



Métodos de estimativa de precipitação máxima para o Estado de Goiás

Luiz F. C. de Oliveira¹, Jorge C. dos A. Antonini², Ana P. Fioreze³ & Mellissa A. S. da Silva⁴

RESUMO

A ausência de estações pluviográficas e de séries históricas longas tem levado os engenheiros a utilizarem de relações que permitam a estimativa da chuva crítica de projeto, com base em dados de pluviômetros. Com o objetivo de avaliar o desempenho das metodologias da desagregação, isozonas e de Bell, empregadas na estimativa das precipitações máximas associadas a uma duração e frequência, empregaram-se séries históricas diárias de chuva disponíveis para alguns municípios do Estado de Goiás. Avaliou-se o desempenho dos modelos através do coeficiente de Willmott que permite a análise porcentual dos desvios entre os valores estimados e os obtidos pelas relações precipitação-duração-frequência, ajustadas a partir de pluviogramas. Dentre as metodologias alternativas avaliadas, a das isozonas apresentou o melhor desempenho, seguida do método da desagregação. O método de Bell mostrou-se adequado na estimativa das precipitações máximas de curta duração, o que representa uma alternativa na determinação das chuvas críticas de projeto.

Palavras-chave: chuva intensa, desagregação, isozonas, modelo de Bell

Maximum rainfall estimation methods for Goiás

ABSTRACT

The absence of pluviographs at rainfall stations and of long historical rainfall series has made engineers use methods to estimate critical rainfall based on pluviometer data. Daily observational rainfall series, available in some cities in Goiás, were used to evaluate the performance of three methods used to estimate maximum rainfall associated with its duration and frequency: rainfall disaggregation, isozones and Bell's method. The performance of the three methods was evaluated using the Willmott performance index, which allows the analysis of the differences between values estimated by the methods and those obtained from precipitation-duration-frequency relations adjusted using pluviograms. Among the three methods, isozones presented better performance, followed by rainfall disaggregation. Bell's method was adequate at estimating maximum rainfall with small durations, representing an interesting alternative for estimating critical rainfall for engineering projects.

Key words: rainfall, deaggregation, isozones, Bell's model

¹ Departamento de Engenharia da UFLA/UFCEG, campus da UFLA, CP 3037, CEP 37200-000, Lavras, MG. Fone: (35) 3829-1481. E-mail: lfco@pq.cnpq.br

² Embrapa-SNT, Rod. BR153, km 4. CP 714, CEP 74001-970, Goiânia, GO. Fone: (62) 3202-6000. E-mail: jorge@goiania.snt.embrapa.br

³ Secretaria Estadual de Recursos Hídricos de Goiás. Rua 82, Palácio Pedro Ludovico Teixeira, 1º andar, Centro. CEP 74080-010, Goiânia, GO. Fone: (62) 3201-5153. E-mail: anafioreze@semarh.goias.gov.br

⁴ Doutoranda em Solo e Água/UFCEG. Rod. Goiânia/Nova Veneza, km 0. CP 131, CEP 74001-970. Fone: (62) 3521-1540. E-mail: melsoler@yahoo.com

INTRODUÇÃO

O dimensionamento de drenos, vertedores de barragens e obras de proteção contra cheias e erosão hídrica, requer o estudo das precipitações intensas ocorridas no local de interesse, para definição da chuva de projeto a partir da qual é definida a vazão a ser utilizada. A chuva crítica de projeto é aquela que apresenta grande lâmina precipitada, durante pequeno intervalo de tempo mesmo que, frequentemente, essas chuvas causem consideráveis prejuízos materiais e humanos (Silva et al., 2003; Costa et al., 2001).

A caracterização da variabilidade temporal das chuvas intensas é, ao longo de sua duração, imprescindível para quantificar adequadamente os efeitos ocasionados, de modo especial, ao controle do escoamento superficial em áreas urbanas e rurais (Cruciani et al., 2002; Beijo et al., 2003).

