

ANÁLISE DAS RELAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA DAS CHUVAS INTENSAS PARA PENTECOSTE, CEARÁ.

JOSÉ OSÓRIO COSTA *
ZAIRO RAMOS SILVA *

RESUMO

No presente trabalho foi feita uma análise das máximas precipitações pluviométricas observadas na Estação Agrometeorológica da Fazenda Experimental do Vale do Curu, pertencente à Universidade Federal do Ceará, no período de 1964 a 1984. Foi determinada uma equação de intensidade pluviométrica máxima em função do tempo de recorrência e da duração da precipitação.

Os valores obtidos com essa equação, quando comparados com os obtidos com a equação de Chow-Gumbel, apresentaram boa aproximação.

PALAVRAS-CHAVE: Intensidade de precipitação, Período de Recorrência.

SUMMARY

ANALYSIS OF THE INTENSITY-DURATION-FREQUENCY RELATIONSHIPS FOR HEAVY RAINFALLS TO PENTECOSTE, CEARÁ, BRAZIL.

The purpose of this work was to develop an equation for estimating the maxima rainfall intensities for a period from 1964 to 1984 in Pentecoste County in Ceara State – Brazil.

The intensity-duration-frequency relationship for duration of 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90 and 120 minutes was studied. The Chow-Gumbel distribution method was applied to the maxima rainfall intensities.

*Professores do Centro de Ciências Agrárias da U.F.C e Bolsistas do CNPq.

INTRODUÇÃO

Os estudos das precipitações pluviométricas de grande intensidade são de fundamental importância em projetos de obras hidráulicas aplicadas à engenharia agrônômica e civil, como: dimensionamento de galerias de águas pluviais, vertedouros de barragens, canais de drenagem de águas pluviais, conservação do solo, drenagem agrícola etc. GARCEZ² caracteriza como "chuva intensa" as fortes precipitações contínuas, com duração máxima de poucas horas (2 horas em geral). Essas precipitações são convectivas e ocorrem com grande frequência no Estado do Ceará.

Estudos sobre as máximas intensidades de chuvas têm sido realizados por diversos autores como VIEIRA e MEDEIROS⁴, VIEIRA⁵, OCHIPINTI & SANTOS³ e outros.

O presente trabalho visa proceder a uma análise estatística das máximas precipitações pluviométricas observadas em 19 anos, em Pentecoste-CE, no período de 1964 a 1984, visando estabelecer uma equação capaz de prever, para as condições locais, as intensidades máximas para várias durações e diversos períodos de recorrência.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados de intensidade de precipitação de Pentecoste foram calculados a partir de pluviogramas obtidos junto à estação Agrometeorológica da Fazenda Experimental do

Vale do Curu, pertencente à Universidade Federal do Ceará.

As maiores precipitações registradas em cada ano, para durações de 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos, foram escolhidas dos pluviogramas. A partir desses dados foram calculadas as máximas intensidades de precipitação em mm/hora para cada duração determinando-se, em seguida, a precipitação média, o desvio padrão, o coeficiente de variação e o índice de assimetria.

A análise probabilística das máximas intensidades pluviométricas foi desenvolvida pelo método de Chow-Gumbel, freqüentemente empregado nestes tipos de análises.

CHOW¹, para solucionar a maioria dos problemas das funções de freqüência utilizadas em análises hidrológicas onde, geralmente, poucos dados são disponíveis, apresentou a seguinte equação:

$$X_T = \bar{x} + K \sigma_x \quad (I)$$

onde:

X_T = valor procurado da variável em questão para o tempo de recorrência (T_R) desejado;

\bar{x} = média aritmética das variáveis da série;

σ_x = desvio padrão da série de valores extremos;

K = fator de freqüência, que toma diferentes formas, em função da distribuição adotada.

Para a distribuição de Gumbel, o valor de K foi estimado usando-se o nomograma de Weiss (Fig. 1) para os tempos de recorrência (T) de 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

Com esse procedimento, as máximas intensidades prováveis para os períodos de recorrência escolhidos foram estimados pela equação (I).

Para expressar a variação da intensidade pluviométrica com a duração, empregou-se a equação de uso generalizado:

$$I = \frac{C}{(t + b)^n} \quad (II)$$

onde:

I = intensidade pluviométrica máxima para a duração t , em mm/h;

t = duração da precipitação em minutos;

C , b e n = parâmetros a determinar.

