

COEFICIENTES PARA ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO COM DURAÇÃO DE 24 HORAS A 5 MINUTOS PARA JABOTICABAL

Paulo Nobukuni¹
Vicente de Paula Pereira²
Romísio Geraldo Bouhid André²

RESUMO

Dados de pluviosidade, identificados para cada data e local, foram digitados em computador e processados, utilizando-se um programa desenvolvido especificamente para este projeto. Com o programa foram localizadas as máximas intensidades de chuvas para diversos tempos de duração. Comparando-se os dados registrados para períodos de “1 dia” e aqueles obtidos para um período contínuo de 24 horas, obtidos neste trabalho com variação na quantidade de precipitação considerada no intervalo de um minuto, determinaram-se as relações existentes entre eles e, também, entre os de 24 horas e aqueles para durações menores do que 24 horas.

Palavras-chave: coeficiente de chuva; chuva de 24 horas; chuva de “1 dia”; intensidade-duração-freqüência

ABSTRACT

Registers of rainfall, identified for every day and place, were typed in computer and processed by a program specifically developed for this project. With the programme, it was located the maximum intensities of rains for several periods of duration. Comparing the data registered for the periods of “1 day” and those obtained for a continuous period of 24 hours, with variation in the quantity of precipitation considered in the intervals of one minute, it was determined the existing correlations among them and, also, among the ones of 24 hours and those for smaller durations than 24 hours.

¹ Professor da UNICENTRO, Guarapuava/PR.

² Professores aposentados da UNESP, Jaboticabal/SP.

Key words: rain coefficient; rain of 24 hours; rain of “1 day”; intensity-duration-frequency

INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento urbano e rural, torna-se cada vez mais necessário o planejamento de sistemas de drenagem, dimensionamento de terraços, canais escoadouros e outras obras similares no campo da Engenharia e Conservação do Solo, para evitar destruição tanto na área urbana como na rural.

O conhecimento de parâmetros climáticos para o desenvolvimento de técnicas no controle de erosão, previsão de enchentes e processos de sedimentação é de capital importância.

As alturas máximas de precipitação de grande duração influenciam mais no que se refere aos assuntos ligados com volume, tais como: dimensionamentos de reservatórios, represamento de água e de terraços em nível. Também influenciam nos problemas relacionados à vazão, como nas previsões de enchentes em bacias hidrográficas. Já as alturas máximas de precipitação de pequena duração têm mais influência nas questões relacionadas à vazão, como no dimensionamento de bueiros, canais divergentes, canais escoadouros, canais de terraços em desnível e obras do gênero.

No Brasil, dados de altura de precipitação são obtidos, principalmente, com pluviômetros, que possuem pouca serventia nas atividades de defesa do meio ambiente, visto que não fornecem as variações de intensidades dentro do intervalo de leitura.

Quando se determinam chuvas máximas com dados de altura de precipitação obtidos a cada 24 horas, num horário pré-determinado, como os da rede de estação meteorológica existentes no país, são denominadas chuvas máximas de “1 dia”, isto é, altura pluviométrica observada uma vez ao dia em uma certa hora fixada pelo órgão coordenador da rede pluviométrica. Chuva máxima de 24 horas é a altura máxima de precipitação registrada durante um intervalo de 24 horas contínuas, com início em um instante qualquer. Essas últimas só podem ser detectadas através da análise de registro de pluviógrafos (OCCHIPINTI; SANTOS, 1965).

Poucas são as estações meteorológicas do país que têm pluviógrafos, onde a chuva é registrada em um pluviograma diário ou semanal, que possibilite a obtenção de informes sobre a altura e intensidade de precipitação em qualquer intervalo, tão necessários para a maioria dos projetos no campo de engenharia e agricultura.

Dada a dificuldade em se analisar um pluviograma de chuvas intensas para detectar precipitações máximas com relativa precisão, alguns pesquisadores têm utilizado o conceito de determinar chuva de 24 horas contínuas através da média da chuva de “1 dia” mais a chuva de “dois dias” consecutivos.