A determinação da relação precipitação-duração-frequência apresenta grandes dificuldades em função da escassez para a obtenção de registros pluviográficos, da baixa densidade da rede de pluviógrafos e do pequeno período de observações disponível; além disso, a metodologia para sua obtenção exige um exaustivo trabalho de tabulação, análise e interpretação de grande quantidade de pluviogramas (Oliveira et al., 2005; Cecílio & Pruski, 2003).

Desenvolveram-se, no Brasil, algumas metodologias com vista à obtenção de chuvas de menor duração a partir de registros pluviométricos, devido à existência, no território nacional, de uma vasta rede pluviométrica. Essas metodologias empregam coeficientes para transformar chuva de 24 h em chuvas de menor duração, dentre as quais estão a das isozonas proposta por Torricco (1975) e a da desagregação da chuva de 24 h, do DAAE-CETESB (1980). Costa & Rodrigues (1999) compararam os resultados obtidos com o método das isozonas com aqueles indicados por meio da relação intensidade-duração-frequência e encontraram desvios entre 7,5 a 54,0%. Barbosa et al. (2000) empregaram a metodologia da desagregação da chuva de 24 h para algumas localidades do Estado de Goiás, a qual se mostrou adequada, com valores de desvios menores que 14,4%, quando comparados os valores com os das relações intensidade-duração-frequência, geradas por Costa & Brito (1999). Robaina (1996) avaliando a técnica da desagregação para 32 localidades do Estado do Rio Grande do Sul, concluiu que a metodologia é conveniente, uma vez que se obtiveram os desvios máximos em torno de 15%. Os autores recomendaram o uso da metodologia em localidades em que não há disponibilidade de registros pluviográficos. Por outro lado, Oliveira et al. (2005) ajustaram, para algumas localidades do Estado de Goiás e Distrito Federal, a relação intensidade-duração-frequência empregando o método de desagregação de chuvas de 24 h, cujos resultados obtidos pelas relações ajustadas apresentaram desvios relativos médios que variaram de -1,6 a 43,9%.

Outra alternativa para a obtenção da precipitação máxima associada a determinada duração e frequência de ocorrência, consiste na metodologia de Bell, descrita por Bertoni & Tucci (1993) e Righetto (1998). O método associa a precipitação máxima para determinado tempo de duração e

período de retorno a uma precipitação padrão de 60 min de duração e 2 anos de período de retorno; portanto, esta metodologia só se aplica se for possível estimar $h_{(60;2)}$, o que pode ser feito com poucos anos de dados pluviográficos.

Mello et al. (2003) avaliaram a metodologia de Bell para as macrorregiões do Estado de Minas Gerais e obtiveram desvio porcentual máximo de 7,6% entre os valores das precipitações máximas estimadas e observadas.

A carência de informações de chuvas críticas de projeto e a baixa densidade de estações pluviográficas no Estado de Goiás, têm levado os projetistas a buscarem alternativas que possam ser empregadas com segurança no dimensionamento de obras de drenagem. Empregando-se as séries históricas de dados pluviométricos, avaliou-se desempenho dos métodos da desagregação, das isozonas e de Bell, para algumas localidades do Estado de Goiás, pela avaliação do coeficiente de Willmott que permite a análise porcentual dos desvios entre os valores estimados pelos modelos em relação aos obtidos pelas relações precipitação-duração-frequência ajustadas a partir de pluviogramas.

