

## DEFINIÇÃO DO REGIME DE CHUVA DE UMA REGIÃO UTILIZANDO OS MÉTODOS DE GUMBEL, EQUAÇÃO DE CHUVAS E OTTO PFAFSTETTER

**PARAMÉTRICA**

ISSN: 2238-3220

## DEFINITION OF RAIN REGIME OF A REGION USING GUMBEL, RAIN EQUATION AND OTTO PFAFSTETTER

### TÍTULO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA

ESPAÇO RESERVADO (NÃO INCLUIR TEXTO)

XXXXXXXXXX

ESPAÇO RESERVADO (NÃO INCLUIR TEXTO)

XXXXXXXXXX

ESPAÇO RESERVADO (NÃO INCLUIR TEXTO)

XXXXXXXXXX

ESPAÇO RESERVADO (NÃO INCLUIR TEXTO)

XXXXXXXXXX

ESPAÇO RESERVADO (NÃO INCLUIR TEXTO)

XXXXXXXXXX

### RESUMO

Como o Brasil é um país com grande extensão territorial, o comportamento do regime de chuva altera significativamente em cada região. O presente artigo relata o comparativo referente à definição do regime de chuva, utilizando três métodos no município de Teófilo Otoni, Minas Gerais. O objetivo do estudo hidrológico foi determinar a intensidade pluviométrica da região em estudo, utilizando o Método Estatístico de Gumbel com base no modelo das Isozonas, as Equações de chuva da COPASA e o Método das Chuvas Intensas no Brasil, do Eng<sup>o</sup>. Otto Pfafstetter. Com base nos resultados encontrados, foi realizado o dimensionamento de um bueiro a ser projetado na região em estudo. Desta maneira, pode-se observar que quando se utiliza a equação da COPASA, tem-se uma estrutura mais robusta; e, considerando o Método de Gumbel com base no modelo das Isozonas ou Método do Eng<sup>o</sup>. Otto Pfafstetter, tem-se uma estrutura de mesmo tamanho, alterando apenas sua carga hidráulica.

**Palavras - Chave:** Regime de chuvas, Estudo Hidrológico, Método Estatístico de Gumbel, Equações de Chuva.

### ABSTRACT

As Brazil is a country with large territorial extension, the behavior of the rain regime changes significantly in each region. This paper reports the comparison regarding the definition of the rain regime using three methods in the municipality of Teófilo Otoni, Minas Gerais. The objective of the hydrological study was to determine the rainfall intensity of the region under study using the Gumbel Statistical Method based on the Isozone model, COPASA Rain Equations and the Intense Rainfall Method in Brazil, by Eng<sup>o</sup>. Otto Pfafstetter. Based on the results found, the design of a manhole to be designed in the region under study was performed. Thus, we can observe that when we use the COPASA equation we have a more robust structure, and considering the Gumbel Method based on the Isozone model or the Eng<sup>o</sup> Method. Otto Pfafstetter has a structure of the same size changing only its hydraulic load.

**Keywords:** Rainfall regime, Statistical Methods, Manhole sizing.

#### Correspondência/Contato

FEAMIG

Rua Gastão Bráulio dos Santos, 837  
CEP 30510-120  
Fone (31) 3372-3703  
parametrica@feamig.br  
http://www.feamig.br/revista

#### Editores responsáveis

Wilson José Vieira da Costa  
wilsoncosta@feamig.br

Raquel Ferreira de Souza  
raquel.ferreira@feamig.br

## DEFINIÇÃO DO REGIME DE CHUVA DE UMA REGIÃO UTILIZANDO OS MÉTODOS DE GUMBEL, EQUAÇÃO DE CHUVAS E OTTO PFAFSTETTER

### 1. INTRODUÇÃO

É de extrema importância para a construção e conservação das rodovias, a realização dos estudos hidrológicos, a fim de subsidiar o projeto de drenagem, com o objetivo de captar e destinar, de forma segura, a água pluvial até o local de desague adequado. Isso se faz necessário pelo fato de o excesso de água causar danos às rodovias, comprometendo a segurança dos seus usuários.

O correto dimensionamento das obras hidráulicas é fundamental para a conservação das rodovias, promovendo uma maior vida útil do pavimento. O dimensionamento dos diversos dispositivos de drenagem é alimentado por algumas variáveis que, através de equações matemáticas, possibilitam encontrar as dimensões adequadas para cada dispositivo.

Uma das variáveis importantes que é utilizada para o dimensionamento de muitos dos dispositivos de drenagem e que possui impacto direto é a intensidade pluviométrica da região. Essa intensidade é dada entre a relação da precipitação dada em milímetros por um determinado tempo de duração dado em horas.