Com o presente trabalho pretende-se determinar os coeficientes para estimativa de chuvas de 24 horas a partir daquelas de “1 dia”, determinando-se a altura de precipitação máxima contínua em um período de 24 horas, em condições reais, através de processamento de dados.

MATERIAL E MÉTODO

Os pluviogramas utilizados para o trabalho foram aqueles existentes nas estações meteorológica da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, câmpus de Jaboticabal. Utilizaram-se dados disponíveis de 01 de janeiro de 1971 até 31 de março de 1998.

O pluviograma de cada dia que tenha ocorrido precipitação no período de registro foi analisado, individualmente, demarcando-se cada vez que a linha de registro da precipitação tenha mudado de direção, indicando ter havido variação de intensidade.

Os pares, tempo e quantidade de chuva, de cada ponto marcado no pluviograma, foram digitados em computador, devidamente identificados pela data e local do ponto de coleta. O final de cada chuva, mês ou ano, foi identificado pelo computador através de códigos numéricos digitados junto com os dados.

A linguagem Quick Basic foi utilizada para processar os dados de precipitação, sendo que o programa propicia o cálculo de alturas e intensidades máximas de chuvas, ocorridas para cada intervalo de tempo em que houve variação da inclinação da linha de registro da precipitação no pluviograma.

O programa computacional reconheceu cada um dos intervalos do pluviograma com intensidade constante, isto é, intervalo caracterizado pela variação de inclinação da linha de registro da precipitação, indicado pela leitura do código 0 (zero), calculando a quantidade de chuva por minuto em cada intervalo. O valor da precipitação de cada minuto dentro de cada intervalo foi, então, armazenado em memórias individuais, de tal forma que cada pluviograma foi dividido em 1440 pequenos intervalos de 1 minuto, ocupando um total de 1440 memórias para cada dia de registro.

Para cada uma das durações de chuvas estudadas, foi utilizado procedimento idêntico, apenas variando a quantidade de memórias utilizadas para acumular o valor total da precipitação. Este total foi armazenado e comparado com o dado anterior. Esse procedimento foi executado de minuto a minuto, em todo o intervalo de 1440 minutos, restando no final, apenas o maior valor de precipitação da duração calculada. O mesmo procedimento foi utilizado para determinar a chuva de “1 dia” e todas as de menores durações. Para determinação de chuvas contínuas de 24 horas, os dados foram organizados como sendo uma única chuva acumulada em todos os anos analisados. O programa percorreu os dados fazendo somatória de 1440 minutos, procurando o máximo a cada

variação de um minuto em todo o tempo de estudo. Para o caso de Jaboticabal, somou 6.326.702 intervalos de 1 minuto, sendo que em cada memória relativa a um minuto, era armazenado o valor da precipitação correspondente.

Os dados para avaliação das alturas máximas obtidos foram armazenados em arquivos e, posteriormente, transferidos para planilhas do Excel, onde foram determinados os valores de máximos mensais, anuais etc.

Para determinação dos coeficientes de estimativas de precipitação de diversas durações, utilizou-se a metodologia descrita pelos técnicos da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 1986), determinando-se, inicialmente, as correlações existentes entre as chuvas máximas de “1 dia” e as de 24 horas contínuas e, em seguida, as correlações entre as chuvas de 24 horas e as de demais durações.

Após a obtenção da probabilidade e período de retorno, associados a cada valor da altura pluviométrica relacionada, os valores das precipitações máximas de “1 dia” e 24 horas, para diversos períodos de retorno, foram obtidos de acordo com a teoria dos valores extremos, conforme descrito em Occhipinti e Santos (1965), utilizando-se a distribuição tipo I de Fisher - Tippet, também conhecida como distribuição de Gumbel.

Após a obtenção da probabilidade e período de retorno, associados a cada valor da altura pluviométrica, os valores das precipitações máximas, de “1 dia” e 24 horas, para diversos períodos de retorno, foram obtidos os coeficientes através de suas relações.