Curvas de intensidade — duração, para cada período de recorrência, foram construídas em papéis log-log. Referidas curvas, por anamorfose, isto é substituindo-se "t" por "t + b", on-

de b é uma constante escolhida por tentativa, foram transformadas em retas.

Os parâmetros n (parâmetro angular) e C (parâmetro linear) foram determinados pelo método dos mínimos quadrados, pelas equações:

$$\sum \log I = 9 \log C - n \sum \log(t + b) \quad (III)$$

$$\sum \log I \cdot \log(t + b) = \log C \sum \log(t + b) - n \sum \log^2(t + b) \quad (IV)$$

Os valores dos parâmetros C e n variam com relação a T . Esses valores lançados em coordenadas logarítmicas são do tipo:

$$C = K T^m$$

$$n = K_1 T^{-z}$$

onde K , m , K_1 e z são constantes a determinar utilizando-se o método dos mínimos quadrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As maiores precipitações de Pentecoste, correspondentes às durações de 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos estão na TABELA 1 enquanto na TABELA 2 aparecem as máximas intensidades de precipitação em mm/hora para cada duração.

A intensidade de chuva média, o desvio padrão, o coeficiente de variação e o índice de assimetria das séries estudadas, constam da TABELA 3.

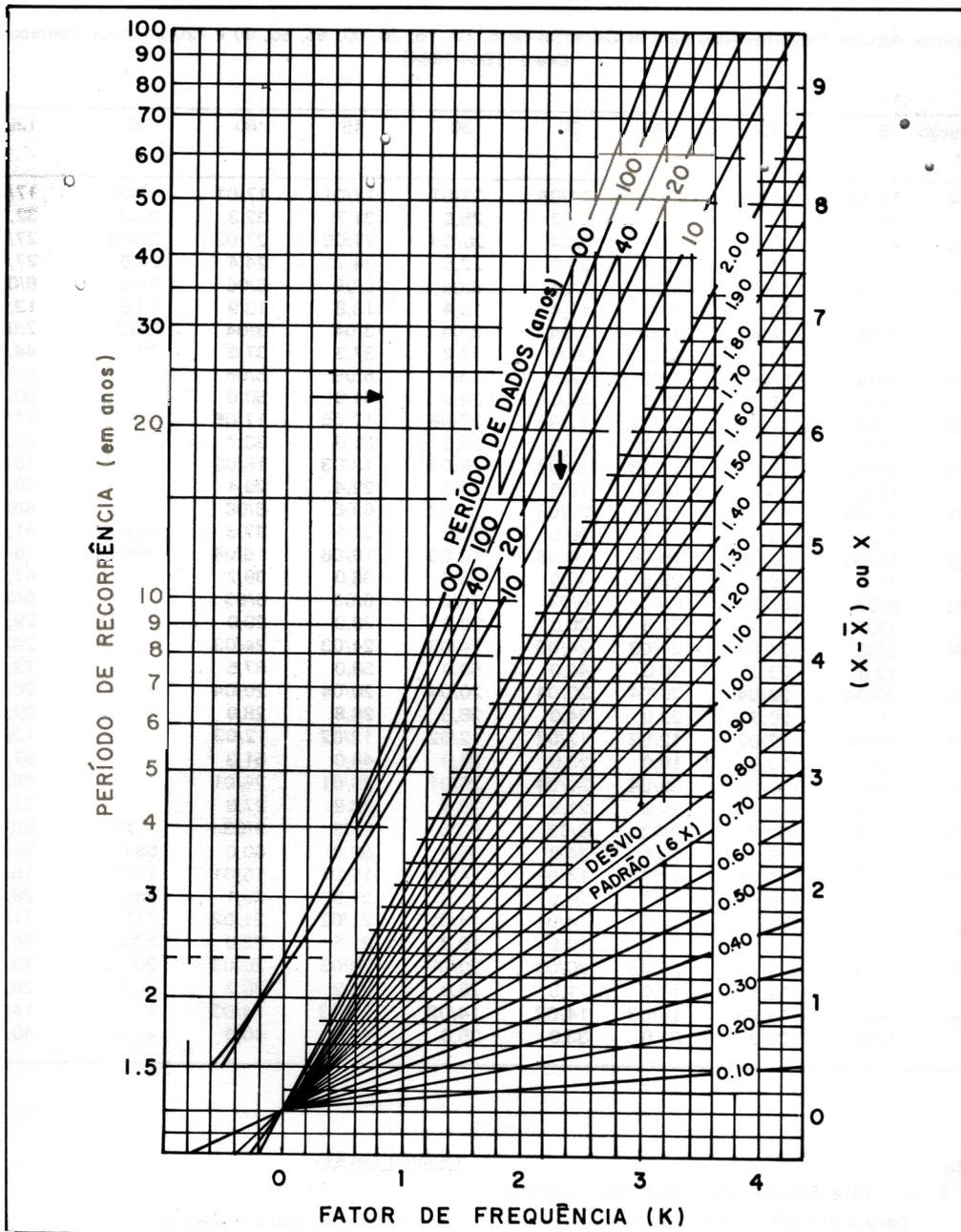
Os valores do fator de freqüência (K) para a distribuição de GUMBEL, encontrados com o auxílio do nomograma de WEISS, em função do período de retorno (T) e do número de dados da série (n) no presente cálculo, foram:

$T_r = 5$ anos	$K = 0,95$
$T_r = 10$ anos	$K = 1,73$
$T_r = 25$ anos	$K = 2,60$
$T_r = 50$ anos	$K = 3,29$
$T_r = 100$ anos	$K = 3,90$

Com esses valores de K e com a média e o desvio padrão de cada série da TABELA 3, foram calculadas, com o auxílio da equação (I), as máximas intensidades pluviométricas prováveis para os períodos de recorrência escolhidos (TABELA 4). A transformação das curvas intensidade-duração em retas é mostrada na Fig. 2.

Os valores dos parâmetros n e C da equação (II), determinados pelo método dos mínimos quadrados, com uso das equações (III) (IV) e as equações intensidade-duração, foram:

$$T_r = 5 \text{ anos } n_5 = 1,067 \quad c_5 = 5536,62 \quad I_5 = \frac{5536,62}{(t + b)^{1,067}} \quad (V)$$



$$T_r = 10 \text{ anos } n_{10} = 1,083 \quad c_{10} = 7068,01 \quad I_{10} = \frac{7068,01}{(t+b)^{1,083}} \quad \text{(VI)}$$

$$T_r = 25 \text{ anos } n_{25} = 1,057 \quad c_{25} = 7515,72 \quad I_{25} = \frac{7515,72}{(t+b)^{1,057}} \quad \text{(VII)}$$

Os desvios padrões entre os valores calculados com a equação de CHOW e com as equações obtidas (V, VI, VII) foram 4,38mm/h, 3,06mm/h e 3,47mm/h correspondentes respectivamente, aos períodos de 5, 10 e 25 anos, de-

monstrando boa aproximação dos dados calculados pelos dois métodos.

A equação de intensidade pluviométrica máxima encontrada para o município de Pentecoste foi:

$$= \frac{4297,83 T^{0,1836}}{(t+25)^{1,08668} T^{-0,0068}} \quad \text{(VIII)}$$

TABELA 1

Máximas Alturas Pluviométricas para as Durações de 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos, Pentecoste-Ceará (1964-1984)