A intensidade pluviométrica nada mais é que o comportamento do regime pluvial de uma região específica, podendo ser calculada por diferentes métodos que foram desenvolvidos ao longo do tempo no Brasil. Dentro desses métodos, existem alguns, como o Método Estatístico de Gumbel, as Equações de chuva da COPASA e as Chuvas Intensas no Brasil, do Eng<sup>o</sup>. Otto Pfafstetter, que chegam ao valor da intensidade de precipitação por parâmetros diferentes. Sendo da competência, então, do projetista de avaliar o melhor método a ser utilizado para a determinada região.

Sendo o Brasil um país com grande extensão territorial, o comportamento do regime de chuva pode alterar significativamente de uma região pra outra. A determinação de um regime pluviométrico parte das informações coletadas pelos postos pluviométricos, pontos que medem a altura de precipitação de cada chuva. Quanto maior for a série histórica (período de observação dos dados de chuva), mais representativos serão os posto pluviométricos.

Compreendendo a importância da determinação da intensidade pluviométrica de um local, para o correto dimensionamento dos dispositivos de drenagem, o presente artigo tem como objetivo calcular e comparar 03 métodos de cálculo de intensidade pluviométrica, sendo eles, o Método Estatístico de Gumbel, as Equações de Chuva da COPASA e Chuvas Intensas no Brasil – Eng<sup>o</sup>. Otto Pfafstetter, aplicando os seus resultados no

## DEFINIÇÃO DO REGIME DE CHUVA DE UMA REGIÃO UTILIZANDO OS MÉTODOS DE GUMBEL, EQUAÇÃO DE CHUVAS E OTTO PFAFSTETTER

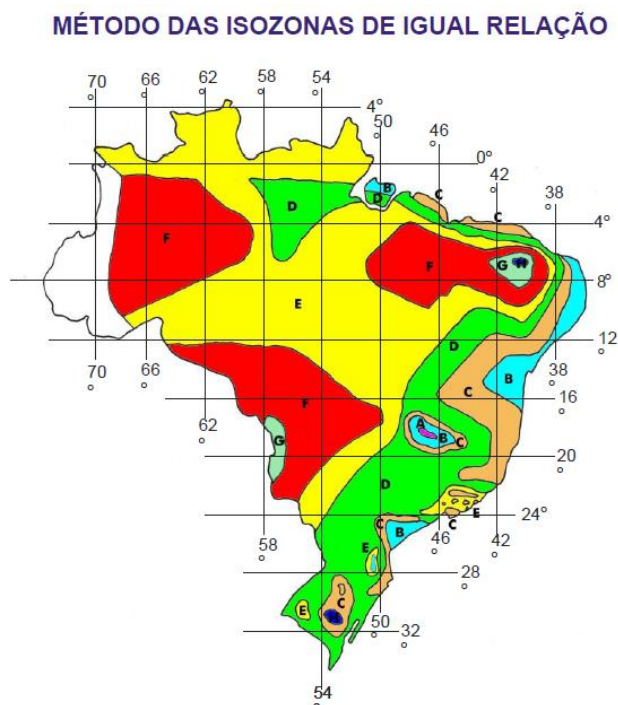
dimensionamento de um bueiro a ser projetado para uma rodovia, próximo à cidade de Teófilo Otoni, Minas Gerais.

### 2. REVISÃO DE LITERATURA

#### 2.1 Método estatístico de Gumbel

Em função das Leis de Gumbel, o modelo das Isozonas foi desenvolvido por Torricó (1974), e se baseou em determinações estatísticas para estabelecer relações entre os dados dos postos pluviográficos, com o objetivo de se definir as alturas e intensidades de precipitação para o tempo de recorrência e duração desejado. Sendo assim, Taborga dividiu o Brasil em oito isozonas, onde há uma relativa regionalização do clima a ser considerada como fator de cálculo da precipitação, tal como pode ser visto na figura 1.

Figura 1 – Método das isozonas



Fonte: Torricó, 1974.

**DEFINIÇÃO DO REGIME DE CHUVA DE UMA REGIÃO UTILIZANDO OS MÉTODOS DE GUMBEL, EQUAÇÃO DE CHUVAS E OTTO PFAFSTETTER**

Tabela 1 – Tempo de Recorrência em anos

TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS													
ZONA	1 HORA/24 HORAS CHUVAS											6min. – 24h	
	8	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5-50	100	
A	36,2	35,8	35,6	35,6	35,4	36,3	35	34,7	33,6	32,5	7	6,3	
B	38,1	37,8	37,5	37,5	37,3	37,2	36,9	36,6	35,4	34,3	8,4	7,5	
C	40,1	39,7	39,5	39,5	39,2	39,1	38,6	38,4	37,2	36,2	8,8	8,5	
D	42	41,8	41,4	41,2	41,1	41	40,7	40,3	39	37,3	11,2	10	
E	44,9	43,6	43,3	43,2	43	42,9	42,6	42,2	40	39,6	12,6	11,2	
F	46	45,6	45,3	45,1	44,9	44,7	44,5	44,1	42,7	41,3	13,2	12,4	
G	47,9	47,6	47,2	47	46,6	46,7	46,7	45,1	44,5	43,1	15,4	13,7	
H	49,9	49,4	49,1	48,9	48,8	48,5	48,3	47,8	46,5	44,8	16,7	14,9	

Fonte: Torrico, 1974.