RESULTADOS

O Quadro 1 mostra as alturas totais anuais de precipitação para Jaboticabal. A precipitação máxima de “1 dia” para cada local, foi obtida escolhendo-se a maior precipitação dentre as alturas diárias de precipitação para cada região, isto é, escolhendo-se a maior chuva de “1 dia” descrita no item anterior.

As precipitações menores do que 24 horas (10, 8, 6, 4, 2 e 1 hora e, ainda, as de 30, 25, 20, 15, 10 e 5 minutos), foram obtidas procurando-se a máxima precipitação para intervalos contínuos de cada uma dessas durações, com o registro de cada pluviograma, isto é, no intervalo de “1 dia” das 7 horas da manhã às 7 horas da manhã do dia posterior. As alturas máximas de precipitação para diversos tempos de duração são apresentadas no Quadro 2 e as intensidades máximas, no Quadro 3.

O Quadro 2 mostra os valores das alturas máximas de precipitação para diversos tempos de duração, para cada um dos anos de registro de chuva em Jaboticabal (janeiro de 1971 a março de 1998). Em sua última linha, são mostrados os valores das alturas máximas de precipitação, para cada tempo de duração, determinados para o período de registro. O Quadro 3 mostra os valores das intensidades máximas de chuva para

diversos tempos de duração, para os mesmos anos em Jaboticabal. Na última linha deste, são mostrados os valores das intensidades máximas de chuva, para diversos tempos de duração, determinados para o período de registro.

Quadro 1. Alturas totais anuais de precipitação para as regiões de Jaboticabal – São Paulo

anos	mm	anos	mm
1971	890,4	1985	1296,6
1972	1281,5	1986	1523,9
1973	1054,1	1987	1040,0
1974	1155,1	1988	921,1
1975	1054,0	1989	1282,4
1976	1021,6	1990	980,7
1977	1353,7	1991	1258,5
1978	1387,6	1992	1259,4
1979	1211,6	1993	1614,5
1980	1331,4	1994	1005,5
1981	1228,0	1995	400,6
1982	1588,8	1996	280,4
1983	2165,3	1997	1074,0
1984	386,4	1998	461,1
Média anual			1125,3

Observando os dados de altura máxima de precipitação anual, no Quadro 2, nota-se que a altura de precipitação foi de 138,4 mm para o número de anos analisados, para duração de 24 horas (período de “1 dia”), sendo que no Quadro 3, a intensidade máxima de precipitação foi de 136,2 mm/h.

Com os dados de “1 dia”, obtidos do Quadro 2, além daqueles de 24 horas a 8 horas contínuas, obtidos com programa específico, em que a precipitação não obedece os limites da amplitude do pluviograma, obteve-se as informações do Quadro 4.

COEFICIENTES PARA OBTENÇÃO DE CHUVAS DE MENORES DURAÇÕES DO QUE 24 HORAS

Ao analisar os dados de altura máxima de precipitação anual, comparando chuvas de “1 dia” e aquelas conseguidas de períodos contínuos de 24 horas, nota-se que as alturas de precipitação em períodos contínuos, isto é, períodos que podem ultrapassar o limite de horário de pluviogramas, chegam a superar as alturas máximas de precipitação registradas dentro do período de “1 dia”, do pluviograma. Essas diferenças de alturas de precipitação são mais freqüentes quando se comparam chuvas máximas com intervalos de 24 horas. À medida que essa comparação é feita entre chuvas de menores durações,

tais como as de 18, 12, 10 e 8 horas, o número de casos com que ocorrem diferenças diminui gradativamente, como era de se esperar, visto que o pluviograma possui uma amplitude de 24 horas. Os dados de Jaboticabal (Quadro 4) mostram que, para o período de 8 horas, praticamente não houve qualquer variação entre as alturas de precipitações obtidas de um único pluviograma, ou quando se considera a continuidade da chuva, ou seja, podendo abranger mais do que um pluviograma. Em vista desse fato, foi considerado que para durações menores do que 8 horas, não há diferenças entre as alturas de chuvas obtidas no período de “1 dia” e em períodos contínuos, ultrapassando o limite de horário de um único pluviograma.