Duração Ano	5	10	15	20	30	45	60	90	120
1964	17/01 8,8	17/01 14,3	12/04 15,2	14/05 18,2	17/01 25,5	17/01 31,7	17/01 32,3	17/01 32,3	17/01 32,2
	4/03 7,0	20/03 11,7	6/04 16,5	6/04 20,0	20/03 22,5	27/03 24,1	27/03 24,4	27/03 25,9	27/03 27,9
1966	3/12 5,5	6/06 6,8	6/06 10,0	6/06 11,4	6/06 13,4	6/06 13,8	6/06 13,9	6/06 13,9	6/06 13,9
	3/04 10,0	3/04 20,0	3/04 33,0	3/04 37,0	3/04 37,2	3/04 37,3	3/04 37,9	2/02 39,7	2/02 44,8
	5/05 17,0	5/05 25,0	5/05 28,0	5/05 29,0	5/05 34,0	5/05 41,0	5/05 50,0	5/05 50,0	5/05 50,0
1969	2/04 12,0	28/02 13,0	28/02 22,0	17/05 23,0	27/05 25,6	17/05 31,5	17/05 33,7	17/05 33,8	17/05 33,8
1970	22/03 12,0	22/03 13,0	13/03 16,0	13/03 19,5	18/03 24,0	18/03 29,4	18/03 29,4	18/03 29,4	18/03 29,4
	10/05 7,0	6/06 12,5	10/05 15,5	29/03 20,5	29/03 23,5	6/06 31,5	6/06 37,5	6/06 40,0	6/06 41,9
1972	16/06 11,0	16/06 19,5	16/06 23,5	16/06 30,0	16/06 35,0	16/06 38,0	16/06 39,2	16/06 43,4	16/06 47,2
1973	6/03 13,0	6/03 20,0	6/03 22,5	6/03 26,0	6/03 29,0	6/03 29,9	6/03 29,9	6/03 29,9	6/03 29,9
1974	8/03 12,0	24/03 23,0	24/03 30,0	24/03 40,0	24/03 50,0	24/03 58,0	24/03 67,5	24/03 72,3	24/03 72,6
1975	20/04 15,0	20/04 20,0	20/04 22,0	20/04 24,0	20/04 28,5	20/04 28,8	20/04 28,9	20/04 29,0	20/04 29,0
1976	19/04 10,5	12/02 13,0	12/02 19,0	12/02 23,0	12/02 33,0	12/02 44,0	12/03 51,3 ¹	12/02 52,7	12/02 57,7
	30/04 10,5	30/04 15,5	30/04 20,0	30/04 21,8	26/01 23,4	26/01 26,9	26/01 27,9	26/01 30,6	26/01 31,6
1978	20/04 13,0	9/03 16,0	9/03 26,0	9/03 34,0	9/03 46,0	9/03 56,0	9/03 60,0	9/03 66,0	9/03 70,4
1979	29/03 10,0	14/05 16,5	14/05 20,0	14/05 20,5	14/05 21,3	15/01 21,5	15/01 25,1	15/01 28,0	15/01 28,1
1980	15/01 9,5	14/01 14,0	14/01 17,0	14/01 19,5	14/01 19,8	21/02 21,5	21/02 22,3	21/02 23,2	21/02 24,3
1981	20/03 9,0	20/03 12,5	20/03 17,0	20/03 21,5	20/03 28,0	20/03 28,2	20/03 28,2	20/03 28,2	20/03 28,3
1984	14/03 10,0	14/03 26,0	14/03 31,0	14/03 33,0	14/03 35,0	14/03 40,0	14/03 40,0	14/03 40,4	14/03 40,5

onde:

I = intensidade pluviométrica máxima
para a duração t, em mm/h

T = período de recorrência em anos

t = duração da precipitação em minutos

Os valores obtidos com o uso da equação (VIII) para os períodos de recorrência de 5, 10, 25, 50 e 100 anos, os valores calculados pela equação de Chow-Gumbel e os desvios padrões entre eles constam na TABELA 5.

Pelos resultados observa-se que há boa aproximação entre os valores obtidos pelas duas equações, o que proporciona boas condições para o emprego da equação (VIII) para o município de Pentecoste.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a equação

$$= \frac{4297,83 T^{0,1836}}{(t + 25)^{1,0868} T^{-0,0068}}$$

desenvolvida com a metodologia empregada e com os dados da Estação Agrometeorológica da Fazenda Experimental do Vale do Curu pode ser utilizada na determinação da intensidade pluviométrica máxima para as condições de Pentecoste, Ceará.

TABELA 2

Máximas Intensidades Pluviométricas para Durações de 5, 10, 20, 30, 45, 60, 90 e 120 min (mm/hora),
Pentecoste-Ceará.

Tempo min Ano	5	10	15	20	30	54	60	90	120
1964	105,6	85,8	60,8	54,6	51,0	42,3	32,3	21,5	16,1
1965	84,0	70,2	66,0	60,0	46,0	32,1	24,4	17,3	13,9
1966	66,0	40,8	40,0	34,20	26,8	16,4	13,9	9,3	6,9
1967	120,0	120,0	132,0	111,0	74,4	49,7	37,9	26,5	22,4
1968	204,0	150,0	112,0	87,0	68,0	54,7	50,0	33,3	25,0
1969	144,0	90,0	88,0	69,0	51,2	42,0	33,7	22,5	16,9
1970	144,0	81,0	64,0	58,5	48,0	39,2	29,4	19,6	14,7
1971	84,0	75,0	62,0	61,5	47,0	42,0	37,5	26,7	20,9
1972	132,0	117,0	94,0	90,0	70,0	50,7	39,2	28,9	23,6
1973	156,0	120,0	90,0	78,0	58,0	39,9	29,9	19,9	14,9
1974	144,0	138,0	120,0	120,0	100,0	77,3	67,5	48,2	36,3
1975	180,0	120,0	88,0	72,0	57,0	38,4	28,9	19,3	14,5
1976	126,0	78,0	76,0	69,0	66,0	58,7	51,3	35,1	26,8
1977	126,0	93,0	80,0	65,4	46,8	35,9	27,9	20,4	15,8
1978	156,0	96,0	104,0	102,0	92,0	74,7	60,0	44,0	35,2
1979	120,0	99,0	80,0	61,5	42,6	28,7	25,1	18,7	14,0
1980	144,0	84,0	68,0	58,5	39,6	28,7	22,3	15,5	12,1
1981	108,0	75,0	68,0	64,5	56,0	37,6	28,2	18,8	14,1
1984	120,0	156,0	124,0	99,0	70,0	53,3	40,0	26,9	20,3
\bar{X}	128,1	99,4	85,1	74,5	58,4	44,4	35,7	24,9	19,2

TABELA 3

Parâmetros Estatísticos das Séries Anuais, Pentecoste-Ceará (1964-1984)

Duração (min)	Int. de Chuva máx. (mm/h)	Int. de Chuva média (mm/h)	Desvio Padrão (mm/h)	Coef. de variação	Índice de Assimetria
5	204,0	128,1	32,3	0,25	0,31
10	156,0	99,4	29,5	0,29	0,24
15	132,0	85,1	24,5	0,28	0,30
20	120,0	74,5	21,7	0,29	0,47
30	100,0	58,4	17,9	0,30	0,61
45	77,3	44,4	14,9	0,33	0,63
60	67,5	35,7	13,4	0,37	0,28
90	48,2	24,9	9,8	0,39	0,86
120	36,3	19,2	7,6	0,39	0,82

TABELA 4

Intensidade Pluviométrica Máxima Provável para os Períodos Estudados (mm/hora), Pentecoste-Ceará

Duração minutos	Tempo de Recorrência (anos)				
	10	25	50	100	
5	159,6	185,5	214,4	257,3	257,5
10	127,4	150,4	176,1	196,5	214,5
15	108,4	127,5	148,8	165,7	180,6
20	95,1	112,1	130,9	145,9	159,2
30	75,4	89,4	105,0	117,1	128,4
45	58,6	70,2	83,1	93,4	102,5
60	48,5	58,9	70,6	79,8	88,0
90	34,2	41,8	50,3	57,1	63,0
120	26,4	32,3	38,9	44,2	48,8

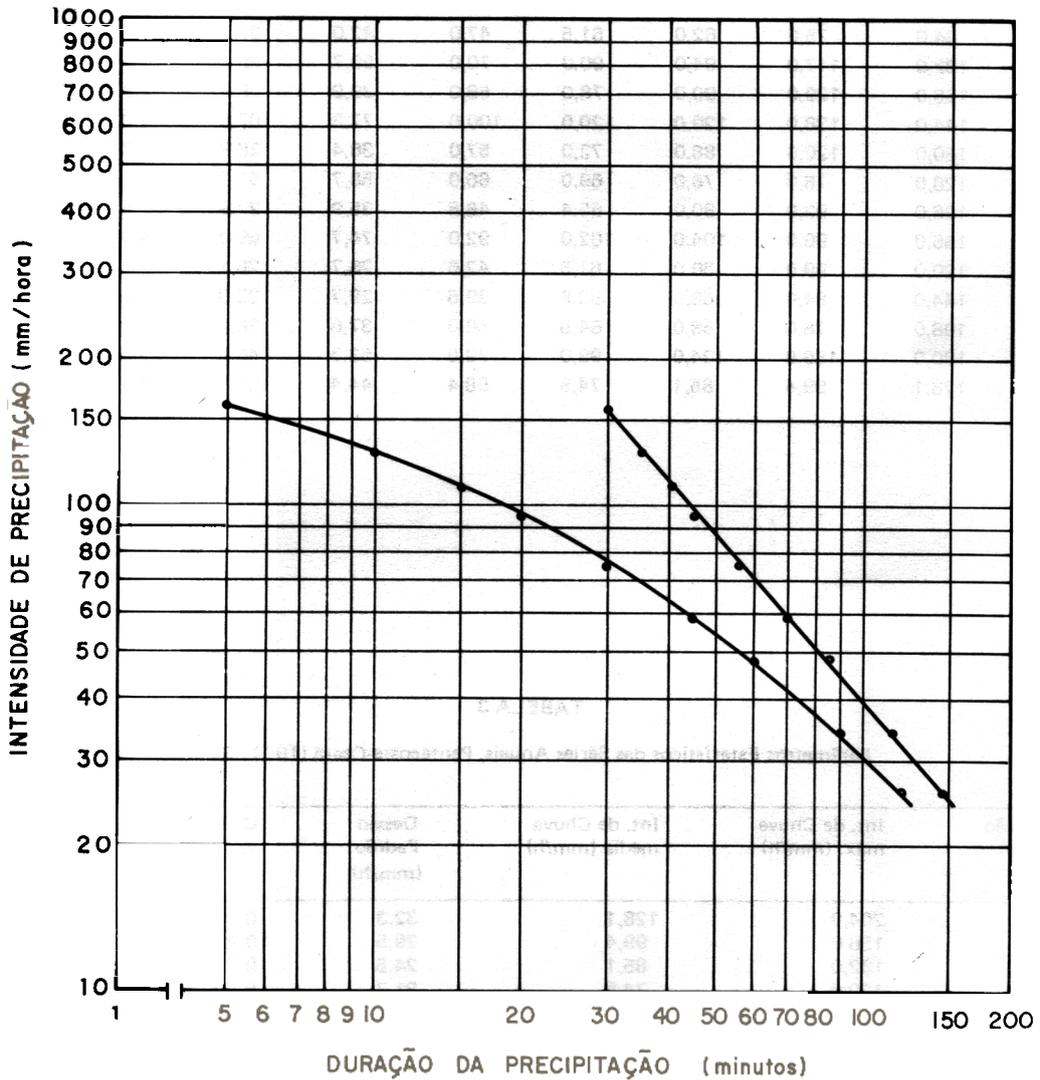


FIGURA 2 — Curva intensidade-duração para o período de retorno de 5 anos e reta intensidade-duração para o mesmo período de retorno.

TABELA 5

Comparação dos Resultados da Intensidade Pluviométrica Máxima para a Cidade de Pentecoste pelo Método Chow-Gumbel (i) e pela Equação Obtida (i')

	T = 5 anos		T = 10 anos		T = 25 anos		T = 50 anos		T = 100 anos	
	i'5	i10	i'10	i25	i'25	i50	i'50	i100	i'100	
5	159,6	149,2	185,4	172,4	214,4	208,0	237,3	241,1	257,6	
10	127,4	126,4	150,4	146,2	176,1	177,2	196,5	204,8	214,5	
15	118,3	109,5	127,5	126,7	148,8	153,7	165,7	177,8	180,6	
20	95,1	96,5	112,1	111,7	131,0	135,6	146,0	157,0	159,2	
30	75,4	77,8	89,4	90,2	105,1	109,6	117,4	127,0	128,4	
45	58,6	60,0	70,2	69,6	83,2	84,8	93,4	98,4	102,5	
60	48,5	48,5	58,9	56,6	70,6	69,0	79,8	80,1	88,0	
90	34,1	35,2	41,8	40,9	50,3	50,0	57,1	58,2	63,0	
120	26,4	27,4	32,3	31,9	39,0	39,1	44,2	45,5	48,8	
	$\sigma = 3,68\text{mm/h}$		$\sigma = 4,65\text{mm/h}$		$\sigma = 3,46\text{mm/h}$		$\sigma = 7,23\text{mm/h}$		$\sigma = 17,0\text{mm/h}$	

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHOW, V.T. *Handbook of applied hydrology*. New York, Mc Graw-Hill Co, 1964, 8.1-8, 42p.
2. GARCEZ, L.N. *Hidrologia*. São Paulo, Editora Edgar Blucher Ltda e Editora da Universidade de São Paulo, 1967, 249p.
3. OCHIPINTI, A.G. & SANTOS, P.M. *Análises das máximas intensidades de chuva na cidade de São Paulo*, S. Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto Astronômico e Geofísico, 1965, 40p.
4. VIEIRA, D.B. & MEDEIROS, E.M. Estudos das máximas intensidades de chuva para a região de Limeira, In: *Anais do V Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem*. São Paulo, v. 2. 456p.
5. VIEIRA, D.B. Análises das máximas intensidades de chuvas na cidade de Campinas, In: *Anais do IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos*. Fortaleza, 1981, 387 p.