Torrico, para desenvolver seu estudo, observou que as precipitações de 24 horas e 1 hora de diferentes estações pluviográficas do Brasil (referenciadas no estudo de Pfafstetter), quando plotadas em um papel de probabilidades, determinam retas de altura de precipitação/duração, que tendem a cortar o eixo das abscissas em um mesmo ponto, para determinadas áreas geográficas.

Essa tendência “significa que, em cada área homóloga, a relação entre as precipitações de 1 e 24 horas, para um mesmo tempo de recorrência, é constante e independe das alturas de precipitação” (TORRICO, 1974, p. 10 - Práticas Hidrológicas). Desta forma, Torrico correlacionou as precipitações das estações pluviométricas com as isozonas, determinando relações entre chuvas de 24 horas/1 dia, 1 hora / 24 horas e 6 minutos / 24 horas. Essas correlações podem ser vistas na tabela 2, a seguir.

Tabela 2 – Tempo de recorrência em anos

TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS													
ZONA	1 Hora / 24 horas chuva											6min	24h Chuva
	5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	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	

Fonte: Próprio autor (2019), a partir dos dados coletados em pesquisa.

A priori, calculou-se a chuva de um dia para o posto pluviométrico selecionado, para o tempo de recorrência desejado, a partir do método estatístico, considerando a média, o

## DEFINIÇÃO DO REGIME DE CHUVA DE UMA REGIÃO UTILIZANDO OS MÉTODOS DE GUMBEL, EQUAÇÃO DE CHUVAS E OTTO PFAFSTETTER

desvio padrão das máximas precipitações anuais e os valores K em função das leis de Gumbel.

### 2.2 Equações de Chuva da COPASA

O cálculo da intensidade de precipitação máxima em função da duração e do período de recorrência é feito pela equação estabelecida pelo estudo conjunto [realizado](#) entre COPASA e Universidade Federal de Viçosa, presente na publicação “Equações de Chuvas Intensas no Estado de Minas Gerais”.

$$I = \frac{A \times T^B}{t + C}$$

Sendo:

I = Intensidade máxima média de precipitação em mm;

A, B, C, D = Constantes variáveis a cada posto pluviométrico;

t = Duração da chuva em mm;

T = Tempo de recorrência em anos;

### 2.3 Chuvas Intensas no Brasil – Engº. Otto Pfafstetter

Quando não há dados pluviográficos nas proximidades do local da obra, deve-se recorrer a dados bibliográficos, entre os quais ~~destaca-se~~ [destaca](#) o livro “Chuvas Intensas no Brasil”, do Engº. Otto Pfafstetter, que desenvolveu equações de chuvas para diversos postos pluviográficos no Brasil, procurando o posto mais próximo e com características meteorológicas mais semelhantes às da área em estudo.

Para facilitar o uso dos dados, foram organizadas tabelas, fornecendo para os 98 postos pluviográficos tratados, a precipitação relativa, para diversas durações e períodos de recorrência da chuva.

Essa precipitação relativa é definida pela expressão:

$$P = K \times [at + b \cdot \log(1 + ct)]$$

Sendo:

$$K = TR^{0.2} / TR^{0.25}$$

Onde:

## DEFINIÇÃO DO REGIME DE CHUVA DE UMA REGIÃO UTILIZANDO OS MÉTODOS DE GUMBEL, EQUAÇÃO DE CHUVAS E OTTO PFAFSTETTER

Tabela 3 – Valores constantes da expressão

t	5min	15min	30min	1h	2h	4h	8h	24h	2d	4d	6d
$\alpha$	0,108	0,122	0,138	0,156	0,166	0,174	0,176	0,170	0,166	0,156	0,152
$\beta$	0	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

Fonte: Pfafstetter, 1989.

Em que D é a duração da chuva em horas, TR período de recorrência, em anos, e P é a precipitação, em milímetros. Os valores a, b e c dependem do posto considerado e,  $\alpha$  e  $\beta$  são dados na tabela acima.

### 3. METODOLOGIA

Pelo Método de Equação das Chuvas da COPASA, foram adotados os coeficientes estabelecidos para a estação sendo, A=2042,521; B=0,208; C=24,596; D=0,886; e aplicados à equação geral de chuva do método, desenvolvida pelo método, temos:

$$I = \frac{2042,521 \cdot T^{0,208}}{(t + 24,596)^{0,886}}$$

Equação 1 – Equação Geral do Método de Equação das Chuvas da COPASA

Os resultados são apresentados em duas tabelas referentes à intensidade pluviométrica e a altura de precipitação, em função ao tempo de recorrência (T) e tempo de duração (t), apresentados a seguir.