Coefficientes que permitam estimativas de alturas de precipitação com durações menores do que 24 horas, através dos dados de precipitação de “1 dia”, lidos em pluviômetro, foram obtidos através da análise dos dados apresentados no Quadro 4, para chuvas com duração igual ou maior a 8 horas e no Quadro 2, para as chuvas com duração menor do que 8 horas.

Do Quadro 4, foram utilizadas as alturas máximas de precipitação obtidas em períodos contínuos por apresentar as alturas máximas absolutas para as durações de 8, 10, 12, 18 e 24 horas. Para chuvas menores do que 8 horas de duração, foram utilizadas aquelas alturas de precipitação medidas em condições normais em um posto meteorológico, isto é, registradas dentro da amplitude de horário de um pluviograma, que no caso de Jaboticabal, é das 7 horas da manhã às 7 horas do dia seguinte.

Utilizando-se a série de alturas de chuva de 24 horas contínuas e aquelas em um pluviograma (chuvas de “1 dia”), em ordem decrescente, foram obtidos a probabilidade e o período de retorno, através da distribuição de Gumbel, conforme descrito em Occhipinti e Santos (1965) e Pinto (1995). Com as relações entre as alturas máximas de precipitação para diversos períodos de retorno, conseguidas com essas chuvas, foram obtidos os coeficientes para estimativa das chuvas de 24 horas contínuas através das chuvas de “1 dia”. Relações semelhantes foram obtidas, envolvendo-se a precipitação de 24 horas contínuas com as demais chuvas de menor duração, até 1 hora. Outras relações foram delineadas entre as alturas de chuvas de 1 hora de duração, com diversos períodos de retorno, e aquelas de 30 minutos de duração. As alturas de precipitação com durações menores, a saber: 25, 20, 15, 10 e 5 minutos, foram relacionadas com as de 30 minutos de duração. Esses dados são apresentados nos Quadros 5 e 6.

Quadro 2. Alturas máximas de precipitação anual para a região de Jaboticabal, com 28 anos de registro, para diversos tempos de duração

