A frequência com que foi igualado ou superado um evento de ordem m (*precipitação maior que 100 mm/d*) é:

Método da Califórnia:

$$F = \frac{m}{n} \rightarrow F = \frac{2}{22} \rightarrow F = 0,09 \text{ ou } 9\%$$

Considerando-a como uma boa estimativa da probabilidade teórica (P) e definindo o tempo de recorrência (período de recorrência, tempo de retorno) como sendo o intervalo médio de anos em que pode ocorrer ou ser superado um dado evento, tem-se a seguinte relação:

$$P = \frac{1}{F} \rightarrow P = \frac{1}{0,09} \rightarrow F = 11,11 \text{ ANOS}$$

Conclusão eventos de precipitações maiores que 100 mm tem a probabilidade de ser igualada ou superada de 9% e o seu tempo de recorrência é de 11 anos.

3.2.1 Tipos de Chuva

Precipitação é a queda de água na superfície do solo, não somente no estado líquido – chuva – como também no estado sólido – neve e granizo.

A chuva é resultado do resfriamento que sofre uma massa de ar ao expandir-se, quando se eleva a temperatura, aumentando gradativamente a umidade relativa dessa massa de ar. Atingida a saturação, poderá iniciar-se a condensação e a formação das nuvens ou mesmo a precipitação, que se apresenta tanto mais intensa quanto maior for resfriamento e a quantidade de água contida no ar ascendente.

A ascensão do ar úmido é o processo que produz condensação e precipitações consideráveis; deste modo, as chuvas são classificadas segundo as causas do movimento ascendente, a saber:

- Chuva orográfica – É causada pela elevação do ar ao subir e transpor cadeias de montanhas, produzindo precipitações locais, mais elevadas e frequentes no lado dos ventos dominantes.
- Chuva ciclônica – É causada por ciclones com depressões centrais provocando movimentos atmosféricos ascendentes.
- Chuva de convecção – Resulta dos movimentos ascendentes do ar quente mais leve do que o ar mais denso e frio que o rodeia.

3.3 Processamento de Dados Pluviométricos

A partir da obtenção dos dados de chuva (Pluviométricos), foi realizado o processamento com auxílio do software Hidro 1.4 disponibilizado

no site <http://hidroweb.ana.gov.br>, para avaliação da precipitação ($P = \text{mm}$) e a intensidade pluviométrica ($I = \text{mm/h}$) relacionado com o tempo adotado no projeto e o cálculo de concentração das bacias.

Com o processamento dos dados indicado acima foi possível obter os seguintes dados: Quadro Resumo das máximas precipitações Mensais, Dos dias de chuva, precipitação total mensal e precipitação máxima de 24 horas; A intensidade pluviométrica/precipitação, relacionadas com o tempo de recorrência (Tr) Adotado no projeto e o tempo de concentração das bacias (Tc), A curva de intensidade x Duração x Frequência.

3.3.1 Precipitação Total Mensal

Tabela 3-2 – Tabela do Total de Precipitações

PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL																
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	Média	Mínimo	Máximo
1976	208	97	199	195	271	120	79	129	80	89	70	203	1738	145	70	271
1977	193	109	169	76	34	46	61	130	135	200	122	176	1451	121	34	200
1978	164	42	130	0	93	68	129	96	119	86	177	50	1152	96	0	177
1979	26	100	90	74	245	38	61	76	145	199	117	281	1453	121	26	281
1980	248	92	91	72	64	92	188	141	192	126	77	267	1650	137	64	267
1982	35	267	70	6	89	196	128	80	23	254	302	101	1551	129	6	302
1983	50	35	117	117	237	160	384	48	184	86	51	192	1662	138	35	384
1985	11	132	48	125	27	14	51	3	94	72	46	38	661	55	3	132
1986	191	73	57	143	60	16	9	81	88	105	195	214	1232	103	9	214
1987	97	117	25	93	325	112	54	84	70	78	50	113	1218	102	25	325
1988	178	104	56	103	268	65	0	7	64	122	18	146	1129	94	0	268
1989	213	158	121	102	104	37	178	85	181	95	62	48	1383	115	37	213
1990	347	109	142	73	98	149	198	158	70	109	129	59	1640	137	59	347
1991	92	58	93	30	78	241	33	97	14	202	109	191	1236	103	14	241
1992	37	191	141	44	534	116	141	68	71	79	84	58	1563	130	37	534
1993	180	200	108	56	188	78	146	19	292	141	98	63	1568	131	19	292
1994	81	211	50	113	95	149	128	5	24	79	169	173	1276	106	5	211
1995	205	307	28	44	17	145	147	15	161	114	83	119	1385	115	15	307
1996	268	164	252	24	0	177	115	69	161	132	83	218	1664	139	0	268
1997	239	152	43	43	65	160	59	108	115	254	222	151	1609	134	43	254
1998	291	203	197	299	39	58	156	286	270	209	32	177	2216	185	32	299
1999	134	199	77	71	35	121	155	7	139	154	94	106	1291	108	7	199
VALOR DE ORDEM MENSAL																
Média	159	142	105	86	135	107	118	81	122	136	109	143				

MÍNIMO	11	35	25	0	0	14	0	3	14	72	18	38
MÁXIMO	347	307	252	299	534	241	384	286	292	254	302	281

Fonte: Hidroweb

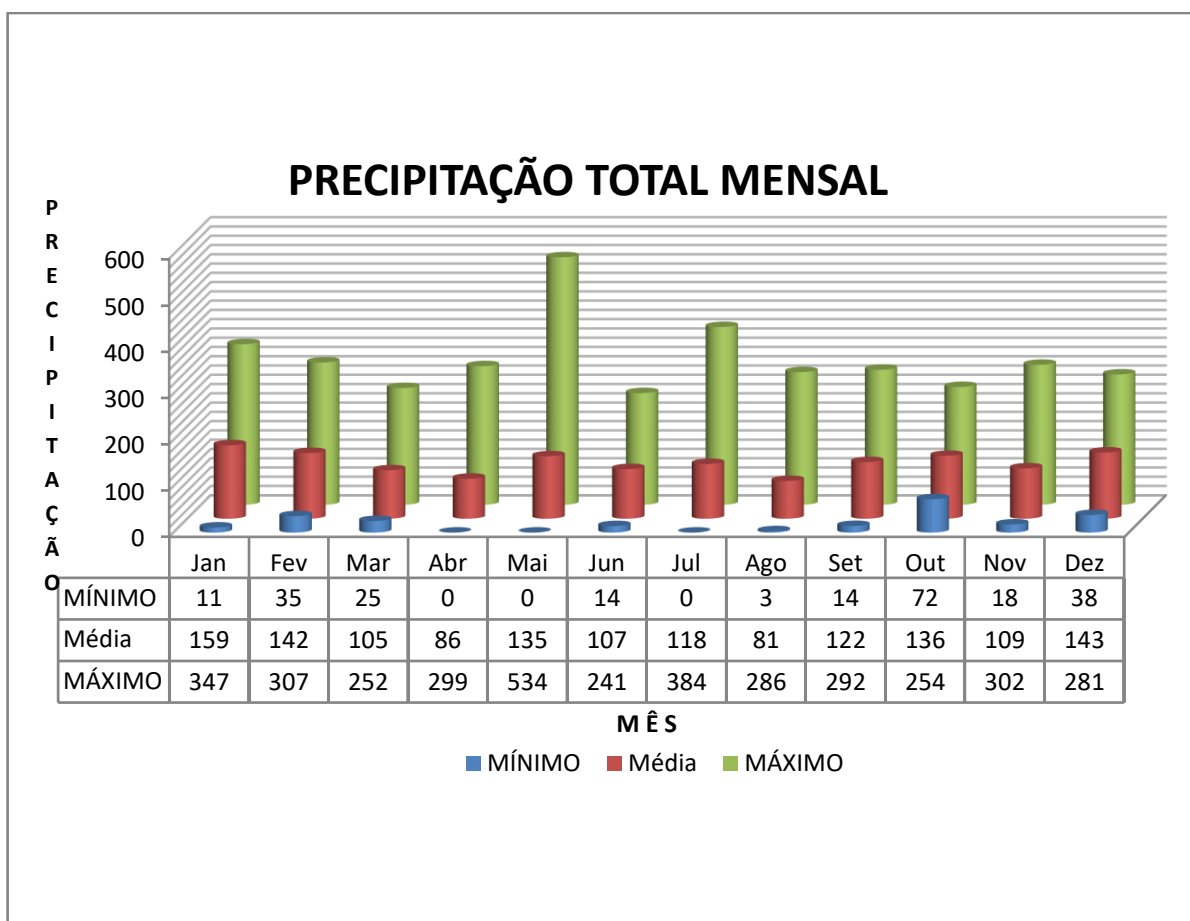


Figura 3-2 – Gráfico da Precipitação Total Mensal

Fonte: Arquivo Pessoal

3.3.2 Precipitação Máxima Mensal

Tabela 3-3 – Tabela da Precipitação Máxima Mensal

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	Média	Mínimo	Máximo
1976	48	35	80	75	37	24	25	29	17	25	21	44	461	38	17	80
1977	53	42	25	20	16	14	22	24	42	33	30	50	373	31	14	53
1978	25	25	33	0	75	48	25	41	38	39	25	13	388	32	0	75
1979	8	20	30	25	74	26	18	26	29	30	25	54	367	31	8	74
1980	81	22	44	23	32	34	37	43	44	26	36	48	470	39	22	81
1982	20	49	15	6	45	43	27	26	16	38	56	20	361	30	6	56
1983	21	6	48	48	78	44	60	24	48	34	15	35	462	39	6	78
1985	6	31	10	44	18	14	22	3	32	20	27	16	243	20	3	44

1986	77	17	16	56	26	12	6	33	30	36	47	61		417	35	6	77
1987	30	33	11	45	91	38	30	51	39	31	30	42		471	39	11	91
1988	58	37	43	53	62	31	0	7	16	47	18	45		415	35	0	62
1989	41	72	47	29	44	14	64	27	47	31	24	39		477	40	14	72
1990	71	30	47	33	48	42	42	68	25	46	54	38		543	45	25	71
1991	23	39	21	11	42	83	27	53	10	41	43	45		436	36	10	83
1992	12	41	32	16	165	65	50	39	31	33	31	39		553	46	12	165
1993	39	31	29	19	102	29	41	12	56	33	32	37		460	38	12	102
1994	16	40	23	33	41	42	42	5	9	18	84	56		408	34	5	84
1995	44	66	7	33	7	70	75	15	53	17	25	30		443	37	7	75
1996	60	56	70	9	0	41	56	33	34	35	32	65		489	41	0	70
1997	82	46	15	17	25	52	20	20	34	40	80	48		480	40	15	82
1998	65	39	40	92	24	49	52	67	56	36	24	46		590	49	24	92
1999	20	82	30	27	21	29	67	4	36	40	26	24		404	34	4	82
VALOR DE ORDEM MENSAL																	
MÉDIA	41	39	33	32	49	38	37	30	34	33	36	41					
MÍNIMO	6	6	7	0	0	12	0	3	9	17	15	13					
MÁXIMO	82	82	80	92	165	83	75	68	56	47	84	65					

Fonte: Hidroweb

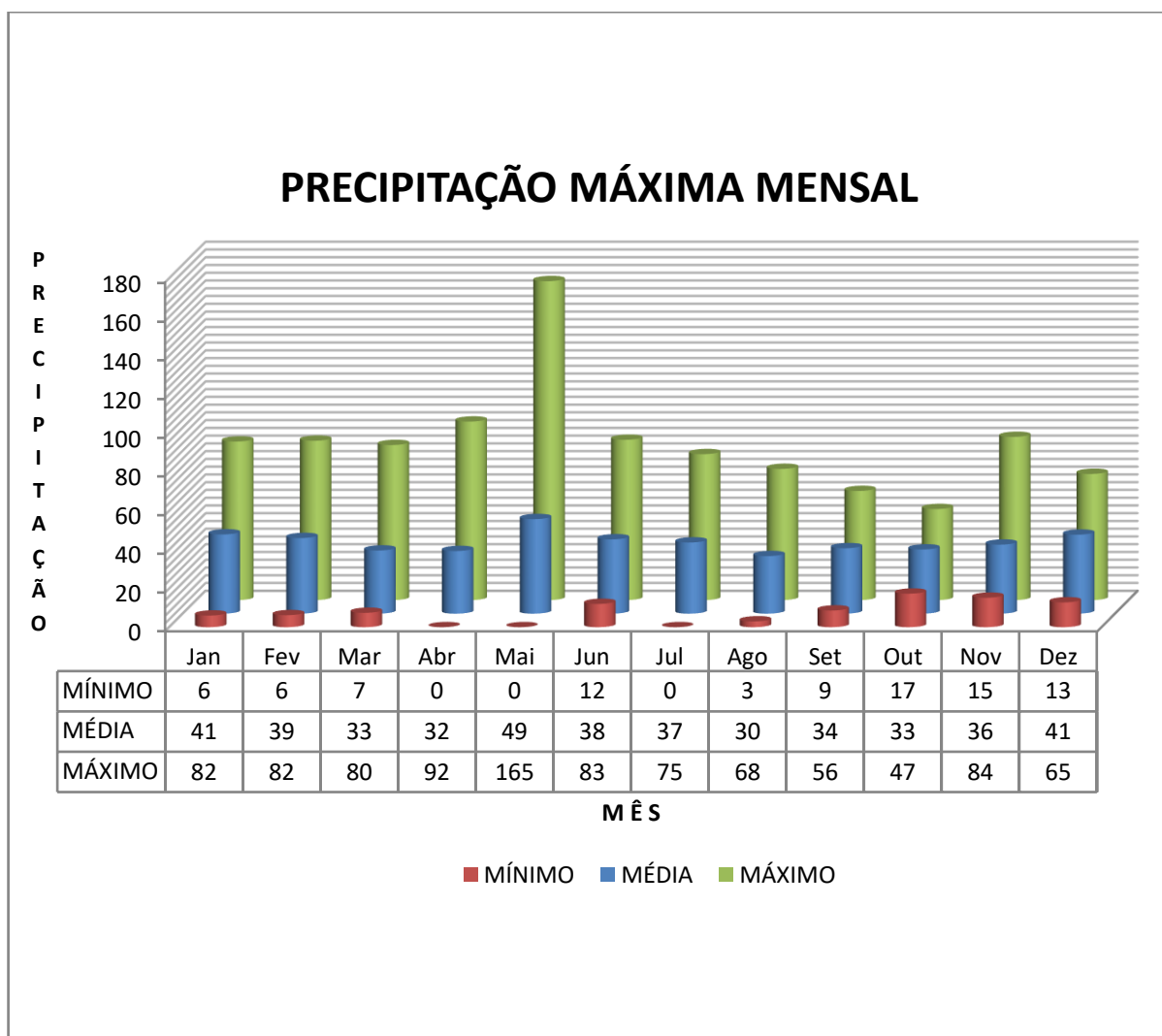


Figura 3-3 – Gráfico da Precipitação máxima mensal

3.3.3 Dias de Chuva

Tabela 3-4 – Tabela dos Dias de Chuva

DIAS DE CHUVA													
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1976	9	6	11	5	12	10	15	8	10	13	7	12	118
1977	18	12	13	10	3	7	5	11	11	14	13	12	129
1978	15	7	10	0	4	4	9	8	8	9	17	9	100
1979	6	11	11	8	15	4	8	7	13	14	8	14	119
1980	9	13	8	5	5	9	11	9	14	13	7	16	119
1982	4	15	10	1	6	10	9	6	3	16	16	13	109
1983	6	10	7	7	9	10	12	2	9	5	8	10	95
1985	4	14	7	6	4	1	5	1	7	7	3	4	63
1986	9	9	6	6	5	2	2	6	7	7	12	14	85
1987	8	9	3	6	12	5	3	4	8	8	4	8	78
1988	8	6	3	9	18	4	0	1	6	8	1	8	72
1989	15	13	8	7	6	7	8	7	12	6	7	4	100
1990	20	8	10	5	5	9	10	6	6	8	10	5	102
1991	7	3	9	5	5	7	3	8	3	10	6	11	77
1992	4	11	11	5	13	5	10	6	6	6	7	3	87
1993	11	16	10	5	6	8	10	4	16	13	8	6	113