Tabela 4– Tabela de Intensidade Pluviométrica em função dos tempos de recorrência e duração

T ( anos )	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA ( mm/h )								
	t ( horas )								
	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00	14,00	24,00
5	137,3	112,8	87,9	62,3	40,6	25,0	14,8	9,6	6,2
10	124,0	105,2	83,8	59,5	37,5	21,4	11,4	6,7	3,9
25	189,8	155,9	121,5	86,1	56,1	34,5	20,5	13,2	8,6
50	218,2	179,2	139,7	98,9	64,5	39,7	23,5	15,2	9,9
100	250,8	206,0	160,6	113,7	74,2	45,6	27,0	17,5	11,4

Fonte: Próprio autor (2019), a partir dos dados coletados em pesquisa.

## DEFINIÇÃO DO REGIME DE CHUVA DE UMA REGIÃO UTILIZANDO OS MÉTODOS DE GUMBEL, EQUAÇÃO DE CHUVAS E OTTO PFAFSTETTER

Tabela 5– Tabela de altura de Precipitação em função dos tempos de recorrência e duração

T ( anos )	ALTURA DA PRECIPITAÇÃO ( mm/h )								
	t ( horas )								
	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00	14,00	24,00
5	13,7	28,2	44,0	62,3	81,2	99,9	118,4	133,8	149,5
10	12,4	26,3	41,9	59,5	74,9	85,5	91,3	93,4	93,8
25	19,0	39,0	60,8	86,1	112,3	138,0	163,7	185,0	206,6
50	21,8	44,8	69,8	98,9	129,0	158,7	188,1	212,6	237,4
100	25,1	51,5	80,3	113,7	148,3	182,4	216,3	244,4	272,9

Fonte: Próprio autor (2019), a partir dos dados coletados em pesquisa.

Para definição da intensidade de precipitação máxima pelo método estatístico de Gumbel, com base no modelo das Isozonas desenvolvido pelo Engenheiro José Jaime Taborga Torrico, foi utilizado o posto de Mucuri (01741001) disponível no site da ANA – Agência Nacional das Águas.

Considerando o mapa de Isozonas apresentado anteriormente, o trecho em estudo está localizado na ISOZONA “D”. A priori, calculou-se a chuva de um dia para o posto pluviométrico selecionado, para o tempo de recorrência desejado, a partir do método estatístico, considerando a média, o desvio padrão das máximas precipitações anuais e os valores K em função das leis de Gumbel. Para cada tempo de recorrência, foi calculada a chuva de um dia a partir da seguinte expressão:

$$P = \bar{X} + (K \times \sigma)$$

Onde:

$\bar{X}$  = média

K = constante de Gumbel

$\sigma$  = desvio padrão

Foi feita a conversão da chuva de um dia em chuva de 24 horas, fazendo-se a multiplicação pelo fator 1,13. Em seguida, definiu-se a Isozona em que a área do empreendimento está inserida (Isozona D). Para a ISOZONA D, verificou-se na tabela o percentual correspondente para transformar a chuva de 24 horas em chuva de 1 hora e de 6 minutos.

**DEFINIÇÃO DO REGIME DE CHUVA DE UMA REGIÃO UTILIZANDO OS MÉTODOS DE GUMBEL, EQUAÇÃO DE CHUVAS E OTTO PFAFSTETTER**

Tabela 6– Resumo dos valores

<b>42</b>	<b>3.113,60</b>	<b>74,13</b>	<b>25,19</b>
<b>Eventos</b>	<b>SOMA</b>	<b>MÉDIA</b>	<b>DESVIO</b>

Fonte: Próprio autor (2019),a partir dos dados coletados em pesquisa.

Tabela 7– Tempo de recorrência em anos

Valores de K (GUMBEL)					
Tr -Tempo de Recorrência em anos					
5	10	15	25	50	100
0,834	1,489	1,854	2,316	2,930	3,539

Fonte: Torrico (1974)

Para determinação dos valores da altura de precipitação foi utilizada a seguinte formulação, de acordo com o Método de Gumbel.

Formatado: Recuo: Primeira linha: 1,27 cm

Para tempos de concentração menores que 60 minutos:

$$P = ((P_{\text{máx}1\text{h}} - P_{\text{máx}0,1\text{h}}) \times (0,999 + (0,106 \times \log_{10}(tc))) \times ((1 + \log_{10}(tc)))) + P_{\text{máx}0,1\text{h}}$$

Para tempos de concentração entre 1 hora e 24 horas:  $P = ((P_{\text{máx}24\text{h}} - P_{\text{máx}1\text{h}}) / \text{Log}_{10}(24)) \times (0,735 + (0,192 \times \log_{10}(tc))) \times ((1 + \log_{10}(tc)))) + P_{\text{máx}1\text{h}}$

Formatado: Recuo: Primeira linha: 1,27 cm

A intensidade é determinada pela seguinte expressão,de acordo com o Método de Gumbel:

Formatado: Recuo: Primeira linha: 1,27 cm

$$I = (60 / tc) \times P.$$

Tabela 8– Valores encontrados em função do K



## DEFINIÇÃO DO REGIME DE CHUVA DE UMA REGIÃO UTILIZANDO OS MÉTODOS DE GUMBEL, EQUAÇÃO DE CHUVAS E OTTO PFAFSTETTER

	Média	K	Desvio			
Tr - 5 Anos	74,13 + ( 0,834 x 25,19 )		= 95,14 mm	Max.	1 dia	
				1,130 x 95,14 = 107,51 mm	Max.	24 h
				0,420 x 107,51 = 45,15 mm	Max.	1 h
				0,112 x 107,51 = 12,04 mm	Max.	0,1h
Tr - 10 Anos	74,13 + ( 1,489 x 25,19 )		= 111,64 mm	Max.	1 dia	
				1,130 x 111,64 = 126,15 mm	Max.	24 h
				0,416 x 126,15 = 52,48 mm	Max.	1 h
				0,112 x 126,15 = 14,13 mm	Max.	0,1h
Tr - 15 Anos	74,13 + ( 1,854 x 25,19 )		= 120,83 mm	Max.	1 dia	
				1,130 x 120,83 = 136,54 mm	Max.	24 h
				0,414 x 136,54 = 56,53 mm	Max.	1 h
				0,112 x 136,54 = 15,29 mm	Max.	0,1h
Tr - 25 Anos	74,13 + ( 2,316 x 25,19 )		= 132,47 mm	Max.	1 dia	
				1,130 x 132,47 = 149,69 mm	Max.	24 h
				0,411 x 149,69 = 61,55 mm	Max.	1 h
				0,112 x 149,69 = 16,77 mm	Max.	0,1h
Tr - 50 Anos	74,13 + ( 2,930 x 25,19 )		= 147,93 mm	Max.	1 dia	
				1,130 x 147,93 = 167,17 mm	Max.	24 h
				0,407 x 167,17 = 68,04 mm	Max.	1 h
				0,112 x 167,17 = 18,72 mm	Max.	0,1h
Tr - 100 Anos	74,13 + ( 3,539 x 25,19 )		= 163,27 mm	Max.	1 dia	
				1,130 x 163,27 = 184,50 mm	Max.	24 h
				0,403 x 184,50 = 74,35 mm	Max.	1 h
				0,100 x 184,50 = 18,45 mm	Max.	0,1h

Fonte: Próprio autor (2019), a partir dos dados coletados em pesquisa.

Os resultados são apresentados nos quadros resumos apresentados a seguir.

Tabela 9 – Altura de Precipitação

T ( anos )	ALTURA DA PRECIPITAÇÃO									( mm )
	0,10 h	0,25 h	0,50 h	1 h	2 h	4 h	8 h	14 h	24 h	
15	15,3	30,6	43,2	56,5	70,4	86,2	104,1	120,0	136,5	
25	16,8	33,4	47,0	61,6	76,8	78,1	84,2	131,5	149,7	
50	18,7	37,1	52,1	68,0	85,2	86,7	93,5	146,7	167,2	
100	18,4	39,3	56,2	74,4	93,4	95,1	102,7	161,7	184,5	

Fonte: Próprio autor (2019), a partir dos dados coletados em pesquisa.

Tabela 10 – Intensidade pluviométrica

T ( anos )	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA									( mm/h )
	0,10 h	0,25 h	0,50 h	1 h	2 h	4 h	8 h	14 h	24 h	
15	152,9	122,6	86,3	56,5	35,2	21,6	13,0	8,6	5,7	
25	167,7	133,7	94,1	61,6	38,4	36,9	31,0	9,4	6,2	
50	187,2	148,3	104,1	68,0	42,6	41,0	34,4	10,5	7,0	
100	184,5	157,0	112,5	74,4	46,7	44,9	37,8	11,6	7,7	

Fonte: Próprio autor (2019), a partir dos dados coletados em pesquisa.

Para o método do Eng<sup>o</sup>. Otto Pfafstetter utilizando das informações coletadas do posto de Teófilo Otoni, utilizado no método os resultados são apresentados nas tabelas abaixo.

Tabela 11 – Altura de Precipitação

## DEFINIÇÃO DO REGIME DE CHUVA DE UMA REGIÃO UTILIZANDO OS MÉTODOS DE GUMBEL, EQUAÇÃO DE CHUVAS E OTTO PFAFSTETTER

T (anos)	ALTURA DA PRECIPITAÇÃO									(mm)
	0,10 h	0,25 h	0,50 h	1 h	2 h	4 h	8 h	14 h	24 h	
5	13,9	22,4	34,3	44,9	58,9	64,7	81,3	92,8	106,0	
10	15,0	24,8	38,4	50,9	67,3	74,3	93,4	106,6	121,4	
25	16,6	28,0	44,1	59,4	79,2	88,2	111,0	126,5	143,5	
50	18,0	30,6	48,6	66,3	89,1	99,8	125,8	143,0	161,8	
100	19,4	33,2	53,4	73,8	99,9	112,4	141,9	161,2	181,8	

Fonte: Próprio autor (2019), a partir dos dados coletados em pesquisa.