Ano	Tempos de duração em minutos														
	5	10	15	20	25	30	60	120	240	360	480	600	720	1080	14
1971	4,9	9,8	14,7	19,6	24,5	24,9	44,5	60,0	66,6	68,3	68,5	68,5	68,5	68,5	68,5
1972	7,7	15,3	23,0	30,7	38,3	46,0	46,1	48,6	54,0	54,3	54,3	54,3	55,9	59,2	59,2
1973	6,5	9,5	14,3	19,0	23,8	28,5	29,5	34,8	43,9	44,4	50,6	53,2	53,5	53,5	53,5
1974	10,0	10,5	12,9	14,3	16,8	17,9	20,2	27,8	37,0	37,0	38,8	46,4	54,6	58,6	59,2
1975	7,0	11,5	15,8	20,0	22,1	26,5	52,6	61,3	65,7	73,3	78,7	87,5	88,9	91,9	91,9
1976	6,2	12,5	18,7	25,0	31,2	37,4	50,0	50,2	50,5	50,9	56,8	64,2	66,1	66,6	66,6
1977	10,0	14,8	15,0	15,4	17,6	20,0	33,7	42,2	55,3	56,7	62,4	78,7	86,0	87,0	87,0
1978	8,8	12,5	18,8	25,0	25,1	25,3	45,1	68,3	73,1	73,1	73,2	73,2	73,2	74,2	80,0
1979	8,2	16,4	24,6	24,6	24,7	24,7	24,8	30,2	35,5	39,9	45,2	46,0	49,3	60,3	61,0
1980	5,7	8,5	12,8	17,0	20,2	24,2	38,4	51,4	61,0	62,2	62,2	62,2	62,2	62,2	62,2
1981	4,4	8,8	12,4	16,5	18,6	22,3	33,6	42,6	43,2	55,0	55,3	55,7	55,7	58,6	60,0
1982	6,2	9,4	14,0	18,7	19,3	21,3	34,0	40,6	65,7	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
1983	6,9	11,6	17,3	23,1	28,9	34,7	69,3	86,9	90,9	90,9	91,6	101,4	102,6	113,6	113,6
1984	5,0	7,1	10,7	14,2	17,8	21,3	28,1	29,6	33,9	38,8	41,1	41,2	41,2	48,0	48,0
1985	9,7	19,3	29,0	28,9	28,8	28,6	32,7	53,6	76,5	81,3	93,2	115,6	123,0	124,6	124,6
1986	4,7	9,4	10,4	13,9	17,3	20,8	38,1	39,0	56,0	64,3	72,9	77,8	77,8	77,8	77,8
1987	4,4	8,8	13,2	17,6	22,0	22,0	22,0	33,5	56,5	60,2	60,7	62,2	62,2	62,2	62,2
1988	3,4	6,9	10,3	13,7	17,2	20,6	30,0	40,0	40,4	49,9	64,9	68,0	70,7	72,9	72,9
1989	8,2	16,3	24,4	32,6	40,7	40,7	40,7	41,3	39,5	39,9	41,5	44,8	47,2	63,5	63,5
1990	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2	10,5	21,0	26,9	49,0	62,1	72,0	75,9	97,5	97,5	97,5
1991	3,2	6,5	9,7	12,9	16,2	19,4	28,0	30,4	38,5	43,5	51,5	53,4	54,0	61,6	61,6
1992	8,1	13,0	13,0	14,1	15,5	15,5	25,9	34,4	41,0	42,3	44,0	46,0	48,0	50,7	50,7
1993	11,4	22,7	34,0	34,2	34,2	34,2	46,0	65,2	79,8	119,7	133,7	133,7	133,7	138,4	138,4
1994	5,7	8,0	12,0	16,0	20,0	24,1	48,1	58,6	75,2	76,7	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0
1995	5,8	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	13,3	22,1	44,1	54,2	54,2	54,2	54,2	57,6	59,2
1996	7,4	14,8	22,3	29,7	35,6	35,6	35,6	38,8	40,4	54,8	54,8	63,2	66,0	66,0	66,0
1997	3,7	7,4	11,1	14,0	14,0	15,5	31,1	36,6	38,4	56,3	60,8	63,7	74,7	85,3	10,0
1998	3,9	7,8	11,8	15,7	19,6	23,5	25,1	33,5	39,0	40,3	40,3	40,6	40,6	40,6	40,6
Global	11,4	22,7	34,0	34,2	40,7	46,0	69,3	86,9	90,9	119,7	133,7	133,7	133,7	138,4	138,4

Quadro 3. Intensidades máximas de precipitação anual para a região de Jaboticabal, com 28 anos de registro, para diversos tempos de duração

