

ESTIMATIVA DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS PROVÁVEIS COM DURAÇÃO DE 24 HORAS E DE 30 MINUTOS.

CASO DOS CERRADOS BRASILEIROS¹

EDUARDO DELGADO ASSAD², RYO MASUTOMO³ e MARIA LEONOR LOPES ASSAD⁴

RESUMO - A partir de séries históricas de precipitação pluvial com 20 anos de duração, estimou-se, utilizando as funções de distribuição de Gumbel e Weibull, a precipitação máxima diária para tempo de recorrência de cinco anos, em 100 estações localizadas nos cerrados brasileiros. Estimou-se, também, por um método indireto (Isozonas), a intensidade das chuvas para 24 horas e para 30 minutos, no período de outubro a março.

Termos para indexação: precipitação pluvial máxima, intensidade das chuvas, isozonas pluviométricas, pluviografia.

ESTIMATION OF PROBABLE MAXIMUM PRECIPITATIONS WITH 24 HOURS OR 30 MINUTES OF DURATION THE CASE OF THE BRAZILIAN CERRADOS

ABSTRACT - Daily maximum precipitation for five years of return period was evaluated by using historic series of 20 years of daily precipitation. This evaluation was performed with Gumbel and Weibull distribution function from 100 pluviometric stations of the cerrado region. The rain intensity for 24 hours and for 30 minutes was also estimated by indirect method (Isozones) for the period from October to March.

Index terms: daily maximum pluvial precipitation, rain intensity, pluviometric isozones, pluviography.

INTRODUÇÃO

As chuvas na região dos Cerrados têm como características importantes a intensidade com que pode ocorrer e a sua distribuição sazonal, concentrando-se principalmente de outubro a março. O conhecimento do fenômeno chuva quanto à quantidade, intensidade, duração e frequência, é fundamental em diversas áreas técnicas e depende das medidas feitas em estações meteorológicas e postos pluviométricos.

A rede de pluviômetros da região dos Cerra-

dos brasileiros é relativamente densa. Entretanto, tendo em vista a necessidade de séries históricas confiáveis, esta densidade fica reduzida a cerca de 120 estações, com séries de 15 a 20 anos de dados diários. Diversos estudos foram feitos sobre a distribuição da precipitação pluvial a partir de dados diários de chuvas dos cerrados. Podem ser citados os estudos de probabilidade de ocorrência de veranicos (Wolf 1977), a tentativa de regionalização de grandes padrões pluviométricos dos cerrados (Moreira 1985), a determinação da precipitação máxima provável com duração de um dia para todo estado de São Paulo (Banzato & Benicasa 1986), e as análises frequenciais de precipitação (Assad & Castro 1991).

Por outro lado, a densidade de pluviógrafos na região é baixíssima, e dispõe-se de poucos dados sobre a intensidade das chuvas. Isto tem deixado uma importante lacuna nos estudos de manejo e conservação de solos da região dos cerrados. A erosão hídrica em clima tropical é uma das importantes causas da perda da capa-

¹ Aceito para publicação em 10 de setembro de 1991

² Eng.-Agr., Dr., Agroclimatól., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Caixa Postal 70023, CEP 73301 Planaltina, DF.

³ Meteorol., Japan Weather Association, 292, Nishikicho Chiyodaku Tokyo 101, Japão.

⁴ Eng^o-Agr^o., Prof^a-Adjunta, Dep. de Engenharia Agron. Universidade de Brasília (UnB), Caixa Postal 04508, CEP 70919, Brasília, DF.

cidade produtiva de áreas agricultadas, e já há algumas décadas que trabalhos têm mostrado a alta correlação entre intensidade de chuvas e perdas de solo por erosão (Ekern 1954, Free 1960). Wischmeier & Smith (1958) mostraram, em trabalhos conduzidos nos Estados Unidos, que a energia cinética total da chuva e sua intensidade máxima em trinta minutos são os fatores que melhor se correlacionam com as perdas do solo por erosão.

O conhecimento da chuva máxima diária tem aplicação imediata no dimensionamento de barragens, nos estudos de irrigação e drenagem, no controle de enxurradas, etc.

Este trabalho tem como principal objetivo determinar a máxima precipitação pluvial diária, em cada mês compreendido no período de outubro a março, para tempos de recorrência de cinco anos, utilizando distribuições de Gumbel

e Weibul, e, a partir desses valores calculados, estimar a intensidade máxima para 30 minutos. Pretende-se, desta maneira, iniciar o preenchimento de uma grande lacuna existente hoje na região, que é a não-disponibilidade de dados pluviográficos, e com isso auxiliar nos estudos de conservação do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados pluviométricos deste estudo foram fornecidos pela Secretaria Nacional de Irrigação (SENIR) do Ministério da Agricultura, que possui parte da base de dados pluviométricos do DNAEE (Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica). Foram selecionadas 100 estações distribuídas na região dos cerrados brasileiros com um mínimo de 20 anos de observação de dados diários, conforme apresentado na Fig. 1.

Estes dados foram criticados utilizando-se o méto-

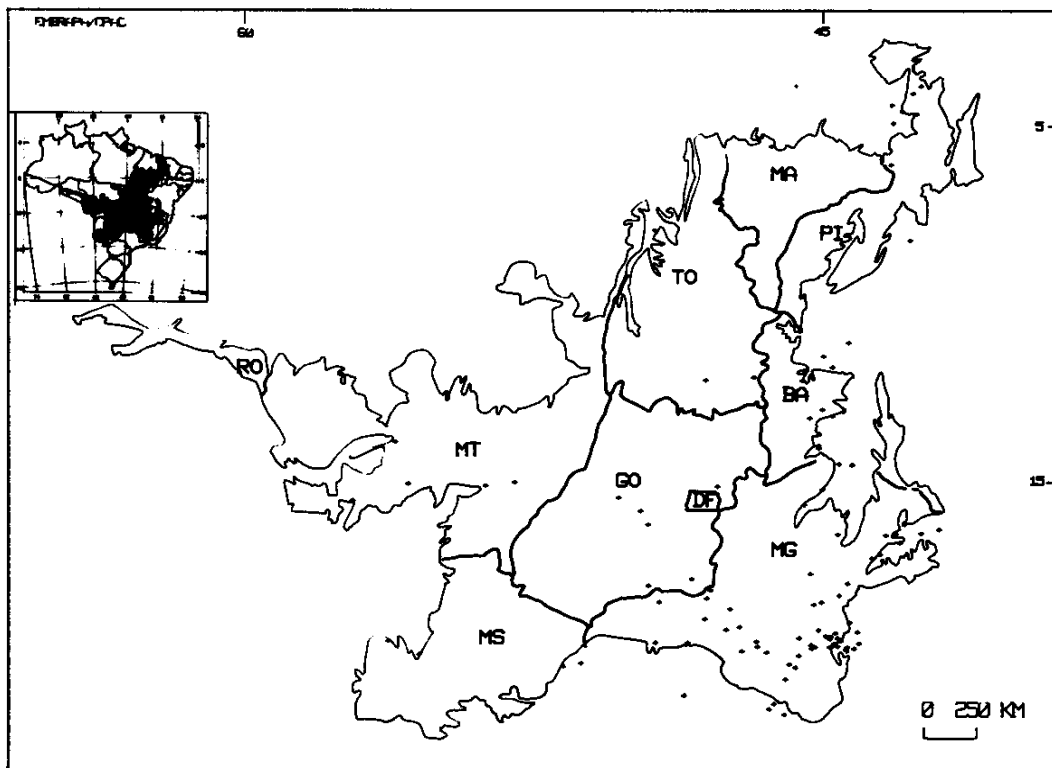


FIG. 1. Localização das estações pluviométricas analisadas.

do de vetor regional, e os anos com valores aberrantes foram eliminados. Foram considerados valores anormais de precipitação aqueles que ultrapassaram 2,5 vezes o desvio-padrão.

Uma vez criticada a série de dados, foram determinadas as máximas precipitações diárias nos anos selecionados, para os meses de outubro a março, e a partir daí, foram estabelecidos os critérios para escolha da função de distribuição. Neste estudo, foram utilizadas duas funções de distribuição, a saber: Gumbel e Weibull (esta com sete valores diferentes para a constante K). Os valores máximos diários de precipitação para diversos tempos de recorrência foram calculados utilizando o método proposto por Petruaskas & Agaard (1970). Dessa maneira, assumindo que T é um período de tempo (anos), N é um valor máximo observado em T anos, excedendo certo limite, e m é o posto em que o valor N está localizado, em ordem decrescente no período; a probabilidade de que um valor não seja ultrapassado é calculada pela equação:

$$P[V \leq X_{mN}] = 1 - \frac{m - a}{N + B}, \quad (1.1)$$

onde x_{mN} é o valor máximo dos mN máximos valores ($m=1,2,3,\dots,N$), e a e B são parâmetros das funções de distribuição de Gumbel e Weibull. No caso da função de Weibull, a maior dificuldade está na determinação dos valores de k. Na Tabela 1 são apresentados os valores de k que foram utilizados e os respectivos valores de a e B.

As funções de distribuição são calculadas da seguinte maneira:

- distribuição de Gumbel:

$$P[V \leq X] = \exp[-\exp(-\frac{X - B}{A})] \quad (1.2)$$

- distribuição de Weibull:

$$P[V \leq X] = 1 - \exp[-(\frac{X - B}{A})^k] \quad (1.3)$$

Selecionados os valores adequados de a e B, os máximos valores de $P[V \leq X]$ são convertidos para $T_v = (X - B)/A$ pelas equações:

- para a distribuição de Gumbel:

$$T_v = \ln \{-\ln [P[V \leq X]]\} \quad (1.4)$$

- para a distribuição de Weibull:

$$1/k$$

TABELA 1. Parâmetros utilizados na determinação da probabilidade de ocorrência de chuvas máximas diárias.

Função tipo (F)	Distribuição	a	B
1	GUMBEL	0,44	0,12
2	WEIBULL (k=0.75)	0,54	0,64
3	WEIBULL (k=0.85)	0,51	0,59
4	WEIBULL (k=1.00)	0,48	0,53
5	WEIBULL (k=1.10)	0,46	0,50
6	WEIBULL (k=1.25)	0,44	0,47
7	WEIBULL (k=1.50)	0,42	0,42
8	WEIBULL (k=2.00)	0,39	0,37

$$T_v = [-\ln \{-\ln P[V \leq X]\}] \quad (1.5)$$

Assumindo que existe uma relação linear entre X e T_v , os valores estimados de A e B podem ser obtidos por:

$$X = \hat{A} T_v + \hat{B} \quad (1.6)$$

O critério determinado para escolha da melhor função de distribuição é baseado no coeficiente de correlação. O cálculo é feito para cada tipo de função, e para cada mês é escolhida a função em que se obtive o melhor coeficiente de correlação.

O tempo de recorrência T e o máximo valor estimado R_p estão relacionados com $P[V \leq X]$ pela equação:

$$R_p = \frac{T}{N} \frac{1}{1 - P[V \leq X]} \quad (1.7)$$

Neste trabalho serão apresentados somente os valores extremos calculados para tempo de recorrência de cinco anos, uma vez que as estruturas utilizadas em conservação do solo têm uma vida útil média de cinco anos. Foram calculados os valores extremos para tempos de recorrência de 5, 10, 15, 20, 25, 50 e 100 anos.

Após a determinação dos valores extremos, utilizando método proposto por Torrico (1975), foram calculadas as chuvas máximas para 24 horas, para uma hora e para trinta minutos. Torrico (1975), baseado no trabalho de Pfafstetter (1957), construiu um mapa de Isozonas, apresentado na Fig. 2, relacionado às alturas de precipitação máxima anual de uma hora, com a máxima anual de 24 horas para cada posto pluviográfico existente no Brasil naquela época.

Para correlacionar as precipitações das estações

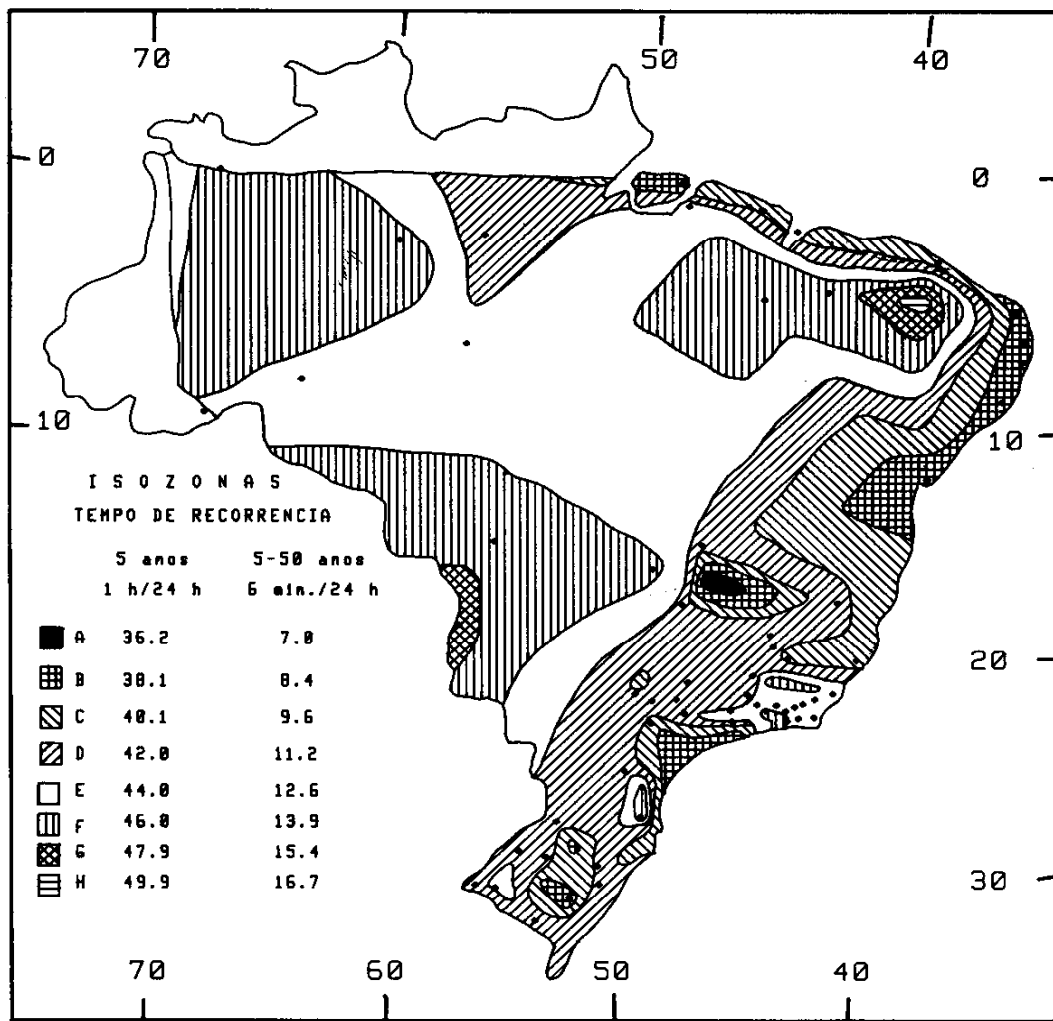


FIG. 2. Mapa das Isozonas elaborado por Torricco (1975).

pluviométricas com as Isozonas, determinou-se a relação 24 horas/um dia, para tempo de recorrência base de um ano. O coeficiente encontrado é de 1,10, com desvio-padrão de $\pm 6.6\%$.

Segundo Torricco (1975), "o tempo de recorrência nesta relação não tem influência, porque a precipitação média de um dia equivale a uma duração de quinze horas e 50 minutos para tempo de recorrência de um ano, e a 16 horas e 10 minutos para 1000 anos, ou seja, somente 0,1% de influência nas alturas de precipitação".

Resumindo, identifica-se, na Fig. 2, a Isozona correspondente à estação, e obtém-se o coeficiente para transformação da chuva máxima de 24 horas em chuva de seis e sessenta minutos. Por interpolação no papel de probabilidades, obtém-se a chuva máxima para intervalos de tempos entre seis minutos e 24 horas. Para o presente trabalho, estimou-se apenas a chuva máxima em seis minutos, em 30 minutos, e em uma hora, para tempo de recorrência de cinco anos. Entretanto, havendo necessidade dos valores de precipitação máxima para 30 minutos ou outro intervalo en-

tre seis minutos e 24 horas, para diferentes tempos de recorrência, estes podem ser facilmente calculados, uma vez que a precipitação máxima para diversos tempos de recorrência está disponível.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Calculados os valores da precipitação máxima diária pelas funções de Gumbel ou Weibull, e determinadas as precipitações para 30 minutos pelo método das Isozonas, os resultados são apresentados nas Tabelas 2 e 3. Na Tabela 2,

para cada mês do período escolhido (outubro a março), são apresentadas a precipitação máxima (PL), para tempo de recorrência de cinco anos, o desvio-padrão (σ), calculado para intervalo de confiança de 95%, e a função que apresentou melhor coeficiente de correlação para determinação da precipitação máxima diária (F). Na Tabela 1 são apresentadas as funções e os coeficientes utilizados.

Para todos os casos, os coeficientes de correlação encontrados foram superiores a 0,92. Os coeficientes mais baixos (0,92 e 0,93), foram ob-

TABELA 2. Precipitação máxima diária (PL) estimada para período de retorno de 5 anos, por 8 funções diferentes (F). (σ é o desvio-padrão estimado para intervalo de confiança de 95%).

ESTAÇÃO	LATIT	LONGI	UF	OUTUBRO			NOVEMBRO			DEZEMBRO			JANEIRO			FEVEREIRO			MARÇO			ANUAL		
				PL	σ	F	PL	σ	F	PL	σ	F	PL	σ	F	PL	σ	F	PL	σ	F	PL	σ	F
ABADIA DOS DOURADOS	18 29 47	24 MG		52.3	6.2	8	69.6	7.3	8	73.3	5.4	7	75.8	6.2	8	68.7	5.8	8	54.4	5.7	8	94.5	9.8	8
AMARANTE	06 15 42	51 PI		48.9	6.6	7	47.6	6.7	6	63.8	14.8	3	62.3	5.4	1	71.8	10.1	8	82.0	11.8	7	108.9	12.9	8
ANJIDAUAMA	20 28 55	48 MS		64.7	13.8	1	68.5	11.6	1	67.2	8.8	1	66.1	9.8	8	67.9	16.5	8	65.0	8.6	8	94.1	7.3	6
ARAÇUAÍ	16 52 42	05 MG		40.3	4.8	8	38.4	4.8	8	62.4	16.2	2	71.3	10.3	8	80.4	8.1	1	63.8	8.0	8	66.0	7.1	1
ARAXÁ-DONNET	19 35 46	54 MG		66.1	9.6	8	62.4	16.2	2	71.3	10.3	8	80.4	8.1	1	63.8	8.0	8	66.0	7.1	1	99.4	7.5	1
BANBUÍ	20 01 45	58 MG		51.4	4.7	8	64.3	14.4	3	67.0	5.6	1	71.5	7.2	7	52.9	8.4	8	60.4	7.8	3	100.4	9.3	7
BARRAS	04 15 42	18 PI		16.9	4.0	6	32.6	3.7	1	60.9	11.0	4	80.9	9.5	1	83.3	13.0	8	85.8	14.7	4	113.2	14.5	1
BARREIRAS	12 09 44	59 BA		38.4	5.1	7	74.7	10.1	8	69.8	7.3	1	64.3	8.5	8	67.2	10.0	5	54.5	8.8	4	100.1	8.6	8
BARREIRAS	12 09 44	59 BA		39.6	6.6	7	66.7	11.6	8	70.0	9.3	1	60.1	6.3	5	65.7	11.2	4	59.3	8.8	4	107.5	13.8	8
BATALHA	04 02 42	05 PI		17.9	10.8	2	31.6	8.0	7	71.5	12.6	8	75.4	15.4	4	80.1	13.7	1	73.3	15.1	4	113.1	15.0	8
BOQUEIRÃO	11 20 43	51 BA		38.3	6.5	7	70.1	12.0	8	67.8	9.5	8	68.4	11.2	1	60.5	8.2	8	63.0	8.0	8	93.3	8.7	1
CÁCERES	16 04 57	41 MT		59.8	10.8	1	61.5	9.6	8	68.4	6.7	6	66.8	11.7	8	75.9	8.2	7	62.0	5.3	1	96.5	7.8	8
CAETÉ	19 53 43	40 MG		51.2	6.5	1	73.4	9.0	1	75.6	14.9	8	67.5	14.5	4	64.5	22.4	2	57.4	7.0	1	105.8	19.2	4
CAIXA DE AREIA	19 37 43	55 MG		55.2	5.2	8	72.6	16.6	4	85.0	9.0	7	76.0	11.4	1	84.9	13.9	7	68.8	7.8	8	116.0	19.9	8
CAMPO MAIOR	04 49 42	11 PI		21.4	3.2	6	43.3	14.5	7	59.4	12.0	6	70.9	11.4	8	65.1	11.7	8	71.8	9.8	8	85.7	12.0	3
CARMO DO CAJURU	20 12 44	46 MG		59.5	8.9	8	76.0	8.6	8	66.9	5.3	8	79.5	13.4	1	82.7	4.4	8	60.1	10.9	1	94.9	6.5	1
CARMO DA MATA	20 33 44	51 MG		54.0	7.4	1	69.9	11.5	8	76.9	9.5	8	77.8	14.1	6	61.3	9.9	8	54.5	7.3	8	97.9	8.0	1
CARMO DO PARAMAÍBA	18 59 46	49 MG		56.6	8.9	4	58.3	7.6	1	69.0	8.0	7	73.8	8.5	5	59.8	9.7	6	51.8	6.6	8	95.3	8.6	1
CAROLINA	07 20 47	28 MA		48.3	7.2	7	68.5	13.4	8	69.2	10.1	8	62.1	11.0	8	69.3	9.5	8	84.6	9.4	8	100.8	16.3	8
CATALÃO	18 11 47	57 GO		66.6	13.8	8	66.3	5.9	1	74.9	7.1	1	84.8	7.4	8	60.2	8.0	5	66.9	7.7	8	97.4	4.0	1
COLÔNIA HERURI	15 33 53	05 MT		60.2	9.1	1	66.2	6.3	6	67.5	5.0	1	73.6	11.8	1	66.5	6.3	1	65.7	4.7	8	91.4	4.9	8
CONCEIÇÃO DO ARAGUAÍ	16 49 17	PA		64.1	12.2	1	63.1	13.5	8	68.7	10.2	8	70.5	8.0	8	69.0	6.1	8	72.5	12.4	1	93.6	6.5	7
CONCEIÇÃO RIO VERDE	21 24 45	05 MG		63.4	9.4	1	63.7	9.6	8	69.1	4.8	7	65.2	8.9	1	68.9	25.1	2	58.5	9.4	1	96.2	25.6	2
CORONEL MURTA	16 38 42	13 MG		53.4	9.9	8	67.7	7.0	7	69.3	10.1	7	64.1	11.9	8	52.3	11.6	5	52.4	6.2	8	94.0	10.1	8
COTEGIPE	12 02 44	15 BA		54.4	10.7	7	87.7	10.7	1	84.9	12.5	8	81.4	10.6	3	74.0	16.9	5	76.0	13.6	8	124.7	16.9	1
CUIABÁ	15 36 56	06 MT		62.0	7.5	8	63.9	8.0	1	72.1	9.1	7	63.6	11.2	4	67.1	6.5	5	70.3	8.3	7	105.0	7.1	1
CURVELO	18 45 46	26 MG		52.8	6.8	8	59.9	5.5	8	78.3	13.2	7	71.2	11.7	8	51.0	6.0	8	56.9	11.0	8	92.8	7.5	7
DIAMANTINO	14 24 56	27 MT		66.7	6.0	6	90.6	6.8	8	75.6	6.1	8	80.0	10.7	5	67.4	9.6	1	70.7	6.2	6	114.2	7.9	3
FAZENDA AJUDAS	20 10 46	25 MG		48.4	8.6	8	60.8	5.8	8	68.3	10.7	8	59.4	9.3	8	48.7	8.8	1	52.8	11.0	8	81.9	4.2	8
F.ESCOLA FLORESTAL	19 53 44	26 MG		48.1	9.8	8	63.9	7.7	8	64.9	9.5	8	66.5	9.7	3	68.0	16.2	1	62.4	6.1	6	88.9	12.7	3
FAZ. PORTO ALEGRE	14 15 44	33 BA		44.7	7.7	8	64.5	8.7	7	72.0	7.0	1	66.7	8.5	6	59.0	7.4	6	59.9	15.7	4	96.6	4.8	7
FORHOSA	15 32 47	20 GO		53.4	10.5	4	72.0	12.1	8	65.9	7.6	6	71.3	7.1	6	60.2	6.2	1	61.2	8.3	1	91.1	13.6	8
FORHOSA DO RIO PRETO	11 03 45	12 BA		41.4	4.8	7	61.8	6.1	8	70.5	6.3	8	55.9	6.1	7	67.3	12.2	8	47.4	4.2	8	85.2	9.0	8
FRUTAL	20 02 48	56 MG		41.0	5.2	8	65.8	10.3	8	60.4	5.6	1	71.4	11.0	7	58.3	10.1	8	60.1	7.2	7	91.1	16.2	8
GOIÂNIA	16 41 49	16 GO		65.1	9.2	7	61.8	9.0	8	76.8	13.4	4	69.4	6.6	4	65.3	7.3	1	65.9	7.2	8	99.8	6.4	6
GOIÁS	15 56 50	08 GO		58.8	20.1	2	72.3	11.5	5	73.1	6.0	8	83.9	9.9	8	63.7	9.7	1	65.3	7.7	4	106.3	11.1	4
GOUVEA	18 27 43	43 MG		54.3	4.4	8	60.9	12.2	4	63.7	7.8	6	78.2	12.3	7	56.7	7.4	1	59.7	5.5	8	100.6	6.3	8
GRAJÁ	05 49 46	48 MA		36.6	5.9	7	40.6	7.9	8	53.5	5.0	8	52.0	9.1	8	55.8	9.9	8	64.4	5.8	8	71.2	6.5	1
GUATACURUS	20 05 56	42 MS		63.5	9.0	8	81.2	14.6	8	82.3	12.3	8	83.6	10.9	8	90.6	11.1	8	76.4	14.8	6	119.3	9.5	5
IBIÁ	19 29 46	31 MG		56.6	7.3	4	57.3	6.0	8	68.5	7.4	1	75.6	13.7	3	57.5	21.2	2	56.6	5.7	8	99.1	12.0	3