MATERIAL E MÉTODOS

Empregaram-se, neste trabalho, as séries históricas consistidas de precipitações, disponíveis na página da Agência Nacional das Águas (ANA, 2006), com 21 anos de observações diárias para 13 estações pluviométricas do estado de Goiás, selecionados em função da existência das relações precipitação-duração-frequência ajustados por Costa et al. (2001), cujos parâmetros da Eq. 1 e as zonas em que se enquadram, estão apresentados na Tabela 1.

$$P_{\max} = \frac{aTR^b}{(t+c)^d} t \quad (1)$$

em que:

P_{\max} – precipitação máxima, mm

TR – período de retorno, anos

t – tempo de duração da chuva, min

a, b, c e d – parâmetros de ajuste local

Tabela 1. Parâmetros das relações precipitação-duração-frequência para algumas estações pluviométricas do Estado de Goiás

Estações	Lat.	Long.	a	b	c	d	zona
Alvorada do Norte	14°24'	46°36'	70,77	0,15	29,7	0,97	D
Acure	18°59'	52°00'	38,43	0,15	18,4	0,90	E
Aduana	14°49'	51°10'	76,71	0,15	37,4	0,97	F
Caiaçônia	16°57'	51°50'	47,99	0,15	20,7	0,91	F
Campo Alegre de Goiás	17°40'	47°37'	22,59	0,15	8,7	0,80	B
Catalão	18°11'	47°57'	29,37	0,15	16,3	0,85	C
Ceres	15°16'	49°34'	52,11	0,15	24,6	0,93	E
Formosa	15°32'	47°20'	24,12	0,15	11,4	0,82	C
Goianã	16°40'	49°16'	64,30	0,15	24,8	0,97	E
Israelândia	16°22'	50°54'	28,33	0,15	15,3	0,82	F
Morrinhos	17°46'	49°08'	52,93	0,15	24,9	0,92	E
Niquelândia	14°28'	48°27'	47,11	0,15	19,5	0,90	E
Pires do Rio	17°20'	48°15'	21,88	0,15	8,0	0,80	D

Para todas as localidades estudadas foram selecionados, para cada ano, os valores máximos das precipitações diárias, permitindo, assim, a construção das séries anuais dos valores extremos. Com a finalidade de se obter as precipitações máximas possíveis de serem igualadas ou superadas a cada 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, a partir das séries anuais, empregou-se a distribuição de Gumbel (Eq. 2). A aderência da distribuição de Gumbel foi avaliada pelo teste de Sminorv-Kolmogorov para um nível de significância de 5%.

$$h_{TR} = A - B \ln \left[\ln \left(\frac{TR}{TR - 1} \right) \right] \tag{2}$$

em que:

h_{TR} – altura pluviométrica associada a um período de retorno TR, mm

A e B – parâmetros da distribuição de Gumbel.

Os parâmetros da distribuição de Gumbel foram obtidos pelo método dos momentos, ou seja:

$$E(h) = A + 0,577B \tag{3}$$

$$VAR(h) = 1,645B^2 \tag{4}$$

em que:

$E(h)$ – valor esperado estimado pela média dos valores máximos anuais

$VAR(h)$ – variância dos valores máximos anuais

As precipitações máximas estimadas pela distribuição de Gumbel para os períodos de retorno de 5, 10, 20, 50 e 100 anos, foram usadas nas metodologias das isozonas e na desagregação da chuva de 24 h e, para o método de Bell, empregaram-se apenas as precipitações máximas estimadas para o período de retorno de 2 anos (Eq. 5).

$$h_{(t;TR)} = (\alpha \ln TR + \beta_1)(\beta_2 t^\gamma - \beta_3)h_{(60;2)} \tag{5}$$

em que:

$h_{(t;TR)}$ – precipitação máxima para uma duração t e período de retorno TR, mm

$h_{(60;2)}$ – precipitação padrão de 60 min de duração e 2 anos, mm

$\alpha, \gamma, \beta_1, \beta_2$ e β_3 – parâmetros regionais

O método das isozonas desenvolvido por Torrico (1975) delimitou áreas homólogas cuja relação entre as precipitações de 1 e 24 h, para um mesmo período de retorno, são constantes e independentes das alturas de precipitação. Essas relações constantes permitem determinar a relação entre os dados de postos pluviográficos e pluviométricos, para tempos de duração de chuvas inferiores a 24 h. O autor dividiu o território brasileiro em oito zonas de relações iguais chamadas isozonas (Tabela 2). Identificada a zona em que se enquadra a estação pluviométrica em função de suas coordenadas geográficas obter-se-ão, na Tabela 2, os coeficientes percentuais para a obtenção das chuvas com duração de 1 h e 6 min; para tal se deve, de início, converter a chuva de 1 dia em chuva de 24 h, multiplicando-se as precipitações máximas estimadas pela distribuição de Gumbel por 1,10. Plotando-se em um papel de probabilidade os valores