Ano	Tempos de duração em minutos														
	5	10	15	20	25	30	60	120	240	360	480	600	720	1080	14
	mm/h														
1971	58,8	58,8	58,8	58,8	58,8	49,9	44,5	30,0	16,7	11,4	8,6	6,9	5,7	3,8	2,
1972	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	46,1	24,3	13,5	9,1	6,8	5,4	4,7	3,3	2,
1973	78,0	57,0	57,0	57,0	57,0	57,0	29,5	17,4	11,0	7,4	6,3	5,3	4,5	3,0	2,
1974	120,0	63,0	51,6	42,8	40,3	35,8	20,2	13,9	9,3	6,2	4,9	4,6	4,6	3,3	2,
1975	84,0	69,0	63,2	60,0	53,0	53,0	52,6	30,7	16,4	12,2	9,8	8,8	7,4	5,1	3,
1976	74,9	74,9	74,9	74,9	74,9	74,9	50,0	25,1	12,6	8,5	7,1	6,4	5,5	3,7	2,
1977	120,0	88,8	59,8	46,1	42,1	40,0	33,7	21,1	13,8	9,4	7,8	7,9	7,2	4,8	3,
1978	105,6	75,0	75,0	75,0	60,3	50,6	45,1	34,2	18,3	12,2	9,2	7,3	6,1	4,1	3,
1979	98,4	98,4	98,4	73,9	59,2	49,4	24,8	15,1	8,9	6,7	5,7	4,6	4,1	3,4	2,
1980	68,4	51,0	51,0	51,0	48,4	48,4	38,4	25,7	15,3	10,4	7,8	6,2	5,2	3,5	2,
1981	52,8	52,8	49,5	49,5	44,6	44,6	33,6	21,3	10,8	9,2	6,9	5,6	4,6	3,3	2,
1982	74,4	56,1	56,1	56,1	46,3	42,7	34,0	20,3	16,4	11,7	8,8	7,0	5,8	3,9	2,
1983	82,8	69,3	69,3	69,3	69,3	69,3	69,3	43,4	22,7	15,2	11,5	10,1	8,6	6,3	4,
1984	60,0	42,6	42,6	42,6	42,6	42,6	28,1	14,8	8,5	6,5	5,1	4,1	3,4	2,7	2,
1985	116,0	116,0	116,0	86,6	69,0	57,3	32,7	26,8	19,1	13,6	11,7	11,6	10,3	6,9	5,
1986	56,4	56,4	41,6	41,6	41,6	41,6	38,1	19,5	14,0	10,7	9,1	7,8	6,5	4,3	3,
1987	52,8	52,8	52,8	52,8	52,8	44,0	22,0	16,7	14,1	10,0	7,6	6,2	5,2	3,5	2,
1988	41,2	41,2	41,2	41,2	41,2	41,2	30,0	20,0	10,1	8,3	8,1	6,8	5,9	4,1	3,
1989	97,8	97,8	97,8	97,8	97,8	81,5	40,7	20,6	9,9	6,7	5,2	4,5	3,9	3,5	2,
1990	110,4	55,2	36,8	27,6	22,1	21,0	21,0	13,4	12,2	10,4	9,0	7,6	8,1	5,4	4,
1991	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8	28,0	15,2	9,6	7,3	6,4	5,3	4,5	3,4	2,
1992	97,5	78,0	52,0	42,3	37,2	31,0	25,9	17,2	10,3	7,1	5,5	4,6	4,0	2,8	2,
1993	136,2	136,2	136,2	102,7	82,2	68,5	46,0	32,6	20,0	20,0	16,7	13,4	11,1	7,7	5,
1994	68,4	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	29,3	18,8	12,8	9,6	7,7	6,4	4,3	3,
1995	69,0	69,0	46,0	34,5	27,6	23,0	13,3	11,0	11,0	9,0	6,8	5,4	4,5	3,2	2,
1996	89,0	89,0	89,0	89,0	85,4	71,2	35,6	19,4	10,1	9,1	6,9	6,3	5,5	3,7	2,
1997	44,2	44,2	44,2	42,0	33,6	31,1	31,1	18,3	9,6	9,4	7,6	6,4	6,2	4,7	4,
1998	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	47,0	25,1	16,8	9,8	6,7	5,0	4,1	3,4	2,3	1,
Global	136,2	136,2	136,2	102,7	97,8	92,0	69,3	43,4	22,7	20,0	16,7	13,4	11,1	7,7	5,

Quadro 4. Alturas máximas de precipitações anuais obtidas de chuvas de “1 dia” e aquelas conseguidas de períodos contínuos no pluviograma para a região de Jaboticabal