1994	8	14	5	8	6	6	7	1	5	11	7	10	88
1995	12	13	5	3	3	7	4	1	7	12	7	10	84
1996	15	13	15	4	0	9	7	4	8	11	6	11	103
1997	9	9	3	5	6	8	6	9	5	15	12	9	96
1998	11	15	13	9	2	2	9	12	18	10	3	10	114
1999	13	11	7	9	3	9	6	3	6	10	12	11	100
VALOR DE ORDEM MENSAL													
MÉDIA	10	11	8	6	7	7	7	6	9	10	8	10	
MÍNIMO	4	3	3	0	0	1	0	1	3	5	1	3	
MÁXIMO	20	16	15	10	18	10	15	12	18	16	17	16	

Fonte: Hidroweb

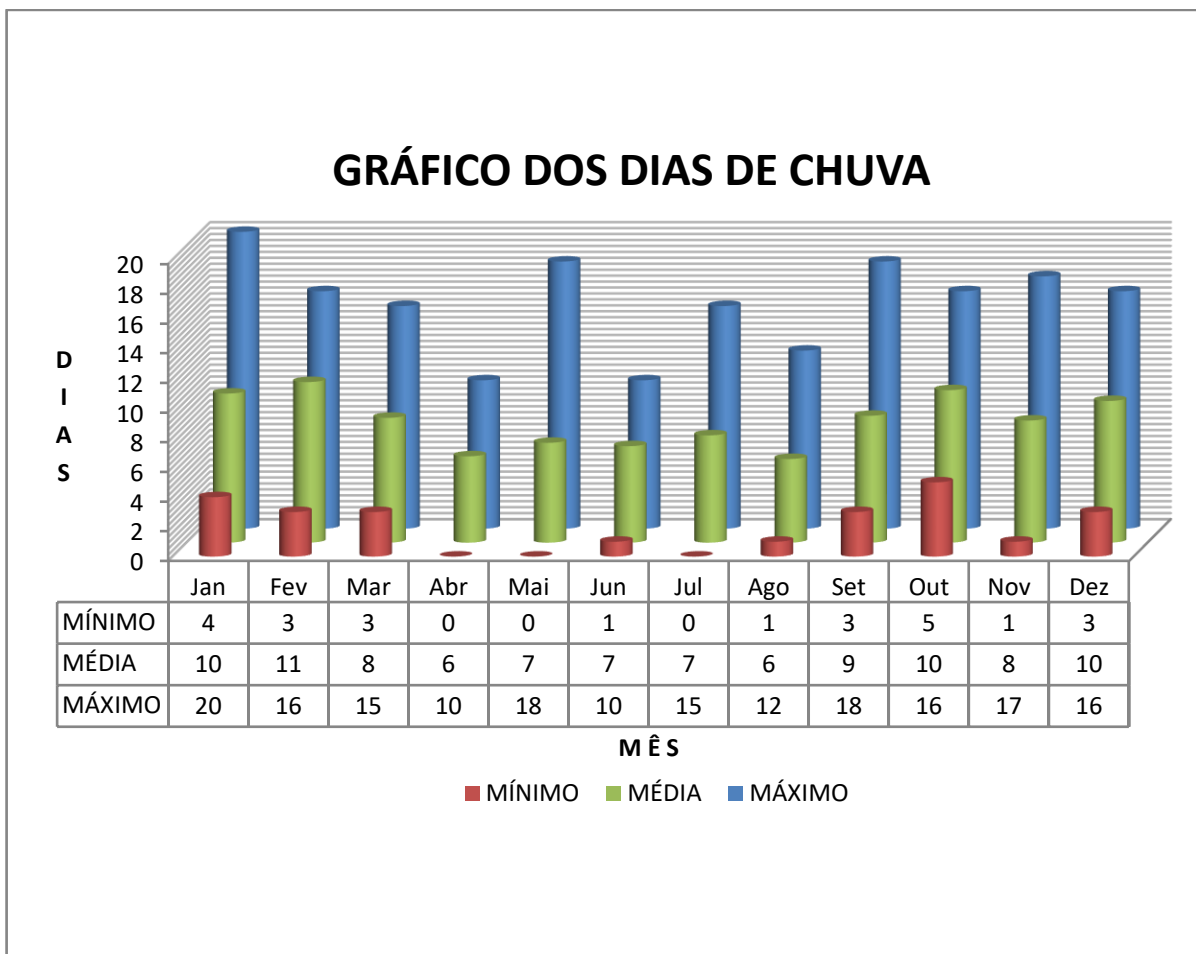


Figura 3-4 – Gráfico dos dias de Chuva
Fonte: Arquivo Pessoal

3.4 Relação Intensidade-Duração-Frequência

Analisando os dados de precipitação observa-se que, quanto maior a duração da chuva, menor é a sua intensidade. Também se observa que os maiores valores de intensidade são menos frequentes. Estas relações podem ser traduzidas por curvas de intensidade-duração com determinação da frequência.

Nesse caso utilizamos o método das Isozonas, junto ao roteiro do Eng.º Torgora Torrico, indicados na Instrução de Serviço, onde:

Analisando estatisticamente os dados de precipitações máximas da série histórica (1975 a 2000), desconsiderando os anos que não possuem dados completos, temos 22 anos de registro.

Assim temos:

22	1.748,40	39,74	42,32
Eventos	SOMA	MÉDIA	DESVIO

Podemos assim finalizar a Equação que permite calcular as alturas de chuvas em função do Tempo de Recorrência e duração do evento.

Os valores de K (Fator de Freqüência) segundo Lei de Gumbel, corrigem as alturas de precipitação.

Tabela 3-5 – Valores de K (GUMBEL)

Valores de K (GUMBEL)					
Tr -Tempo de Recorrência em anos					
5	10	15	25	50	100
0,905	1,603	1,992	2,484	3,138	3,787

Fonte: Arquivo Pessoal

Com os dados acima foram construídas as curvas de Altura de chuva – Duração – Tempo de Recorrência adotando as relações:

$$H = (t, T)$$

Onde

H = altura da Precipitação em mm

t = Tempo de duração da chuva em hs

T = Tempo de Recorrência, em anos

$$i = \frac{k \cdot T^m}{(t + b)^n}$$

Onde

i = Intensidade média máxima da chuva, em mm

T = Período de retorno em anos

t = Duração da chuva, em minutos

K, m, b, n = parâmetros da equação determinados para cada local.

Transformando os valores conhecidos das chuvas máximas de um dia em chuvas de 24 h, 1 h e 6 min de duração, (Izoma C) temos os valores desagregados de chuva apresentados na tabela abaixo:

Tabela 3-6 – Relação de Intensidade pelo tempo de recorrência

	Média			K		Desvio							
Tr - 5 Anos	39,74	+	(	0,905	x	42,32	)	=	78,04	mm		Max.	1 dia
				1,095	x	78,04		=	85,45	mm		Max.	24 h
				0,401	x	85,45		=	34,27	mm		Max.	1 h
				0,098	x	85,45		=	8,37	mm		Max.	0,1h
Tr - 10 Anos	39,74	+	(	1,603	x	42,32	)	=	107,58	mm		Max.	1 dia
				1,095	x	107,58		=	117,80	mm		Max.	24 h
				0,397	x	117,80		=	46,77	mm		Max.	1 h
				0,098	x	117,80		=	11,54	mm		Max.	0,1h
Tr -15 Anos	39,74	+	(	1,992	x	42,32	)	=	124,04	mm		Max.	1 dia
				1,095	x	124,04		=	135,83	mm		Max.	24 h
				0,395	x	135,83		=	53,65	mm		Max.	1 h
				0,098	x	135,83		=	13,31	mm		Max.	0,1h
Tr -25 Anos	39,74	+	(	2,484	x	42,32	)	=	144,87	mm		Max.	1 dia
				1,095	x	144,87		=	158,63	mm		Max.	24 h
				0,392	x	158,63		=	62,18	mm		Max.	1 h
				0,098	x	158,63		=	15,55	mm		Max.	0,1h
Tr - 50 Anos	39,74	+	(	3,138	x	42,32	)	=	172,55	mm		Max.	1 dia
				1,095	x	172,55		=	188,94	mm		Max.	24 h
				0,388	x	188,94		=	73,31	mm		Max.	1 h
				0,098	x	188,94		=	18,52	mm		Max.	0,1h
Tr - 100 Anos	39,74	+	(	3,787	x	42,32	)	=	200,01	mm		Max.	1 dia
				1,095	x	200,01		=	219,02	mm		Max.	24 h
				0,384	x	219,02		=	84,10	mm		Max.	1 h
				0,088	x	219,02		=	19,27	mm		Max.	0,1h

Fonte: Arquivo Pessoal

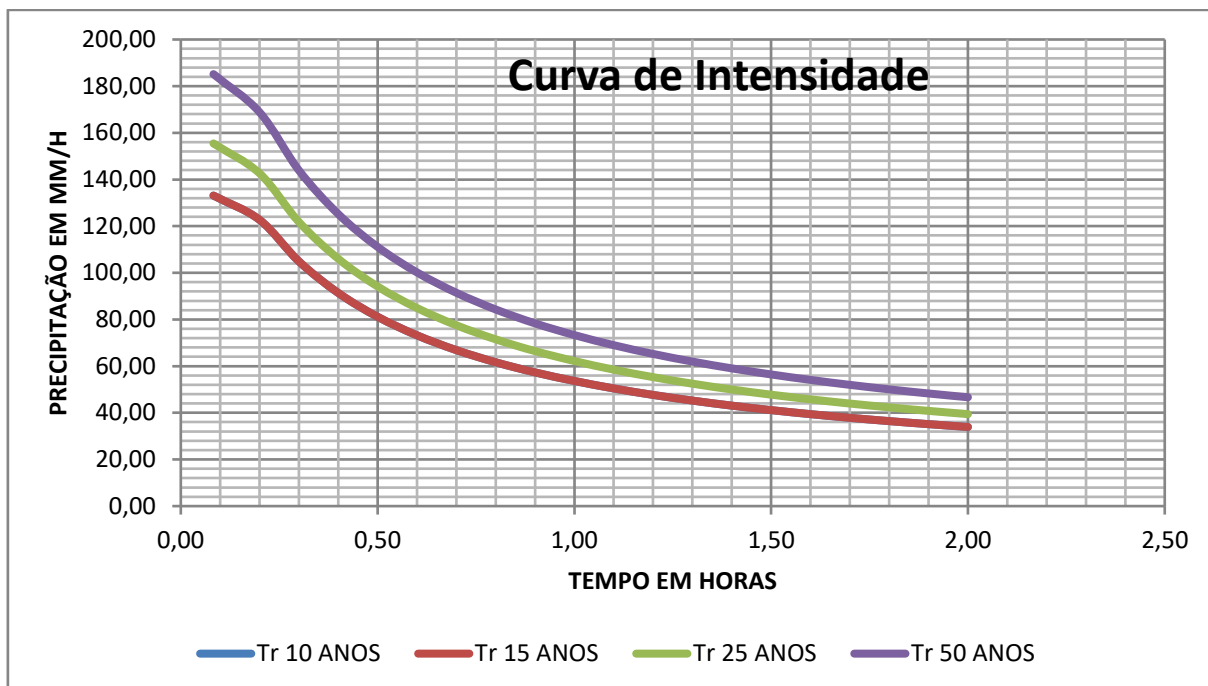


Figura 3-5 – Gráfico de Intensidade da Precipitação
Fonte: Arquivo Pessoal

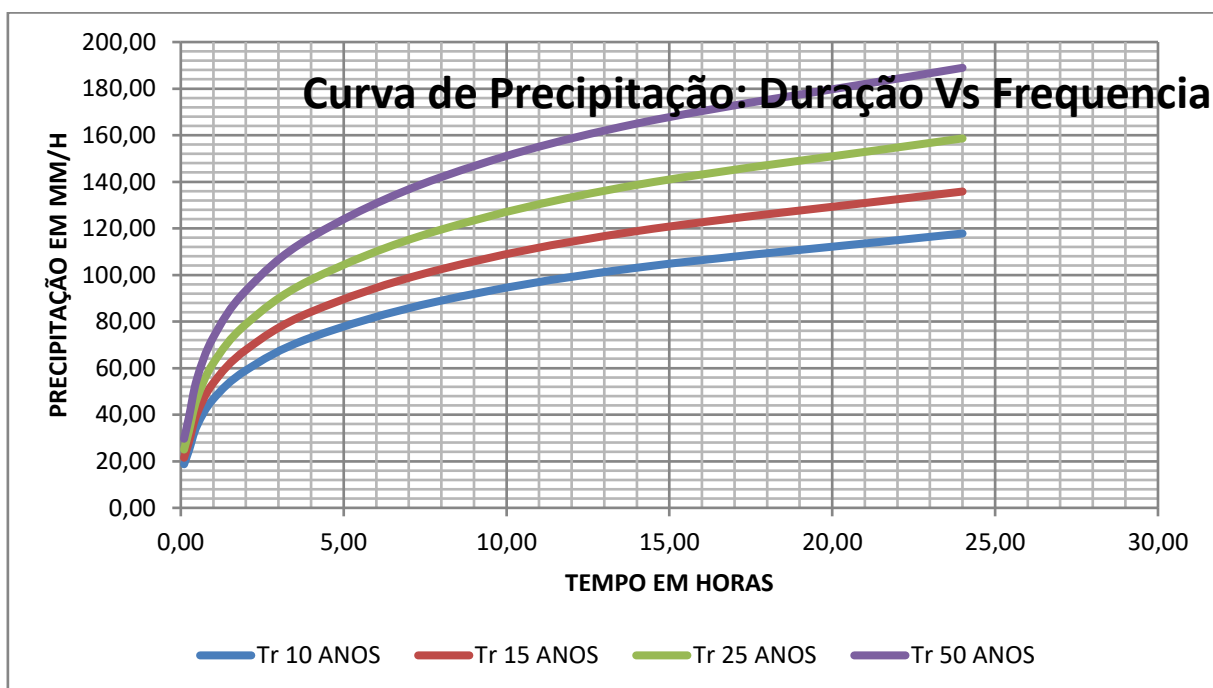


Figura 3-6 – Gráfico de Duração e Frequência da Precipitação
Fonte: Arquivo Pessoal

3.5 Tempo de Recorrência

Tempo de Recorrência é o inverso da probabilidade de um determinado evento hidrológico ser igualado ou excedido em um ano qualquer. Ao se decidir, portanto, que uma obra será projetada para uma vazão com período de retorno T anos, automaticamente, decide-se o grau de proteção conferido à população. Trata-se, portanto, de escolher qual o “risco aceitável” pela comunidade.

O tempo de recorrência de uma obra está relacionado à sua importância, ou seja, quanto mais importante à obra, maior deverá ser a segurança dessa obra contra chuvas de elevada magnitude, e, assim, maior deve ser o seu tempo de recorrência.

Sendo assim, com o tempo de recorrência maior, o risco de falhas no sistema de drenagem para essas obras mais importantes tende a ser menor.

Em outras palavras, podemos dizer que o tempo de recorrência " T_r " está relacionado ao grau de proteção a ser conferido à obra, quanto a precipitações de elevada magnitude que ocorrem a cada " T_r " anos.

Níveis altos de segurança implicam, portanto, custos elevados e grandes interferências no ambiente urbano. Minimizar custos e interferências é um objetivo importante em projetos de drenagem urbana, mas não deve ser alcançado pela escolha de períodos de retorno inadequadamente pequenos. Caso isso aconteça, as consequências, muito provavelmente, serão perversas, pois a ocupação das áreas “protegidas” será encorajada pela falsa sensação de segurança que as obras propiciam.

Além disso, vale destacar que, dentro de uma mesma obra, os tempos de recorrência serão diferentes a depender do dispositivo de drenagem projetado. Por exemplo, um bueiro de rodovia com capacidade de vazão insuficiente pode causar a erosão dos taludes junto à boca de jusante, ruptura do aterro por transbordamento das águas, ou inundação de áreas a montante.

Sendo assim, a escolha dos tempos de recorrência será determinada por meio de análises técnico-econômicas, e deverá abranger:

- Tipo, importância e segurança da obra;
- Classe da obra;
- Estimativa de custos de restauração na hipótese de destruição;
- Estimativa de outros prejuízos resultantes de ocorrência de descargas maiores que as de projeto;
- Comparativo de custo entre a obra para diferentes tempos de recorrência;
- Risco para as vidas humanas em face de acidentes provocados pela destruição da obra.

Ressalta-se, por fim, que o tempo de recorrência de projeto deve ser analisado em cada caso particular. Em linhas gerais são adotados pelo DNIT os seguintes valores usuais:

Tabela 3-7 – Tempo de Retorno para Sistemas Urbanos

SISTEMA DE DRENAGEM	CARACTERÍSTICAS	INTERVALOS (ANOS)
Microdrenagem:	Residencial	2 a 5
	Comercial	2 a 5
	Áreas de prédio público	2 a 5
	Aeroporto	5 a 10
	Áreas comerciais e	5 a 10
Macro-drenagem	-	10 a 25
Zoneamento de áreas	-	5 a 100

Fonte: Adaptado de C.M.Tucci, 2005

Para este estudo será utilizado o Tempo de Recorrência de **5 anos**, atendendo as condições apresentadas acima.

É importante, neste ponto, enfatizar a diferença entre os conceitos de período de retorno e risco.

Entende-se por risco a probabilidade, a possibilidade de uma determinada obra vir a falhar pelo menos uma vez durante sua vida útil. Esse conceito leva em conta que uma obra projetada para um período de retorno T expõe-se, todo o ano, a uma probabilidade $1/T$ de vir a falhar. É intuitivo que, ao longo de sua vida útil, essa obra terá um risco de falha maior do que $1/T$, porque se ficará exposta, repetidamente, a essa probabilidade de insucesso.

Após definido o T_r , calculamos o risco pela expressão a seguir que pode ser deduzida da teoria das probabilidades.

$$R = 100 \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{1}{T} \right)^N \right]$$

$$R = 100 \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{1}{50} \right)^{50} \right] \rightarrow R = 63,58\%$$

Onde:

R = risco em porcentagem;

T = período de retorno em anos;

N = vida útil da obra em anos.

Tabela 3-8 – Probabilidade de ocorrência em função do período de retorno

T (ANOS)	VIDA ÚTIL DA OBRA (ANOS)				
	2	5	25	50	100
2	75	97	99,9	99,9	99,9
5	36	67	99,9	99,9	99,9
10	19	41	93	99	99,9
25	25	18	64	87	98
50	40	10	40	64	87
100	2	5	22	39	63
500	0,4	1	5	9	18

Fonte: Back, 2002

Tabela 3-9 – Séries de Precipitação Máxima

Ano	Precipitação Máxima Anual	Precipitação Ordenada	m	F	T
1976	80	44	1	2,00	22,00
1977	53	53	2	2,40	11,00
1978	75	56	3	2,56	7,33
1979	74	62	4	2,80	5,50
1980	81	70	5	3,19	4,40
1982	56	71	6	3,22	3,67
1983	78	72	7	3,25	3,14
1985	44	74	8	3,38	2,75
1986	77	75	9	3,41	2,44
1987	91	75	10	3,42	2,20
1988	62	77	11	3,50	2,00
1989	72	78	12	3,55	1,83
1990	71	80	13	3,64	1,69
1991	83	81	14	3,69	1,57
1992	165	82	15	3,72	1,47

1993	102	82	16	3,74	1,38
1994	84	83	17	3,76	1,29
1995	75	84	18	3,83	1,22
1996	70	91	19	4,14	1,16
1997	82	92	20	4,19	1,10
1998	92	102	21	4,63	1,05
1999	82	165	22	7,48	1,00

Fonte: Arquivo Pessoal

3.6 Estudo da Bacia Hidrográfica

Segundo Paulo Sampaio Wilken, "A bacia contribuinte de um curso de água ou bacia de drenagem é a área receptora da precipitação que alimenta parte ou todo o escoamento do curso de água e de seus afluentes".

Do ponto de vista hidrológico, o escoamento de um curso de água ou deflúvio, pode ser considerado como um produto do ciclo hidrológico, influenciando por dois grupos de fatores:

- Fatores Climáticos: Incluem os efeitos da chuva e da evapotranspiração, os quais apresentam variações ao longo do ano, de acordo com a climatologia local.
- Fatores Fisiológicos: Relativos às características da bacia contribuinte e do leito dos cursos de água.

Os limites de uma bacia contribuinte podem ser definidos pelos divisores de água ou espigões que a separam das bacias adjacentes ou no caso de áreas urbanas por diversos motivos a área de contribuição pode sofrer algumas alterações do seu caminho natural.

De acordo com a literatura a bacia hidrográfica em áreas urbanas deve ser definida observando-se as ruas adjacentes ao local do projeto, conforme pode ser observado na fig. abaixo.

3.7 Tempo de Concentração

É o intervalo de tempo entre o início da precipitação e o instante em que toda a bacia contribui para a vazão na seção estudada.

Existem várias fórmulas indicadas para a determinação dos tempos de concentração das bacias hidrográficas. No Manual de Projeto de Engenharia- capítulo III- Hidrologia – DNER recomenda-se que o projetista deverá escolher a fórmula do tempo de concentração tendo em vista:

- a) a mais compatível com a forma da bacia;
- b) a mais adaptável à região do interesse da rodovia;
- c) a que contenha o maior número de elementos físicos: declividade de talvegue, natureza do solo, recobrimento vegetal, etc.;
- d) a distinção entre áreas rurais e urbanas.

Para esse caso optamos por executar os cálculos pelo método de Kirpich, indicado para o método racional que é o método de cálculo da vazão de projeto para bacia de contribuição adotada neste estudo.

O tempo de concentração é calculado pela expressão:

$$T_c = \left(\frac{0,294 \cdot L}{\sqrt{i}} \right)^{0,77}$$

Onde:

T_c = Tempo de Concentração em hora

L = Extensão do talvegue principal, em Km

i = Declividade efetiva do talvegue em %

3.8 Coeficiente de Deflúvio

Coeficiente de deflúvio ou coeficiente de escoamento superficial ou ainda coeficiente de “run-off”, é a relação entre o volume de água escoado superficialmente e o volume precipitado.

A água de chuva precipitada sobre a superfície de uma bacia hidrográfica tem uma parcela considerável de seu volume retida através das depressões do terreno (mais ou menos dependendo da geomorfologia), da

3 - ESTUDO HIDROLÓGICO;

vegetação, da interceptação para uso na agricultura, consumo humano e infiltração no solo que formam e alimentam os lençóis freáticos. O percentual do volume restante que escoar até o local da área em estudo é chamado de coeficiente de deflúvio.

A tabela de coeficiente de deflúvio a ser utilizada deverá ser compatível com o método de cálculo de vazão e da área da bacia.

Tabela 3-10 – Valores de Coeficiente de Deflúvio para regiões

OCUPAÇÃO DO SOLO	(C)
DE EDIFICAÇÃO MUITO DENSE: partes centrais, densamente construídas de uma cidade com rua e calçadas pavimentadas.	0,70 a 0,95
DE EDIFICAÇÃO NÃO MUITO DENSE: partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com rua e calçadas pavimentadas.	0,60 a 0,70
DE EDIFICAÇÃO COM POUCAS SUPERFÍCIES LIVRES: partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas.	0,50 a 0,60
DE EDIFICAÇÃO COM MUITAS SUPERFÍCIES LIVRES: partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas, mas com muitas áreas verdes.	0,25 a 0,50
DE SUBÚRBIO COM ALGUMA EDIFICAÇÃO: partes de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construções.	0,10 a 0,25
DE MATAS, PARQUES E CAMPOS DE ESPORTES: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados e campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Fonte: WILKEN, 1978 APPUD PORTO, 1995.

Após uma análise mais criteriosa constatamos que todas as bacias estudadas nesse projeto estão classificadas com área de DE EDIFICAÇÃO COM MUITAS SUPERFÍCIES LIVRES, porém ainda várias ruas encontram-se sem pavimentação por este motivo optamos por escolher como Coeficiente de Deflúvio $C = 0,50$

3.9 Área Mínima

Define-se como área mínima, a porção bidimensional de solo, a partir da qual, qualquer área menor que esta não implicará na redução do diâmetro da tubulação mínima normalmente adotado que é de Ø 0,40m, diâmetro este que se mostra eficiente na manutenção das obras.

Portanto, a área mínima, é função do diâmetro mínimo estipulado para ser usado no projeto. Para este caso, utilizou-se como diâmetro mínimo Ø 0,40m para as galerias pluviais longitudinais, e Ø 0,40m para as travessias, onde haverá função exclusiva de esgotamento de uma ou no máximo duas caixas coletoras.

4 TERMO DE ENCERRAMENTO

Este termo tem como objetivo formalizar o encerramento deste estudo, que foi desenvolvido em parceria com o contratante.

Este volume teve como finalidade a apresentação da metodologia utilizada para elaboração do estudo hidrológico deste empreendimento.

Com o encerramento do projeto, todos os produtos e serviços foram entregues conforme o planejamento, e as partes envolvidas foram devidamente comunicadas.

Agradecemos ao contratante e a todos os envolvidos pelo apoio e colaboração durante a execução do projeto.

Este termo de encerramento é assinado quarta-feira, 13 de agosto de 2025, contendo 28 páginas e confirma que todas as obrigações e compromissos foram cumpridos, encerrando formalmente o projeto.



Oeliton Antunes Coelho
Responsável Técnico
CREA-SC 115.283-2



Marcos Cancelier Mattei
Diretor Técnico
CREA-SC 112.799-7