Tabela 2. Coeficientes relativos entre as chuvas com duração de 1 e 24 h e de 6 min e 24 h, para as zonas homólogas e diferentes períodos de retorno

Zona	Tempo de retorno em anos						
	5	10	20	50	100	5 a 50	100
	1 h / 24 h					6 min / 24 h	
A	36,2	35,8	35,5	35,0	34,7	7,0	6,3
B	38,1	37,8	37,4	36,9	36,6	8,4	7,5
C	40,1	39,7	39,3	38,8	38,4	9,8	8,8
D	42,0	41,6	41,2	40,7	40,3	11,2	10,0
E	44,0	43,6	43,2	42,6	42,2	12,6	11,2
F	46,0	45,5	45,1	44,5	44,1	13,9	12,4
G	47,9	47,4	47,0	46,4	45,9	15,4	13,7
H	49,9	49,4	49,1	48,3	47,8	16,7	14,9

Fonte: Adaptado de Torrico (1975)

das chuvas de 6 min, 1 e 24 h, as retas ajustadas para os diferentes períodos de retorno, foi possível obter as chuvas de diferentes durações.

O método da desagregação de chuvas desenvolvido pelo DAEE/CETESB (1980) é semelhante ao método das isozonas. Nesta metodologia se adota o fator médio de 1,14 para a transformação de chuva máxima de 1 dia, estimada pela distribuição de Gumbel, em chuva de 24 h; para os demais tempos de duração de chuvas, empregam-se os coeficientes apresentados na Tabela 3.

Foram empregados, na metodologia de Bell, os parâmetros regionais ajustados por Righetto (1998) pela análise de várias estações pluviométricas disponíveis no território brasileiro, conforme segue:

$$h_{(t;TR)} = (0,31 \ln TR + 0,70)(0,38t^{0,31} - 0,39)h_{(60;2)} \tag{6}$$

Tabela 3. Coeficientes de desagregação para diferentes durações de chuva

Relação entre alturas pluviométricas	Coefficientes de desagregação
5 min / 30 min	0,34
10 min / 30 min	0,54
15 min / 30 min	0,70
20 min / 30 min	0,81
25 min / 30 min	0,91
30 min / 1 h	0,74
1 h / 24 h	0,42
6 h / 24 h	0,72
8 h / 24 h	0,78
10 h / 24 h	0,82
12h / 24 h	0,85

Fonte: DAEE/CETESB (1980)

Para se obter a precipitação padrão $h_{(60;2)}$, multiplicou-se a precipitação máxima estimada pela distribuição de Gumbel com 1 dia de duração e período de retorno de 2 anos, pelo fator de 0,51, proposto por Righetto (1998).

Os resultados obtidos pelas metodologias avaliadas para cada localidade e para os tempos de duração de 5, 10, 15, 30, 60, 360, 480, 600, 720 e 1440 min e períodos de retorno de 5, 10, 20, 50 e 100 anos, foram comparados com os encontrados pelas relações precipitação-duração-freqüência

ajustados por Costa et al. (2001). O desempenho das metodologias foi avaliado pelo índice de concordância proposto por Willmott (1982), conforme segue:

$$d = 100 \left[1 - \frac{\sum (o_i - e_i)^2}{\sum (|\hat{o}_i| + |\hat{e}_i|)^2} \right] \quad (7)$$

em que:

d – índice de concordância, em porcentagem

o_i e e_i – valores das chuvas máximas encontrados pelas relações precipitação-duração-freqüência e estimados pelas metodologias avaliadas, respectivamente $\hat{o}_i = o_i - o_m$ e $\hat{e}_i = e_i - e_m$

o_m e e_m – média das chuvas máximas encontradas pelas relações precipitação-duração-freqüência e estimados pelas metodologias avaliadas, dos valores observados e estimados, respectivamente

O índice de concordância proposto por Willmott (1982) permite a avaliação dos desvios entre os valores das chuvas máximas encontrados pelas relações precipitação-duração-freqüência e estimados pelas metodologias da desagregação, isozonas e de Bell, tendo seu valor variando de 0 a 100%. Quanto menor o desvio, melhor o desempenho da metodologia avaliada, tendo o valor do índice de concordância próximo de 100%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os municípios estudados a distribuição de Gumbel mostrou-se adequada na estimativa da precipitação máxima avaliada pelo teste de Sminorv-Kolmogorov para um nível de significância de 5% de probabilidade. A Figura 1 apresenta as distribuições de freqüência da série das precipitações máximas anuais observadas e estimadas pelo modelo de Gumbel, para o município de Catalão. Pode-se observar, nesta figura, boa aderência entre a distribuição observada e a teórica, comportamento este foi constatado nos demais municípios do estudo.

Verificada a aderência do modelo de Gumbel se estimaram, para todos os municípios, as precipitações máximas

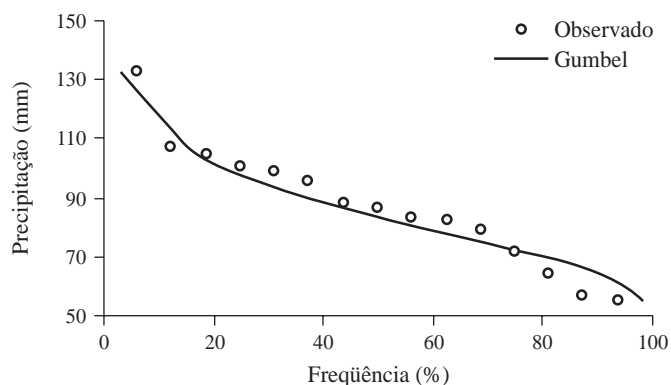


Figura 1. Distribuição de freqüência das precipitações máximas anuais observada e estimada, pelo modelo de Gumbel, para o município de Catalão

diárias para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, Tabela 4, em cujos valores se verificou variabilidade espacial das precipitações máximas diárias no Estado de Goiás, em que as maiores precipitações estimadas foram para o município de Aruanã.

Os valores das precipitações máximas diárias, apresentadas na Tabela 4 foram utilizados nas metodologias das isozonas, desagregação e de Bell. A Figura 2 apresenta as retas ajustadas para os períodos de retorno de 5, 10, 20, 50 e 100 anos (P_5 , P_{10} , P_{20} , P_{50} e P_{100}), empregadas no método das isozonas para o município de Catalão; pode-se observar, nesta figura, o bom ajuste das retas das precipitações máximas para diferentes durações e período de retorno; comportamento este verificado também para os demais municípios estudados permitindo, desta forma, a determinação das precipitações máximas para diferentes durações e período de retorno para todos os municípios estudados.

Tabela 4. Precipitações máximas diárias (mm) estimadas pela distribuição de Gumbel, para os diferentes estações e períodos de retorno

Estações	Período de retorno (anos)					
	2	5	10	20	50	100
Alvorada do Norte	81,7	102,6	116,5	129,8	147,1	160,0
Aporé	85,2	107,1	121,0	135,4	153,3	166,8
Aruanã	102,7	132,6	152,4	171,4	196,0	214,5
Caiapônia	91,0	118,9	137,4	155,1	178,0	195,2
Campo Alegre de Goiás	80,2	97,5	108,9	119,8	134,0	144,7
Catalão	83,3	103,4	116,7	129,5	146,0	158,4
Ceres	75,2	104,9	124,6	143,5	167,9	186,2
Formosa	90,1	108,2	120,2	131,7	146,5	157,7
Goiania	75,2	97,7	112,5	126,8	145,2	159,1
Israelândia	90,0	116,4	133,9	150,6	172,3	188,6
Morrinhos	92,4	113,8	127,9	141,4	159,0	172,1
Niquelândia	90,3	107,7	119,1	130,2	144,4	155,1
Pires do Rio	97,2	131,2	153,7	175,3	203,2	224,2

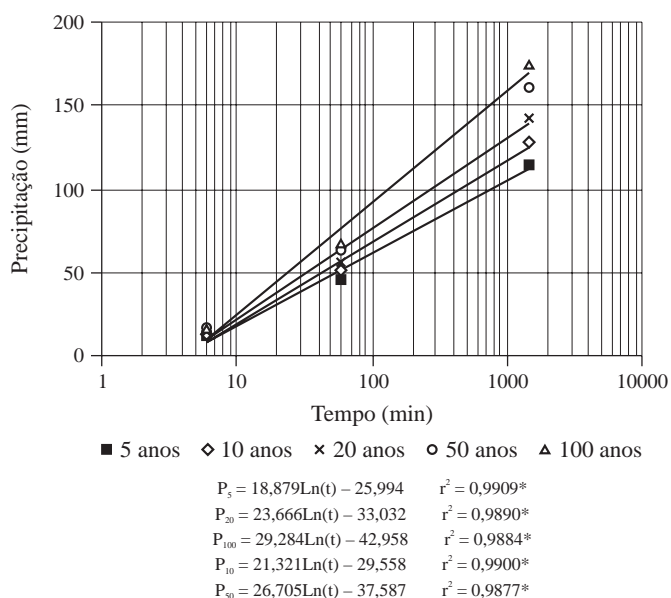


Figura 2. Precipitações máximas para diferentes tempos de duração e período de retorno obtidas pelo método das isozonas, para o município de Catalão

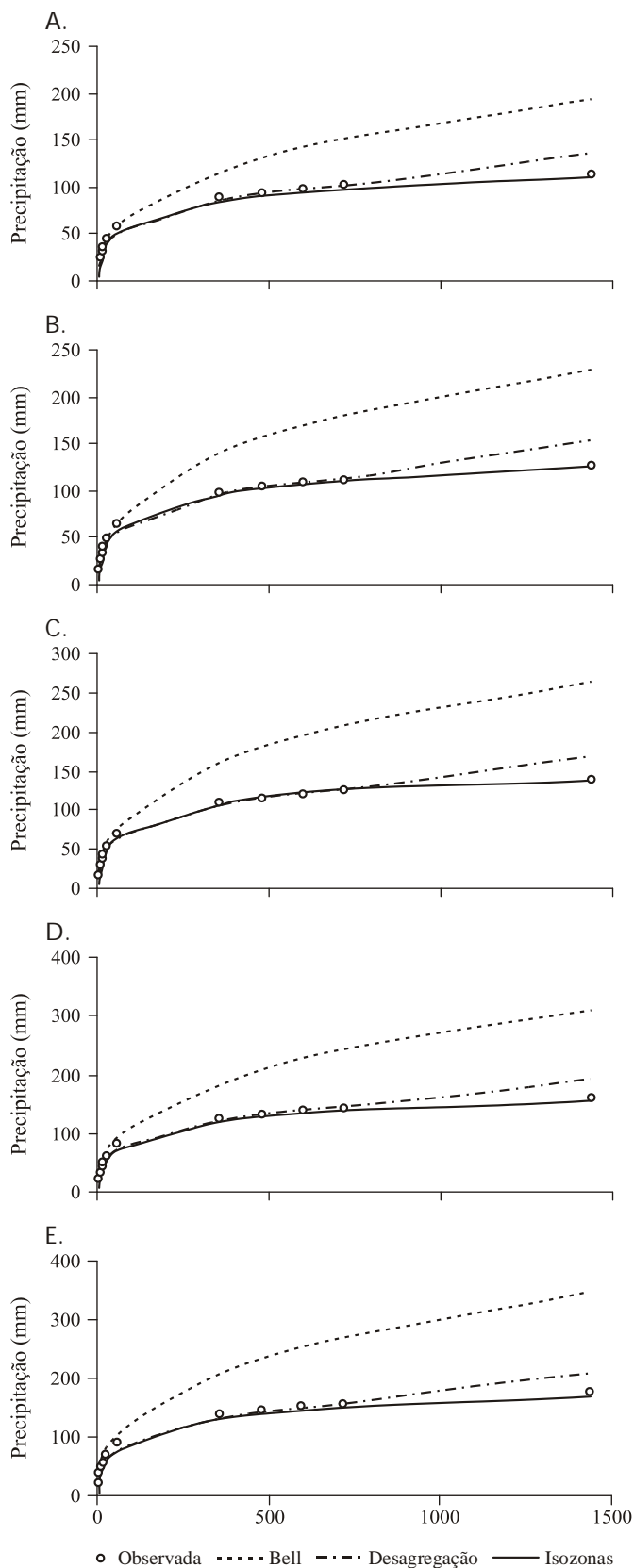


Figura 3. Precipitações máximas para Catalão, estimadas pelas metodologias das isozonas, desagregação de Bell e período de retorno de (A) 5, (B) 10, (C) 20, (D) 50 e (E) 100 anos

De modo geral, a metodologia das isozonas apresentou melhor desempenho na determinação das precipitações

Tabela 5. Índice de concordância, em porcentagem, para as metodologias avaliadas e diferentes estações pluviométrica do estado de Goiás

Estação	Desagregação	Bell	Isozonas
Alvorada do Norte	97,21	69,03	98,52
Aporé	96,85	73,69	99,04
Aruanã	97,45	75,89	97,77
Caiapônia	97,17	73,94	99,27
Campo Alegre de Goiás	98,12	82,23	96,60
Catalão	98,90	81,08	99,42
Ceres	96,74	72,78	99,02
Formosa	98,57	81,44	99,37
Goianã	96,18	63,70	98,48
Israelândia	98,93	84,22	99,86
Niquelândia	97,17	72,91	97,94
Pires do Rio	90,60	82,44	93,46
Média	97,08	76,06	98,32

máximas para todos os municípios estudados, com um índice de concordância médio de 98,32%, seguido do método da desagregação, Tabela 5. Empregando-se os coeficientes ajustados por Righetto (1998) o método de Bell apresentou o pior desempenho, com um índice de concordância médio de 76,06%.

A Figura 3 apresenta as curvas das precipitações máximas em função do tempo de duração, determinadas pelas metodologias estudadas para os períodos de retorno de 5, 10, 20, 50 e 100 anos, para o município de Catalão podendo-se observar, ainda o desempenho das metodologias, em que o método das isozonas apresenta os menores desvios com relação às precipitações observadas.

Para chuvas com duração menor que 720 min, não se verificaram diferenças entre as metodologias das isozonas e desagregação na determinação das precipitações máximas, para todos os períodos de retorno avaliados. Por outro lado, constataram-se menores desvios entre as precipitações máximas observadas e determinadas pelo método de Bell, para chuvas com duração inferior a 60 min sendo, portanto, uma metodologia alternativa na estimativa de chuvas de projeto de curta duração; esta verificação concorda com a recomendação de Bertoni & Tucci (1993), de que o método de Bell só se aplica em chuvas com duração menor que 120 min e períodos de retorno inferior a 20 anos.

CONCLUSÕES

1. Verificou-se, para os municípios do Estado de Goiás analisados neste estudo, que dentre as metodologias alternativas na determinação das precipitações máximas para diferentes durações e período de retorno, a das isozonas apresentou o melhor desempenho, seguida do método da desagregação.

2. O método de Bell mostrou-se adequado na estimativa das precipitações máximas de curta duração, indicando uma metodologia alternativa na determinação das chuvas críticas de projeto.

LITERATURA CITADA

- ANA – Agência Nacional das Águas. Hidroweb: Sistemas de informações hidrológicas. <http://hidroweb.ana.gov.br>. 15 Mar. 2006.
- Barbosa, F. O. A.; Oliveira, L. F. C.; Cortês, F. C.; Romão, P. A.; Carvalho, D. F. Obtenção de equações de chuva intensa para algumas localidades no Estado de Goiás – método da desagregação de chuvas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 29, 2000. Fortaleza. Anais...Fortaleza: UFC, 2000, CD Rom
- Beijo, L. A.; Muniz, J. A.; Volpe, C. A.; Pereira, G. T. Estudo da precipitação máxima em Jaboticabal, SP, pela distribuição de Gumbel utilizando dois métodos de estimação dos parâmetros. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.11, n.1, p.141-147, 2003.
- Bertoni, J. C.; Tucci, C. E. M. Precipitação. In: Tucci, C. E. M. *Hidrologia ciência e aplicação*. Porto Alegre: ABRH, 1993. p.177-242.
- Cecílio, R. A.; Pruski, F. F. Interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas com uso do inverso de potências da distância. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.3, p.501-504, 2003.
- Costa, A. R.; Brito, V. F. Equações de chuva intensa para Goiás e sul de Tocantins. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13, 1999. Belo Horizonte. Anais...Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre: ABRH, 1999, CD Rom
- Costa, A. R.; Rodrigues, A. A. Método das isozonas: desvios entre resultados. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 13, 1999. Belo Horizonte. Anais...Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre: ABRH, 1999, CD Rom
- Costa, A. R.; Santos, A. C. C. Oliveira, L. F. C. Regionalização de equações de chuva no cerrado. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 14, 2001. Aracaju. Anais... Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Porto Alegre: ABRH/APRH, 2001, CD Rom
- Cruciani, D. E.; Machado, R. E.; Sentelhas, P. C. Modelos da distribuição temporal de chuvas intensas em Piracicaba, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.1, p.76-82, 2002.
- DAEE-CETESB. Drenagem urbana: Manual de projeto. São Paulo: DAEE/CTESB, 1980. 466p.
- Mello, C. R.; Silva, A. M.; Lima, J. M.; Ferreira, D. F.; Oliveira, M. S. Modelos matemáticos para predição da chuva de projeto para regiões do Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.1, p.121-128, 2003.
- Oliveira, L. F. C.; Cortês, F. C.; Wehr, T. R.; Borges, L. B.; Sarmiento, P. H. P.; Griebeler, N. P. Intensidade-duração-frequência de chuvas intensas para algumas localidades no estado de Goiás e Distrito Federal. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.35, n.1, p.13-18, 2005.
- Righetto, A. M. *Hidrologia e recursos hídricos*. São Carlos: EESC/USP, 1998. 840p.
- Robaina, A. D. Modelo para geração de chuvas intensas no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.4, n.2, p.95-98, 1996.
- Silva, D. D.; Pereira, S. B.; Pruski, F. F.; Gomes Filho, R. R.; Lana, A. M. Q.; Baena, L. G. Equações de intensidade-duração-frequência da precipitação pluvial para o estado de Tocantins. *Engenharia na Agricultura*, v.11, n.1-4, p.7-14, 2003.
- Torrico, J. J. T. *Práticas hidrológicas*, Rio de Janeiro: Transcom, 1975, 120p.
- Willmott, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. *Bulletin American Meteorological Society*, v.63, n.11, p.1309-1313, 1982.