Anos	Tempos de duração em horas									
	24*	24	18*	18	12*	12	10*	10	*8	8
	-----mm-----									
1971	68,5	69,0	68,5	68,5	68,5	68,5	68,5	68,5	68,5	68,5
1972	59,9	67,9	59,2	59,2	55,9	55,9	54,3	54,3	54,3	54,3
1973	53,5	70,1	53,5	53,5	53,5	53,5	53,2	53,2	50,6	50,6
1974	59,7	59,7	58,6	58,6	54,6	54,6	46,4	46,4	38,8	38,8
1975	91,9	105,3	91,9	91,9	88,9	88,9	87,5	87,5	78,7	78,7
1976	66,6	66,6	66,6	66,6	66,1	66,1	64,2	64,2	56,8	56,8
1977	87,8	87,8	87,0	87,0	86,0	86,0	78,7	78,7	62,4	62,4
1978	80,3	80,3	74,2	74,2	73,2	73,2	73,2	73,2	73,2	73,2
1979	61,2	61,9	60,2	60,2	49,3	49,3	46,0	46,0	45,2	45,2
1980	62,2	67,6	62,2	63,8	62,2	62,2	62,2	62,2	62,2	62,2
1981	60,8	68,5	58,6	68,5	55,7	55,8	55,7	55,7	55,3	55,3
1982	70,0	76,8	70,0	75,3	70,0	70,4	70,0	70,3	70,0	70,0
1983	113,6	130,6	113,6	113,6	102,6	102,6	101,4	101,4	91,6	91,6
1984	48,0	64,4	48,0	48,0	41,2	41,2	41,2	41,2	41,1	41,1
1985	124,6	124,6	124,6	124,6	123,0	123,0	115,6	115,6	93,2	93,2
1986	77,8	79,9	77,8	77,8	77,8	77,8	77,8	77,8	72,9	72,9
1987	62,2	62,2	62,2	62,2	62,2	62,2	62,2	62,2	60,7	60,7
1988	72,9	84,2	72,9	76,9	70,7	70,7	68,0	68,0	64,9	64,9
1989	63,5	81,6	63,5	80,2	47,2	67,7	44,8	49,4	41,5	41,5
1990	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5	75,9	75,9	72,0	72,0
1991	61,8	61,8	61,6	61,6	54,0	54,0	53,4	53,4	51,5	51,5
1992	55,4	91,3	50,7	75,3	48,0	54,2	46,0	46,5	44,0	44,0
1993	138,4	144,9	138,4	141,5	133,7	133,7	133,7	133,7	133,7	133,7
1994	77,0	94,7	77,0	87,7	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0
1995	59,5	59,5	57,6	57,6	54,2	54,2	54,2	54,2	54,2	54,2
1996	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0	63,2	63,2	54,8	54,8
1997	105,8	117,2	85,3	98,4	74,7	74,7	63,7	63,7	60,8	60,8
1998	40,6	54,5	40,6	54,5	40,6	42,5	40,6	40,6	40,3	40,3
Global	138,4	144,9	138,4	141,5	133,7	133,7	133,7	133,7	133,7	133,7

Obs: *Alturas máximas obtidas dentro de “1 dia”. Alturas máximas obtidas de período contínuo.

Os dados dos Quadros 5 e 6 são os coeficientes conseguidos para a obtenção de chuvas com duração de 24 horas e as de menores durações.

Quadro 5. Coeficientes para estimativas de alturas de precipitação com duração de 24 horas a partir da de “1 dia” e das durações de 18 a 1 hora, a partir da de 24 horas contínuas, para diversos períodos de retorno para a região de Jaboticabal