TABELA 2. Continuação

ESTAÇÃO	LATIT	LONGE	UF	OUTUBRO			NOVEMBRO			DEZEMBRO			JANEIRO			FEVEREIRO			MARÇO			ANUAL		
				PL	dP	F	PL	dP	F	PL	dP	F	PL	dP	F	PL	dP	F	PL	dP	F	PL	dP	F
IGUATAMA	20 10 45	42	MG	42.4	4.7	8	55.6	12.0	1	63.7	3.3	8	69.0	8.6	8	57.0	9.5	2	54.1	5.0	5	90.9	11.3	4
INHUMAS	16 18 49	30	GO	61.7	4.2	8	58.0	5.8	8	54.3	13.0	2	64.4	7.6	8	61.1	6.1	7	68.7	10.2	8	94.0	10.5	1
INST. AGRONÔMICO	19 35 43	54	MG	55.5	7.1	8	64.1	7.2	8	70.9	6.8	8	82.5	6.4	8	72.1	6.2	7	61.4	10.1	8	94.4	6.5	5
ITAMARANDIBA	17 21 42	51	MG	50.9	5.6	8	64.8	9.6	8	62.3	9.0	1	70.8	6.4	8	68.7	19.8	1	54.3	9.8	8	86.4	10.4	2
ITAUBIM	16 34 41	30	MG	58.8	8.1	8	60.6	6.6	5	53.1	8.2	4	59.0	8.6	8	37.4	6.6	4	49.1	13.5	8	84.4	9.5	8
ITUMBARA	18 25 49	12	GO	53.8	7.0	4	56.3	10.1	8	66.7	8.0	8	72.0	19.1	8	67.3	13.8	8	57.2	8.3	8	90.1	24.0	8
JABOTICABAS	19 31 43	45	MG	56.0	4.5	7	67.2	10.1	7	75.6	8.8	8	67.7	9.7	8	56.3	9.1	7	54.1	12.7	5	91.0	9.7	8
JAGUARUNA-JUSANTE	19 43 44	40	MG	47.0	5.5	1	68.0	8.9	8	72.4	5.9	8	71.1	10.3	8	57.5	7.9	7	55.3	8.9	8	89.2	6.7	8
JANUÁRIA	15 29 44	22	MG	39.6	12.2	7	55.9	9.3	8	65.5	6.8	1	52.4	9.8	8	47.6	6.0	8	44.7	7.9	8	72.8	10.2	1
JEUQUITINHONHA	16 26 44	00	MG	50.0	8.0	7	71.4	6.8	1	65.7	13.7	5	56.0	11.4	8	51.2	7.9	4	52.6	11.2	4	97.7	10.1	8
JOSÉ DE FREITAS	04 05 42	35	PI	17.3	12.1	2	42.9	6.1	7	57.3	6.2	8	70.7	8.2	8	70.6	7.6	1	79.3	7.2	8	91.6	5.0	8
JOSÉ DE MELO	19 43 43	35	MG	44.1	3.6	1	68.9	8.5	8	72.4	8.4	1	72.4	8.1	8	59.2	6.7	5	66.5	9.9	8	91.4	6.7	8
JUPIÁ	20 47 51	37	MS	51.3	6.9	7	50.6	6.9	8	65.6	10.1	7	82.9	14.8	8	73.3	10.7	1	63.0	10.4	7	101.9	14.0	8
LAGOA SANTA	19 37 43	53	MG	56.1	7.0	5	59.8	5.7	8	77.1	6.0	7	79.4	10.8	1	61.0	9.0	1	58.4	12.0	8	95.4	7.9	1
LAMOUNIER	20 28 45	02	MG	49.4	9.9	8	69.7	8.5	8	76.8	9.2	8	79.5	9.9	5	59.7	9.6	1	62.6	7.5	8	100.9	4.7	5
LASSANCE	17 53 44	35	MG	46.3	6.7	8	71.5	8.0	1	63.5	8.0	8	64.0	11.7	1	51.9	6.1	7	57.6	6.2	7	88.5	5.9	7
LUSSANVIRA	20 41 51	04	SP	53.8	5.8	8	60.4	5.8	1	62.5	8.6	5	71.8	11.1	5	57.7	4.4	1	51.6	5.7	1	89.7	7.6	1
MANGÁ	14 45 43	57	MG	40.1	5.0	8	65.4	12.9	6	59.4	11.1	8	61.7	9.8	8	53.0	6.0	8	52.2	7.8	8	82.4	5.9	8
MATEUS LEME	19 59 44	25	MG	56.7	10.0	8	64.1	8.8	8	79.5	9.9	6	72.0	9.0	1	61.7	10.0	6	70.7	9.3	7	106.1	11.6	8
MENDESSA-MONTANTE	18 06 43	30	MG	49.7	4.1	7	72.4	15.4	4	84.2	7.2	6	86.9	10.2	1	67.8	6.0	1	61.8	17.0	2	115.2	8.9	5
NINAS NOVAS	17 14 44	30	BA	45.7	7.4	8	72.8	8.1	1	60.4	10.2	8	57.6	42.7	4	42.7	5.9	8	45.6	13.1	2	92.6	10.3	5
NOCAHO	13 14 44	30	BA	23.3	6.7	4	31.6	7.5	1	45.6	6.5	4	26.5	5.3	4	26.5	7.5	4	44.4	7.6	6	61.3	10.4	8
MONSEÑOR PAULO	21 46 45	32	MG	49.6	5.0	5	58.3	7.0	1	65.3	7.9	8	69.1	6.8	8	57.7	7.9	8	52.6	9.7	1	87.5	8.9	8
MONT. AL. DE NINAS	18 52 48	52	MG	55.7	4.3	8	60.9	4.5	5	64.8	12.4	3	87.3	24.0	2	55.4	9.5	1	67.7	6.0	8	106.5	20.9	2
MONTE CARMELO	18 43 47	30	MG	58.5	6.7	8	65.7	7.6	8	67.7	10.8	1	86.0	9.0	6	64.1	10.4	5	52.1	10.0	1	106.7	8.4	7
MONTES CLAROS	16 44 43	52	MG	45.7	9.8	1	82.2	17.6	4	96.0	15.6	8	97.2	19.3	7	80.1	18.7	4	60.7	12.4	6	134.1	14.6	7
MORRO DO PILAR	19 12 43	22	MG	62.3	7.3	8	81.2	14.7	8	87.8	12.9	8	76.9	10.0	5	69.0	6.7	8	73.6	36.2	2	111.6	24.5	2
NOVA EBA	19 46 43	03	MG	44.3	5.7	1	57.5	6.0	7	71.0	7.5	1	67.4	10.3	1	46.0	7.0	8	54.5	11.5	1	81.5	8.0	5
PARANÁ	12 31 47	46	GO	56.5	14.6	8	60.9	15.3	8	62.6	7.9	8	55.2	8.3	8	60.6	8.2	8	56.2	7.3	1	79.7	9.0	8
PEDRO LEOPOLDO	19 37 44	02	MG	56.0	7.1	5	70.8	8.3	6	78.1	10.2	1	62.7	7.5	8	55.9	8.4	8	49.2	6.3	8	94.6	7.7	6
PONTE DO LICÍNIO	18 40 44	13	MG	48.5	4.2	7	59.0	10.9	8	72.5	13.3	1	59.6	9.3	5	54.1	5.7	8	61.6	14.8	6	95.6	6.3	1
PONTE GUATAPARA	21 30 48	02	SP	58.0	7.5	6	51.1	5.2	8	73.3	14.1	1	66.3	14.8	6	69.1	9.6	8	54.0	7.9	1	96.2	8.4	1
PORTO MANDACARU	16 41 42	30	MG	45.5	3.7	7	61.3	8.6	5	60.4	5.8	1	60.2	10.5	7	47.3	6.0	6	58.6	10.9	6	90.8	8.7	8
PONTE NOVA DO PARAPUÍ	19 56 44	19	MG	52.5	7.3	7	66.3	7.9	5	63.6	4.5	1	80.9	15.5	1	61.3	7.0	1	61.6	7.6	8	94.9	10.5	5
PORTO NOVO	13 16 43	45	BA	43.6	6.1	8	62.8	12.6	8	71.5	7.5	8	59.7	15.1	2	55.9	7.1	8	62.8	7.2	6	92.4	9.7	2
QUEIMADAS	14 46 43	53	MG	35.7	6.0	3	57.5	8.4	8	67.6	10.2	8	62.3	12.5	8	56.1	9.2	7	66.7	18.5	4	93.3	20.6	1
BIO PIRACICABA	19 35 43	11	MG	48.0	12.1	2	61.9	14.3	8	60.9	8.0	8	74.6	13.6	5	47.6	6.2	8	53.0	6.6	1	93.4	19.9	1
SABARÁ	19 55 43	49	MG	49.1	4.3	8	65.2	9.8	8	75.8	3.7	1	67.5	14.2	1	62.7	6.0	8	55.3	9.4	8	87.8	6.5	5
SANGRADOURO	15 39 53	54	MT	60.3	8.4	8	77.1	9.7	8	72.6	8.6	7	72.7	12.3	2	71.6	12.3	5	76.0	9.6	8	106.8	13.4	1
SANTA BARBARA	19 58 43	24	MG	51.9	4.7	1	63.5	9.6	8	64.4	12.2	8	86.7	10.8	8	63.6	7.0	1	56.3	5.8	1	100.5	17.0	8
SANTA JULIANA	19 10 47	32	MG	61.9	9.6	8	60.6	6.3	1	69.3	7.5	8	72.4	16.1	1	64.8	8.3	1	55.6	4.5	7	92.3	8.6	1
STA. MARIA VITÓRIA	13 24 44	12	BA	39.3	6.7	1	74.7	11.8	8	75.0	11.1	5	52.5	5.2	8	58.1	6.5	5	53.4	7.0	7	98.5	10.1	1
STA. MARIA ITABIRA	19 27 43	07	MG	53.4	10.6	8	82.2	12.0	8	72.7	6.7	8	75.0	9.6	8	59.6	7.7	7	52.9	7.6	1	96.7	7.6	8
SANTANA DO JACARÉ	20 54 45	07	MG	43.7	12.5	4	56.5	7.3	1	63.6	13.9	1	64.4	8.7	8	47.1	8.1	8	47.5	8.8	8	90.1	14.5	8
SÃO FRANCISCO	15 57 44	52	MG	54.5	8.9	8	60.7	9.4	8	68.8	14.0	1	74.4	6.9	5	62.7	8.9	8	71.5	14.2	1	97.4	8.7	5
SÃO GONÇALO	14 20 44	32	MG	28.8	9.2	4	60.5	15.4	1	56.7	7.8	1	56.1	7.4	1	52.2	8.1	6	48.3	6.3	8	94.7	15.1	8
SÃO JOÃO DO PIAUÍ	08 02 42	15	PI	22.3	2.7	8	65.4	8.2	8	52.0	6.4	7	64.6	29.9	2	62.5	15.7	1	64.4	13.1	8	92.2	23.5	2
SÃO MANUEL	13 30 44	50	BA	35.4	5.7	4	58.8	9.7	8	65.5	13.8	8	64.8	13.4	7	58.6	10.1	8	57.8	6.0	7	83.5	7.2	8
SETE LAGOAS	19 28 44	15	MG	46.7	6.2	1	67.2	7.8	8	71.4	7.3	8	80.9	8.6	1	77.0	9.2	1	50.5	6.0	8	106.8	16.7	1
SÍTIO GRANDE	12 26 45	05	BA	53.5	6.2	8	63.2	26.4	2	69.7	8.1	8	69.1	7.0	5	65.3	14.2	1	56.3	8.7	7	93.0	13.7	2
TAQUA-CAMPO LARGO	11 44 43	31	BA	45.5	4.7	8	93.3	13.8	1	70.4	11.3	8	55.6	10.4	8	62.4	10.1	3	57.8	7.3	8	108.8	8.8	6

servados nos meses de outubro e março, ou seja, início e fim da estação das chuvas, período no qual às médias mensais são associados coeficientes de variação. Nos meses de novembro a fevereiro, o coeficiente de correlação aumenta,

sendo, na maioria dos casos, superior a 0,95.

Analisando-se a Tabela 2, observa-se que 17% das chuvas máximas de maior valor absoluto ocorrem em novembro, 35% em dezembro, 32% em janeiro, 5% em fevereiro, e 12% em

TABELA 3. Precipitação máxima em mm para 30 minutos. Tempo de recorrência de 5 anos.

ESTAÇÃO	LATIT	LONGI	UF	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ANUAL	
ABADIA DOS DOURADOS	18	29	47 24	MG	18	24	26	28	23	19	32
AMARANTE	06	15	42 51	PI	19	19	24	24	27	31	43
AQUIDAUANA	20	28	55 48	MS	24	26	26	25	26	24	33
ARAÇUAÍ	16	52	42 05	MG	13	23	21	18	15	19	29
ARAXÁ-DNMET	19	35	46 54	MG	23	21	24	28	21	23	33
BAMBUI	20	01	45 58	MG	17	22	23	25	19	20	35
BARRAS	04	15	42 18	PI	05	11	20	28	22	29	39
BARREIRAS	12	09	44 59	BA	11	25	24	23	23	18	37
BARREIRAS	12	09	44 59	BA	13	24	25	20	23	21	38
BATALHA	04	02	42 05	PI	07	10	25	27	29	26	49
BOQUEIRÃO	11	20	43 51	BA	11	24	23	23	19	20	31
CÁCERES	16	04	57 41	MT	23	24	26	25	29	24	37
CAETE	19	53	43 40	MG	17	25	26	23	23	20	37
CAIXA DE AREIA	19	37	43 55	MG	19	25	29	26	29	23	41
CAMPO MAIOR	04	49	42 11	PI	09	19	23	29	25	29	33
CARMO DO CAJURU	20	12	44 46	MG	17	23	25	25	20	18	32
CARMO DA MATA	20	33	44 51	MG	19	28	24	29	18	19	33
CARMO DO PARANAÍBA	18	59	46 49	MG	20	20	23	26	20	17	33
CAROLINA	07	20	47 28	MA	19	27	27	22	27	33	41
CATALÃO	18	11	47 57	GO	22	22	25	28	20	22	30
COLÔNIA MERURI	15	33	53 05	MT	23	25	26	28	25	25	35
CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA	08	16	49 17	PA	24	23	25	26	25	27	34
CONCEIÇÃO RIO VERDE	21	24	45 05	MG	22	22	24	23	24	20	32
CORONEL MURTA	16	38	42 13	MG	17	23	23	21	17	17	30
COTEGIPE	12	02	44 15	BA	19	30	29	27	26	26	43
CUIABA	15	36	56 06	MT	24	24	28	25	26	30	42
CURVELO	18	45	46 26	MG	18	20	27	24	17	20	32
DIAMANTINO	14	24	56 27	MT	25	33	29	31	26	30	44
FAZENDA AJUDAS	20	10	46 25	MG	17	20	23	20	17	18	28
F. ESCOLA FLORESTAL	19	53	44 26	MG	17	22	23	23	24	21	30
FAZ. PORTO ALEGRE	14	15	44 33	BA	15	22	25	24	21	21	38
FORMOSA	15	32	47 20	GO	18	25	23	24	20	21	32
FORMOSA DO RIO PRETO	11	03	45 12	BA	14	22	25	21	24	17	31
FRUTAL	20	02	48 56	MG	15	23	20	24	20	20	32
GOIÂNIA	16	41	49 16	GO	24	23	28	25	24	24	36
GOIÁS	15	56	50 08	GO	21	26	26	30	23	24	39
GOUVEA	18	27	43 43	MG	19	23	22	27	20	20	35
GRAJAU	05	49	46 48	MA	14	19	21	20	22	25	28
GUAICURUS	20	05	56 42	MS	25	31	31	32	35	29	45
IBIÁ	19	29	46 31	MG	20	20	23	26	20	20	35
IGUATAMA	20	10	45 42	MG	14	19	22	23	20	18	31
INHUMAS	16	18	49 30	GO	22	21	20	24	22	25	36
INST. AGRONÔMICO	19	55	43 54	MG	18	20	25	27	23	20	30
ITAMARANDIBA	17	21	42 51	MG	17	22	21	24	24	19	29
ITAOMBIM	16	34	41 30	MG	19	19	17	19	12	16	28
ITUMBIARA	18	25	49 12	GO	20	21	24	27	24	20	33
JABOTICABAS	19	31	43 45	MG	19	23	26	23	20	18	32
JAGUARUNA-JUSANTE	19	43	44 28	MG	16	23	25	24	20	19	30
JANUÁRIA	15	29	44 22	MG	13	18	21	17	15	15	24
JEQUITINHONHA	16	26	44 00	MG	17	24	22	19	17	18	34

TABELA 3. Continuação

ESTAÇÃO	LATIT	LONGI	UF	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ANUAL
JOSÉ DE FREITAS	04 45 42 35	PI	06	15	20	26	26	29	35	
JOSÉ DE MELO	19 43 43 35	MG	15	23	25	25	20	23	31	
JUPIÁ	20 47 51 37	MS	17	17	23	28	25	21	35	
LAGOA SANTA	19 37 43 53	MG	20	21	24	27	24	20	33	
LANOUNIER	20 28 45 02	MG	17	24	26	26	20	21	34	
LASSANCE	17 53 44 35	MG	15	25	21	21	17	19	30	
LUSSANVIRA	20 41 51 06	SP	18	20	21	25	20	17	31	
MANGA	14 45 43 57	MG	13	22	20	20	17	17	27	
MATEUS LEME	19 59 44 25	MG	20	22	27	25	21	24	37	
MENDANHA-MONTANTE	18 06 43 30	MG	16	23	28	28	21	20	38	
MINAS NOVAS	17 14 44 30	MG	16	25	20	20	15	16	32	
MOCAMBO	13 14 44 30	BA	07	10	15	08	08	16	20	
MONSENHOR PAULO	21 46 45 32	MG	17	20	23	23	20	18	30	
MONTE AL. DE MINAS	18 52 48 52	MG	19	20	22	30	19	23	37	
MONTE CARMELO	18 43 47 30	MG	19	21	23	28	21	16	35	
MONTES CLAROS	16 44 43 52	MG	16	28	33	33	28	21	47	
MORRO DO PILAR	19 12 43 22	MG	21	28	30	26	23	26	39	
NOVA ERA	19 46 43 03	MG	15	20	24	23	16	19	28	
PARANÁ	12 31 47 46	GO	21	22	23	20	22	20	29	
PEDRO LEOPOLDO	19 37 44 02	MG	20	25	28	22	20	17	37	
PONTE DO LICÍNIO	18 40 44 13	MG	16	19	23	19	17	19	32	
PONTE GUATAPARÁ	21 30 48 02	SP	20	17	25	23	23	18	33	
PORTO MANDACARU	16 41 42 30	MG	18	22	21	28	21	19	33	
PONTE NOVA DO PARAOP	19 56 44 19	MG	15	20	19	19	15	19	30	
PORTO NOVO	13 16 43 45	BA	15	21	24	20	19	21	30	
QUEIMADAS	14 46 43 53	MG	12	19	23	20	19	22	30	
RIO PIRACICABA	19 55 43 11	MG	17	21	21	26	16	18	33	
SABARÁ	19 55 43 49	MG	16	21	25	21	20	18	28	
SANGRAODOURO	15 39 53 54	MT	23	30	27	27	26	29	42	
SANTA BÁRBARA	19 58 43 24	MG	16	21	22	28	21	18	32	
SANTA JULIANA	19 18 47 32	MG	21	21	24	25	23	19	32	
STA. MARIA VITÓRIA	13 24 44 12	BA	13	24	25	17	19	17	32	
STA. MARIA ITABIRA	19 27 43 07	MG	18	28	25	26	20	18	33	
SANTANA DO JACARÉ	20 54 45 07	MG	15	19	21	22	17	17	30	
SÃO FRANCISCO	15 57 44 52	MG	19	20	23	26	21	25	35	
SÃO GONÇALO	14 20 44 32	MG	09	22	20	19	18	17	32	
SÃO JOÃO DO PIAUI	08 02 42 15	PI	08	24	19	21	23	24	35	
SÃO MANUEL	13 30 44 50	BA	12	20	23	22	20	20	28	
SETE LAGOAS	19 28 44 15	MG	16	23	24	28	26	17	37	
SÍTIO GRANDE	12 26 45 05	BA	18	22	24	23	23	19	31	
TAGUA-CAMPO LARGO	11 44 43 31	BA	16	35	24	19	21	20	37	
TAGUATINGA	12 24 46 26	GO	20	22	24	26	23	27	34	
TAPIRAÍ-JUSANTE	19 53 46 01	MG	20	23	26	28	26	22	33	
TAGUARACU	19 39 43 41	MG	17	23	27	24	21	18	35	
TERESINA	05 05 42 49	PI	06	21	27	27	25	29	44	
TERRA ROXA	20 00 48 00	SP	17	21	28	29	20	22	36	
UNIÃO	04 35 42 52	PI	13	15	21	22	27	28	39	
USINA DE VARGINHA	21 37 45 24	MG	19	17	20	20	21	17	28	
USINA PETI	21 37 45 24	MG	17	26	22	28	21	22	35	
VESPASIANO	19 41 43 53	MG	15	21	21	23	19	15	30	

TABELA 3. Continuação

ESTAÇÃO	LATIT	LONGI	UF	OUTUBRO		NOVEMBRO		DEZEMBRO		JANEIRO		FEVEREIRO		MARÇO		ANUAL										
				PL (mm)	dP F (mm)	PL (mm)	dP F (mm)	PL (mm)	dP F (mm)	PL (mm)	dP F (mm)	PL (mm)	dP F (mm)	PL (mm)	dP F (mm)	PL (mm)	dP F (mm)									
TAGUATINGA	12	24	46	26	GO	54.8	10.4	1	60.6	12.3	8	65.2	10.1	8	73.2	11.8	8	62.6	4.9	8	75.4	12.4	1	92.1	10.5	4
YAPIRAÍ-JUSANTE	19	53	46	01	MG	59.7	6.1	8	67.9	10.6	1	74.7	11.1	8	81.9	7.3	8	73.9	8.3	1	63.9	7.2	8	96.6	6.6	1
TAMUARACU	19	39	43	41	MG	50.5	4.8	6	67.9	8.4	8	70.8	5.9	8	69.8	8.4	8	61.4	15.7	2	53.5	7.0	4	100.0	17.3	4
TERESINA	05	05	42	49	PI	24.5	5.6	4	57.2	10.0	5	75.6	10.3	8	75.2	8.1	6	69.0	6.9	3	79.6	10.7	3	118.0	7.2	7
TERRA ROXA	20	00	48	00	SP	48.2	6.4	8	61.8	4.9	7	81.3	8.2	1	84.8	6.0	1	59.7	6.0	2	64.6	7.9	7	103.9	8.1	1
UNIÃO	04	35	42	52	PI	35.6	8.3	4	39.9	11.0	7	50.5	10.7	5	60.4	5.0	1	74.6	8.1	8	78.5	13.2	4	106.6	11.8	5
USINA DE VARGINHA	21	37	45	24	MG	55.1	9.3	5	50.5	5.3	8	58.6	7.5	8	56.8	6.1	1	61.6	8.3	7	49.3	5.4	8	81.7	6.2	8
USINA PETI	21	37	45	24	MG	51.1	4.8	1	73.9	12.2	1	64.7	6.8	1	83.3	7.9	8	61.7	5.8	8	64.8	11.1	5	100.6	7.2	8
VESPASIANO	19	41	43	55	MG	46.9	7.7	6	66.7	9.0	8	67.6	12.2	8	70.0	9.7	1	58.8	18.1	2	53.3	6.4	4	93.4	14.5	2

março. É importante notar que as maiores chuvas máximas não ocorrem em outubro, período em que a perda de solo por erosão hídrica tende a ser maior visto que a maioria das áreas agricultadas estão sem cobertura vegetal. Outra informação importante é que 12% das chuvas de maior valor ocorrem em março, considerando de modo geral como período de colheita ou pós colheita das principais culturas da região. Analisando a precipitação máxima diária para um ano, 80% destas são superiores a 90 mm.

Na Tabela 3 são apresentadas as intensidades máximas das chuvas, de outubro a março, para duração de 30 minutos. As intensidades para seis minutos e uma hora também foram calculadas, estando disponíveis.

Analisando a Tabela 3, vê-se 16% das chuvas de maior intensidade ocorrem no mês de novembro, 33% em dezembro, 37% em janeiro, 11% em fevereiro e 13% em março. Para as precipitações de maior intensidade anual, 87% são superiores a 30 mm/30 minutos.

É importante salientar que o método aqui utilizado, baseado em coeficientes empíricos, tem validade regional. No local, é fundamental que se estabeleçam novos coeficientes relacionados com os microclimas característicos de cada região.

CONCLUSÕES

O método indireto, utilizado para determinação da intensidade das chuvas no intervalo de trinta minutos, apresentou resultados coerentes e pode ser adaptado para estimar a intensidade

das chuvas nas regiões. Na determinação das precipitações máximas diárias para 100 estações dos cerrados brasileiros, as funções de distribuição de Gumbell e Weibull apresentaram coeficientes de correlação elevados, sendo, em todos os casos, superiores a 0,92.

1. A máxima das máximas precipitações pluviiais ocorre com maior frequência nos meses de dezembro e janeiro (35% e 32%, respectivamente) e com menor frequência nos meses de outubro e fevereiro (0% e 5%, respectivamente).

2. As precipitações máximas anuais, em 80% dos casos, são superiores a 90 mm/dia, para tempo de recorrência de cinco anos.

3. As precipitações máximas para duração de 30 minutos estão distribuídas em termos percentuais da seguinte maneira: 0% em outubro; 16% em novembro; 33% em dezembro; 37% em janeiro; 11% em fevereiro; e 13% em março.

4. Em 87% dos casos analisados, a intensidade máxima anual para duração de 30 minutos é igual ou superior a 30 mm.

5. O método apresentado é de fácil utilização; entretanto, é fundamentado em coeficientes empíricos. Em momento algum pode substituir as informações pluviográficas, mas sim fornecer uma primeira aproximação nas regiões onde a intensidade das chuvas não está disponível, mas existem dados pluviométricos.

AGRADECIMENTOS

À JICA (Japan International Cooperation Agency) pelo apoio fornecido e pela efetiva participação na elaboração deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ASSAD, E.D.; CASTRO, L.H.R. Análise freqüencial da pluviometria para estação de Sete Lagoas, MG. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.26, n.3 p.397-402, 1991.
- BANZATO, D.A.; BENICASA, M. *Estimativa das precipitações máximas prováveis com duração de um dia, para o Estado de São Paulo*. São Paulo: UNESP, Campus de Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1986. 36p. (Boletim Técnico, n.07).
- EKERN, P.C. Rainfall intensity as a measure of storm erosivity. *Soil Science Society of America Proceedings*, v.18, p.212-216, 1954.
- FREE, C.R. Erosion characteristics of rainfall. *Agricultural Engineering*, v.41, p.447-449, 1960.
- MOREIRA, M. *Metodologia para definir padrões pluviométricos. Caso: cerrados brasileiro*. Brasília: UnB, 1985. 120p. Tese de Mestrado.
- PETRUASKAS, C.; AGAARD, P.M. Extrapolation of historical storm data for estimating design wave heights. In: *ANNUAL OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE*, 1970, Houston, Texas. Houston: s.n., 1970. p.I409-I429.
- PFAFSTETTER, O. *Chuvas intensas no Brasil*. Rio de Janeiro: DNOS, 1957. 419p.
- TORRICO, J.J.T. *Práticas Hidrológicas*. 2.ed. Rio de Janeiro: TRANSCON, 1975. 120p.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship soil loss. *Trans Amer. Geophys. Union*, v.39, n.2, p.285-291, 1958.
- WOLF, J.M. Probabilidade de ocorrência de períodos secos na estação chuvosa para Brasília. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.12, n. único, p.141-150, 1977.