Tabela 12 – Intensidade pluviométrica

T (anos)	INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA									(mm/h)
	0,10 h	0,25 h	0,50 h	1 h	2 h	4 h	8 h	14 h	24 h	
5	138,9	111,8	68,6	45,3	24,9	20,0	10,2	6,6	4,4	
10	150,2	123,8	76,8	51,4	28,4	23,0	11,7	7,6	5,1	
25	166,4	140,0	88,2	60,0	33,4	27,3	13,9	9,0	6,0	
50	179,7	152,8	97,2	67,0	37,6	30,9	15,7	10,2	6,7	
100	193,9	166,1	106,9	74,6	42,1	34,8	17,7	11,5	7,6	

Fonte: Próprio autor (2019), a partir dos dados coletados em pesquisa.

## 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os diferentes valores de intensidade pluviométrica encontrados foram aplicados ao dimensionamento de um bueiro de grota em um trecho próximo a Teófilo Otoni, considerando as demais variáveis as mesmas. Os valores encontrados para a delimitação da bacia, tempo de concentração, declividade, vazão e demais parâmetros estão sendo apresentados na tabela, considerando os mesmo dados para o dimensionamento dos três métodos.

Para o dimensionamento dos bueiros foram adotados os nomogramas de controle de entrada contidos no Manual de Drenagem de Rodovias (IPR-724 / DNIT) páginas 105, 106, 107, 108, 109, 110 e 111 adotando os seguintes critérios:

- ✓ Bueiros Tubulares trabalhando como orifício, admitindo-se relação  $Hw/D \leq 2,0$  para tempo de recorrência de 25 anos;

Onde:

$Hw$  = altura da lâmina d'água;

$H$  = altura do bueiro.

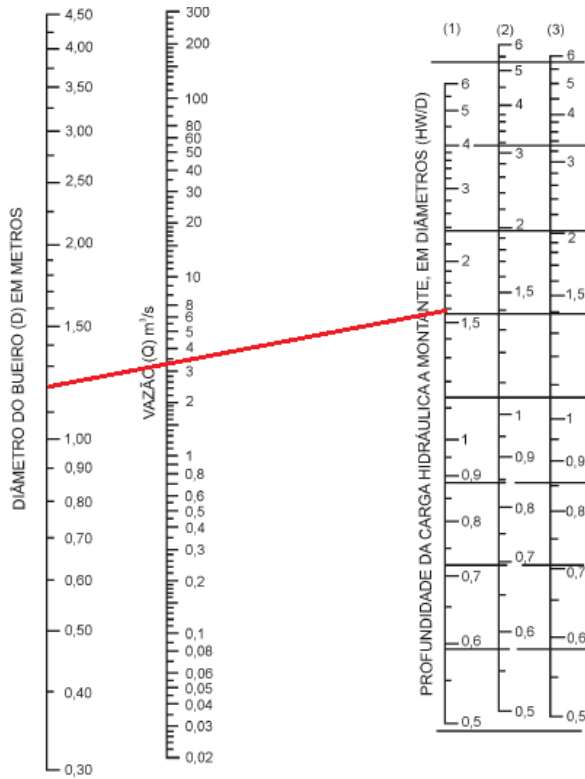
A seguir serão apresentados os resultados encontrados com a aplicação de cada um dos 3 métodos propostos.

Formatado: Recuo: Primeira linha: 1,27 cm

**DEFINIÇÃO DO REGIME DE CHUVA DE UMA REGIÃO UTILIZANDO OS MÉTODOS DE GUMBEL, EQUAÇÃO DE CHUVAS E OTTO PFAFSTETTER**

Tabela 13 – Dimensionamento pelo Método Racional e Intensidade pela COPASA

**DEFINIÇÃO DO REGIME DE CHUVA DE UMA REGIÃO UTILIZANDO OS MÉTODOS DE GUMBEL, EQUAÇÃO DE CHUVAS E OTTO PFAFSTETTER**



Para BDTc 1,20 por ser um bueiro duplo tubular de concreto a vazão deve ser dividida por 2 para parâmetro de entrada no nomograma  $Hw/d = 1,6$

Formatado: Recuo: Primeira linha: 1,27 cm

Tabela 14 – Dimensionamento do bueiro através das Equações de Chuva da COPASA

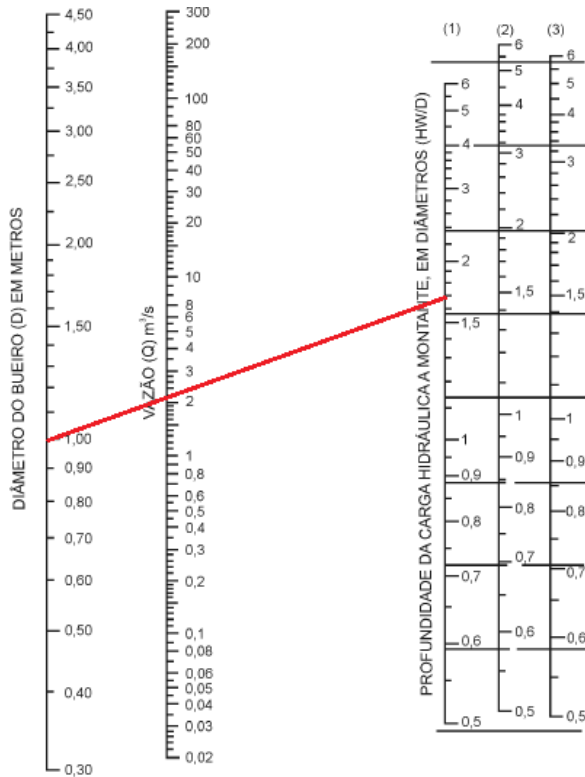
MÉTODO RACIONAL														
ELEMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA						CÁLCULO DA VAZÃO MÁXIMA								
No BACIA	NOME DO CURSO D'ÁGUA	A (ha)	L (km)	d (m/m)	tc (hora)	"C"	INTENSIDADE I (mm/h)			VAZÃO MÁXIMA Q (m³/s)			OBRA-DE-ARTE	
							15	25	50	15	25	50	PROJETADA	hw/D
1	CÓR. DO PAPAGAIO	388,54	2,61	0,019	4,13	0,18	30,39	33,68	38,72	5,60	6,21	7,13	BDTC 1,20	1,6

Fonte: Próprio autor (2019), a partir dos dados coletados em pesquisa.

Formatado: Recuo: À esquerda: 1,27 cm

Tabela 15 – Dimensionamento pelo Método Racional e Intensidade por Gumbel

**DEFINIÇÃO DO REGIME DE CHUVA DE UMA REGIÃO UTILIZANDO OS MÉTODOS DE GUMBEL, EQUAÇÃO DE CHUVAS E OTTO PFAFSTETTER**



Para BDTC 1,00 por ser um bueiro duplo tubular de concreto a vazão deve ser dividida por 2 para parâmetro de entrada no nomograma  $Hw/d = 1,7$

Formatado: Recuo: Primeira linha: 1,27 cm

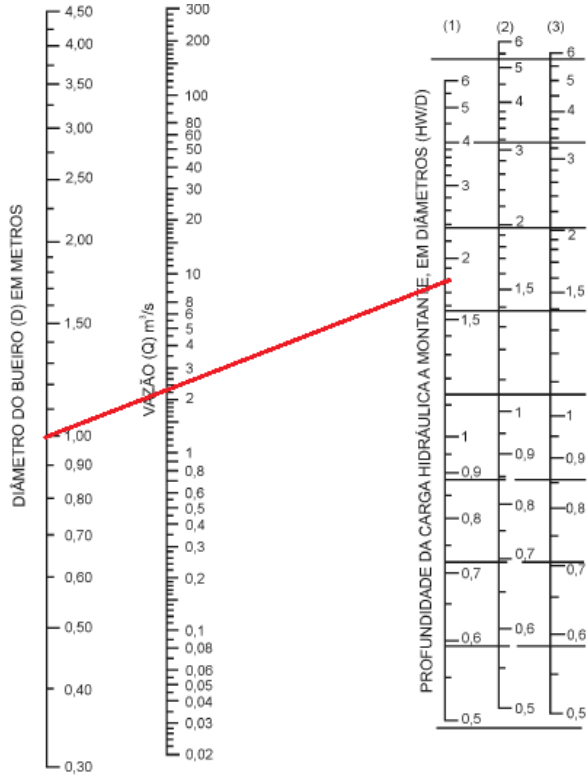
Tabela 16 – Dimensionamento do bueiro através do Método de Estatístico de Gumbel

MÉTODO RACIONAL														
ELEMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA							CÁLCULO DA VAZÃO MÁXIMA							
No BACIA	NOME DO CURSO D'ÁGUA	A (ha)	L (km)	d (m/m)	tc (hora)	"C"	INTENSIDADE I (mm/h)			VAZÃO MÁXIMA Q (m3/s)			OBRA-DE-ARTE	
							15	25	50	15	25	50	PROJETADA	hw/D
1	CÔR. DO PAPAGAIO	368,54	2,61	0,019	4,13	0,18	21,00	23,00	25,60	3,87	4,24	4,72	BDTC 1,00	1,7

Fonte: Próprio autor (2019), a partir dos dados coletados em pesquisa.

**DEFINIÇÃO DO REGIME DE CHUVA DE UMA REGIÃO UTILIZANDO OS MÉTODOS DE GUMBEL, EQUAÇÃO DE CHUVAS E OTTO PFAFSTETTER**

Tabela 17 – Dimensionamento pelo Método Racional e Intensidade por Pfafstetter



Para BDTc 1,00 por ser um bueiro duplo tubular de concreto a vazão deve ser dividida por 2 para parâmetro de entrada no nomograma obtendo  $Hw/d = 1,8$

Formatado: Recuo: Primeira linha: 1,27 cm

Tabela 18 – Dimensionamento do bueiro através do Método do Eng. Otto Pfafstetter

MÉTODO RACIONAL														
ELEMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA							CÁLCULO DA VAZÃO MÁXIMA							
No BACIA	NOME DO CURSO D'ÁGUA	A (ha)	L (km)	d (m/m)	tc (hora)	"C"	INTENSIDADE I (mm/h)			VAZÃO MÁXIMA Q (m³/s)			OBRA-DE-ARTE	
							15	25	50	15	25	50	PROJETADA	hw/D
1	CÓR. DO PAPAGAIO	368,54	2,61	0,019	4,13	0,18	21,19	23,28	26,33	3,90	4,29	4,85	BDTC 1,00	1,8

Fonte: Próprio autor (2019), a partir dos dados coletados em pesquisa.

## DEFINIÇÃO DO REGIME DE CHUVA DE UMA REGIÃO UTILIZANDO OS MÉTODOS DE GUMBEL, EQUAÇÃO DE CHUVAS E OTTO PFAFSTETTER

### 5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os resultados das vazões das bacias por cada método de equação de chuva para o dimensionamento de um bueiro, observou-se que para o Método de Equações da COPASA, o diâmetro do bueiro para atender a vazão de 6,21 m<sup>3</sup>/s, com tempo de recorrência igual a 25 anos, resultou em um bueiro duplo tubular de concreto com diâmetro de 1,20m.

Para os métodos de Gumbel e do Eng° Otto Pfafstetter, encontrou-se os valores de vazões, respectivamente, 4,24 m<sup>3</sup>/s e 4,29m<sup>3</sup>/s, inferiores ao Método de Equações da COPASA, dimensionando assim a estrutura como um bueiro simples tubular de concreto com diâmetro de 1,00m. As alturas das lâminas d'água foram encontradas entre o intervalo de 1,6 a 1,8.

O dimensionamento de um bueiro está diretamente ligado com às informações coletadas no estudo hidrológico, como visto no desenvolvimento do trabalho, a metodologia do regime de chuva de uma região pode afetar no dimensionamento da estrutura e consequentemente, em fatores como o custo da obra.

Assim como, utilizar de valores de intensidade de chuva ou outras variáveis que não representam corretamente o local pode levar ao profissional subdimensionar uma estrutura causando problemas ao corpo estradal ao longo de sua vida útil. Considerando também a dificuldade de se obter informações e registros em algumas regiões o estudo hidrológico deve ser feito com cautela para subsidiar o projeto de drenagem de forma satisfatória.

Portanto, cabe ao engenheiro projetista avaliar qual método melhor representa as condições do local, buscar o maior nível de informações e detalhes a fim de ser o mais assertivo quanto aos valores utilizados no estudo do projeto, contribuindo da melhor forma para a construção e conservação da rodovia.

## DEFINIÇÃO DO REGIME DE CHUVA DE UMA REGIÃO UTILIZANDO OS MÉTODOS DE GUMBEL, EQUAÇÃO DE CHUVAS E OTTO PFAFSTETTER

### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIRA, G. A. R.; SILANS, A. M. B. P.; PEDROSA FILHO, L.; ALMEIDA, C. A.; LEITE, E. P. F.; SILVA, T. C.; FILHO, S. V.; MOURA, E. M.; SOUSA, E. E.; DIAS DA SILVA, L.: **Bacia experimental do rio Guaraíra: implantação e primeiros Resultados**. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba, 2003.

Formatado: Espaçamento entre linhas: simples

PINTO, E. de; NAGHETHINI, M. *hidrologia estatística* [S.l.]: CPRM,2007.  
Villela, S. M. & Mattos, A. 1975, Hidrologia Aplicada, Editora Mc Graw Hill, São Paulo 245p.

Formatado: Espaçamento entre linhas: simples

Pfafstetter, O. **Classificação de Bacias Hidrográficas – Metodologia de Codificação**. Rio de Janeiro, RJ: Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), 1989, p. 19. Manuscrito não publicado.

Formatado: Espaçamento entre linhas: simples

Rubert, O. A. V.; Figueiredo, L. C. C. **Divisão Hidrográfica Nacional – Aplicação da Metodologia de Otto Pfafstetter**. In: XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Aracaju, 25 a 29 de novembro, 2001.

Formatado: Espaçamento entre linhas: simples

SOUSA, F. A. S.; SILVA, V. P. R.. **ANÁLISE DE INTENSIDADE DE CHUVA PELA CURVA NORMALIZADA DA PRECIPITAÇÃO**. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental. 1998, vol.2, n.3, pp.319-323.

Formatado: Espaçamento entre linhas: simples