Período de retorno (anos)	Relação de vários tempos de duração em horas								
	24/24*	18/24	12/24	10/24	8/24	6/24	4/24	2/24	1/24
2	1,10	0,94	0,86	0,82	0,77	0,72	0,65	0,53	0,43
5	1,08	0,94	0,88	0,84	0,79	0,73	0,65	0,55	0,45
10	1,07	0,94	0,89	0,85	0,79	0,74	0,65	0,56	0,45
15	1,07	0,94	0,89	0,86	0,80	0,74	0,65	0,57	0,46
20	1,07	0,94	0,89	0,86	0,80	0,74	0,65	0,57	0,46
25	1,07	0,94	0,89	0,86	0,80	0,74	0,66	0,57	0,46
30	1,06	0,94	0,89	0,86	0,80	0,75	0,66	0,58	0,46
35	1,06	0,94	0,90	0,86	0,80	0,75	0,66	0,58	0,46
40	1,06	0,94	0,90	0,86	0,81	0,75	0,66	0,58	0,47
45	1,06	0,94	0,90	0,86	0,81	0,75	0,66	0,58	0,47
50	1,06	0,94	0,90	0,87	0,81	0,75	0,66	0,58	0,47
60	1,06	0,94	0,90	0,87	0,81	0,75	0,66	0,58	0,47
70	1,06	0,94	0,90	0,87	0,81	0,75	0,66	0,58	0,47
80	1,06	0,94	0,90	0,87	0,81	0,75	0,66	0,58	0,47
90	1,06	0,94	0,90	0,87	0,81	0,75	0,66	0,58	0,47
100	1,06	0,94	0,90	0,87	0,81	0,75	0,66	0,58	0,47
Média	1,07	0,94	0,89	0,86	0,80	0,74	0,65	0,57	0,46

Quadro 6. Coeficientes para estimativas de alturas de precipitação com durações de 5 a 60 minutos, a partir da de 24 horas contínuas, para diversos períodos de retorno para a região de Jaboticabal

Período de retorno (anos)	Relação de vários tempos de duração em minutos					
	30/60	25/30	20/30	15/30	10/30	5/30
2	0,71	0,90	0,78	0,63	0,45	0,26
5	0,71	0,92	0,80	0,66	0,46	0,26
10	0,72	0,92	0,81	0,67	0,46	0,26
15	0,72	0,92	0,81	0,67	0,46	0,26
20	0,72	0,93	0,81	0,68	0,46	0,26
25	0,72	0,93	0,81	0,68	0,46	0,26
30	0,72	0,93	0,81	0,68	0,46	0,26
35	0,72	0,93	0,81	0,68	0,46	0,26
40	0,72	0,93	0,81	0,68	0,46	0,26
45	0,72	0,93	0,82	0,68	0,46	0,26
50	0,72	0,93	0,82	0,69	0,46	0,26
60	0,72	0,93	0,82	0,69	0,46	0,26
70	0,72	0,93	0,82	0,69	0,46	0,26
80	0,72	0,93	0,82	0,69	0,46	0,26
90	0,72	0,93	0,82	0,69	0,46	0,26
100	0,72	0,93	0,82	0,69	0,46	0,26
Média	0,72	0,93	0,81	0,68	0,46	0,26

CONCLUSÕES

Foram obtidas chuvas máximas de 24 horas contínuas, com precisão de um minuto, obtendo-se o valor de 138,5 mm para Jaboticabal.

O método de determinação computacional da altura máxima de precipitação contínua de 24 horas, para relacionar com os dados de chuva de “1 dia”, permitiu sua determinação real, com variação da ordem de minuto, sem necessidade da utilização de estimativas por outros processos.

Foram obtidos coeficientes para determinação de chuvas de diversas durações a partir da chuva de “1 dia”, para a localidade em estudo.

As chuvas de máxima intensidade de pequenas durações, normalmente não estão relacionadas com aquelas chuvas consideradas intensas (acima de 40 mm/h).

As precipitações de altas intensidades não estão correlacionadas com totais anuais ou mensais de chuvas.

Os coeficientes obtidos para determinação da altura máxima de precipitação de 24 horas e outras durações, através da precipitação de “1 dia”, foram da mesma ordem de grandeza daqueles apresentados em literatura. Entretanto, seus valores tiveram comportamento diferente para os diversos períodos de retorno, indicando que determinadas regiões possuem comportamento diferenciado quanto à precipitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CETESB. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. *Drenagem urbana: manual de projeto*. 3.ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986. 464 p.

OCCHIPINTI, A. G.; SANTOS, P. M. *Análise das máximas intensidades de chuva na cidade de São Paulo*. São Paulo: Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, 1965. 41 p.

PINTO, A. F. *Chuvas intensas no Estado de Minas Gerais: análises e modelos*. Viçosa, 1995. 87 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa.