

DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADES PARA PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA EM ZONAS DE MÉDIA A ALTA OCORRÊNCIA DE CHUVAS INTENSAS EM MINAS GERAIS

ROSÂNGELA FRANCISCA DE PAULA VITOR MARQUES¹, ANTÔNIO MARCIANO DA SILVA², CARLOS ROGÉRIO DE MELLO³

¹ Doutora em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Universidade Federal de Lavras, (35)3829-1684, roeflorestal@hotmail.com

² Professor Emérito, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, marciano@deg.ufla.br

³ Professor Adjunto, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, crmello@deg.ufla.br

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

RESUMO: Estudos probabilísticos de variáveis hidrológicas, como a precipitação pluvial diária máxima, constituem-se de um importante instrumento de apoio para o planejamento e gestão de recursos hídricos, principalmente quando associados ao potencial erosivo. Neste contexto, objetivou-se analisar o desempenho de três distribuições de probabilidades (GEV, Gumbel e Gama a dois parâmetros), cujos parâmetros foram ajustados pelos métodos dos Momentos (MM), Máxima Verossimilhança (MV) e Momentos-L (ML), aplicadas às séries históricas de precipitação máxima diária de 8 estações pluviométricas em zonas de média a alta ocorrência de chuvas intensas em Minas Gerais (Barbacena, Carmo da Mata, Desterro Mello, Divinópolis, Estiva, Ibituruna, Itapecirica e Ouro Preto), com pelo menos 33 anos de dados comum a todas as séries. Para a verificação da melhor combinação distribuição de probabilidade e método de estimativa dos parâmetros, aplicou-se o teste de aderência de Filliben, e, quando não identificadas diferenças, utilizou-se dos testes de Anderson Darling e Qui-quadrado. A Distribuição de Probabilidade de Gumbel apresentou melhor ajuste em 87,5% dos casos. Entre as distribuições de probabilidades avaliadas, a GEV associada ao ML apresentou aderência para todas as estações pluviométricas, podendo ser indicada em regiões classificadas com média a alta intensidade erosividade das chuvas.

PALAVRAS-CHAVE: Eventos extremos de precipitação, método de estimativas dos parâmetros, testes estatísticos não paramétricos

PROBABILITY DISTRIBUTIONS FOR MAXIMUM DAILY PRECIPITATION IN AREAS OF AVERAGE HIGH RAINFALL OCCURRING IN INTENSE MINAS GERAIS

ABSTRACT: Probabilistic studies of hydrological variables, such as heavy rainfall daily events, constitute an important instrument of support for the planning and management of water resources, especially when associated with erosive potential. In this context, we aimed to analyze the performance of three probability distributions (GEV, Gumbel and Gamma two parameters), whose parameters were adjusted by the methods of moments (MM), maximum likelihood (ML) and Moments-L (ML) applied to the time series of maximum daily rainfall of 8 rainfall stations on average areas to high occurrence of heavy rains in Minas Gerais

(Barbacena, Carmo da Mata, Desterro Mello, Divinópolis, Estiva, Ibituruna, Itapecirica e Ouro Preto), with at least 33 years of data common to all series. To check the best combination probability distribution and parameter estimation method was applied to the Filiben adhesion test, and when no differences, we used the Anderson Darlling tests and chi-square. The Gumbel probability distribution showed a better adjustment in 87.5% of cases.. Among the evaluated probability distributions, the GEV associated with the ML presented adhesion to all rainfall stations can be recommended without restriction grip in areas classified as medium to high intensity rainfall erosivity.

KEYWORDS: Extreme precipitation events, Method Parameter Estimates, non-parametric statistical tests

INTRODUÇÃO

Estudos probabilísticos de variáveis hidrológicas, como a precipitação pluvial, constituem em um importante elemento de apoio para o planejamento e a gestão de recursos hídricos. Dentre as características de grande interesse das precipitações está o estudo da frequência associada à precipitação pluvial diária máxima, cujo comportamento está fortemente associado às distribuições assintóticas (MELLO & SILVA, 2005).

Para CATALUNHA et al. (2002), o uso de funções de probabilidade está diretamente ligado à natureza dos dados a que elas se relacionam. Algumas têm boa capacidade de estimação para pequeno numero de dados, outras requerem grandes séries de observações. A utilização ou não de uma distribuição reside na capacidade da mesma em estimar as frequências observadas com base em seus parâmetros, e esta capacidade é medida através de testes de aderência.

Vários trabalhos na literatura têm estudado as distribuições de probabilidade para valores extremos, com destaque para a Gumbel e a Generalizada de Valores Extremos (GEV), as quais têm produzido melhores ajustes, como no estudo de precipitações intensas na bacia do rio São Francisco (SILVA & CLARKE, 2004) e de precipitação máxima diária e de temperaturas máximas absolutas (SANSIGOLO, 2008) e QUADROS (2011). Já ARAÚJO (2010) concluiu pelo teste de aderência Lilliefors que a distribuição de pior desempenho foi a distribuição Gumbel tipo I.

MELLO & SILVA (2005) ajustaram a distribuição Gumbel à série histórica de precipitação máxima diária anual da região Alto Rio Grande em 7 postos pluviométricos e os efeitos que o método de estimação da Máxima Verossimilhança e do método dos Momentos geraram sobre os parâmetros da distribuição de Gumbel, analisando os efeitos na estimativa da equação de chuvas intensas, concluindo que as séries históricas ajustadas por Máxima Verossimilhança produziram os menores valores de λ^2 com maior precisão.

Os métodos de ajuste dos parâmetros das distribuições de probabilidades, dentre eles o dos momentos, da máxima verossimilhança e momentos-L, podem conduzir a resultados diferentes, sendo, segundo NAGHETTINI & PINTO (2007), o método dos momentos (MM) o mais simples para a estimação dos parâmetros e menos eficiente do que os estimadores de máxima verossimilhança (MV), particularmente para distribuições com três parâmetros. O método da máxima verossimilhança (MV) é considerado como o método maximiza a plausibilidade da distribuição ser representada pelos parâmetros estimados. Entretanto, para alguns casos, amostras de pequeno tamanho produzem estimadores de qualidade comparável ou inferior a outros métodos. O método dos momentos-L (ML) produz estimadores de parâmetros comparáveis, em qualidade, aqueles produzidos pelo método da MV. Para amostras pequenas, os estimadores ML são, com alguma frequência, mais acurados do que os de MV (NAGHETTINI & PINTO, 2007).

Neste contexto, objetivou-se analisar o desempenho de três distribuições de probabilidades (GEV, Gumbel e Gama 2P), cujos parâmetros foram ajustados pelos métodos dos Momentos, da Máxima Verossimilhança e dos Momentos-L, aplicadas às séries históricas de precipitação diária máxima anual de 8 estações pluviométricas em Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a constituição das séries históricas foram utilizados dados de precipitação diária máxima, obtidos junto à Agência Nacional de Águas (ANA/HIDROWEB), de 8 estações pluviométricas em zonas de média a alta ocorrência de chuvas intensas no estado de Minas Gerais, de acordo com MELLO et al. (2007): Barbacena, Carmo da Mata, Desterro Mello, Divinópolis, Estiva, Ibituruna, Itapecirica e Ouro Preto, com intervalos de abrangência variados, tendo entretanto, pelo menos 33 anos de dados observados, e, 31 anos de período comum a todas estações (tabela 1 e figura 1). De acordo com o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais - CEMADEN, os municípios de Barbacena, Desterro do Melo e Ouro Preto estão localizados em áreas de alto risco ao deslizamento de encostas.

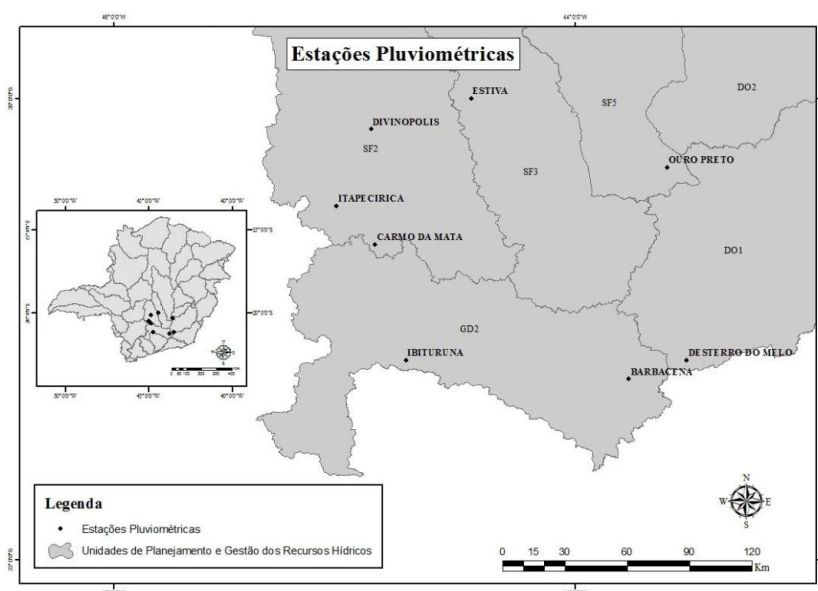


Figura 1. Localização, no estado de Minas Gerais, das estações pluviométricas estudadas.

TABELA 1. Identificação das estações pluviométricas analisadas e período de monitoramento.

Estações/ Município	Coordenadas Geográficas		Período de Monitoramento	Numero de Dados
Barbacena	21°13' 00 S	43°46' 00 W	1968 - 2008	41
Carmo da Mata	20°38' 28 S	44°52' 03 W	1977-2009	33
Desterro Mello	21°08' 57 S	43°31' 12 W	1942-2009	68
Divinópolis	20°08' 13 S	44°53' 31 W	1959-2011	52
Estiva/Mateus Leme	20°00' 01 S	44°27' 42 W	1977-2010	34
Ibituruna	21°08' 35 S	44°44' 16 W	1967-2007	41
Itapecirica	20°28' 20 S	45°02' 10 W	1941-2011	71
Ouro Preto	20°18' 19 S	43°36' 59 W	1967-2007	41

Foram utilizadas três Funções de Densidade de Probabilidades (FDP) para valores extremos: Generalizada de Valores Extremos – GEV (eq. 1), Gama a dois parâmetros (eq. 2), e Gumbel (eq. 3), cujos parâmetros foram estimados pelos métodos dos Momentos (MM), Máxima Verossimilhança (MV) e Momentos-L(ML).

$$FDP = f(x) = \frac{1}{\alpha} \cdot \left[1 - \xi \cdot \left(\frac{x - \mu}{\alpha} \right) \right]^{\left(\frac{1 + \xi}{\xi} \right)} \cdot \exp \left\{ - \left[1 - \xi \cdot \left(\frac{x - \mu}{\alpha} \right) \right]^{\frac{1}{\xi}} \right\} \quad (1)$$

Em que x é a variável hidrológica (precipitação máxima diária anual), α , μ e ξ são os parâmetros da referida distribuição.

$$FDP: f(x) = \frac{1}{\beta^{\nu} \times \Gamma(\nu)} \cdot x^{\nu-1} \cdot e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (2)$$

Em que β e ν são os parâmetros da referida distribuição

$$FDP = \alpha \cdot e^{-\alpha(x-\mu)} \quad (3)$$

Em que α e μ são os parâmetros da distribuição.

Com os parâmetros estimados pelos métodos MM, MV e ML, para as distribuições de Gumbel, GEV e Gama 2P, aplicou-se o teste de aderência de Filliben (eqs. (4, 5 e 6)) a fim de se observar qual o melhor ajuste obtido, representando adequadamente o conjunto de dados. Para a distribuição e métodos onde não foi possível diferenças de ajuste pelo referido teste, utilizou-se de outros 2 testes de aderência, especificamente, Anderson Darling (eq. 7) e Qui-quadrado (eq. 6), ao nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 encontram-se os valores estatísticos descritivos das series históricas de precipitação diária máxima para cada estação pluviométrica..

TABELA 2. Valores estatísticos descritivos das séries históricas de precipitação diária máxima anual de cada estação pluviométrica estudada.

Estação Pluviométrica	N	Média	Desv. Pad	Valor Máximo	Valor Mínimo	Amplitude	Amplitude/ Desv. Pad	CV (%)
Barbacena	41	76,35	16,75	118,2	46,3	71,9	4,291	21,94
Carmo da Mata	33	86,52	29,22	161,2	51,1	110,1	3,768	33,77
Desterro Mello	68	90,97	29,89	203	35,2	167,8	5,615	32,85
Divinópolis	52	77,98	22,41	149,3	32,5	116,8	5,211	28,74
Estiva	34	87,30	21,09	128,3	48	80,3	3,808	24,15
Ibituruna	41	80,92	27,92	183	24,2	158,8	5,687	34,51
Itapecirica	71	88,07	30,20	175	56,4	118,6	3,927	34,29
Ouro Preto	41	70,42	17,74	105,5	24,5	81	4,566	25,19

Constata-se que a serie histórica da estação de Barbacena é a que apresenta os menores indicadores de dispersão, representados pelo desvio padrão, amplitude de variação e coeficiente de variação, seguida neste comportamento, pelas series das estações de Estiva e Ouro Preto. Por outro lado, as series históricas de Itapecirica, Desterro Melo e Ibituruna apresentam estes indicadores de dispersão com valores elevados, além de apresentarem os valores máximos mais elevados

Na tabela 3 constam os resultados do teste de Filliben para todas as combinações entre as distribuições de probabilidades, os métodos de estimativa dos seus parâmetros e estações pluviométricas.

TABELA 3. Resultados do teste de Filliben para as distribuições de probabilidade de GEV, Gumbel e Gama 2P, com parâmetros ajustados pelos métodos MM, MV e ML.

Estações Pluviométrica	Distribuição de Probabilidade	Filliben r_{critic}	Filliben r_{calc}		
			MM	MV	ML
Barbacena	GEV	0,9599	0,9638 ^A	0,9780 ^A	0,9897 ^A
Carmo da Mata		0,9546	0,9875 ^A	0,9875 ^A	0,9866 ^A
Desterro Mello		0,9713	0,9761 ^A	0,9710 ^{NA}	0,9780 ^A
Divinópolis		0,9654	0,9875 ^A	0,9882 ^A	0,9756 ^A
Estiva		0,9553	0,9259 ^{NA}	0,9626 ^A	0,9924 ^A
Ibituruna		0,9599	0,9763 ^A	0,9708 ^A	0,9819 ^A
Itapecirica		0,9723	0,9848 ^A	0,9843 ^A	0,9838 ^A
Ouro Preto		0,9599	0,8595 ^{NA}	0,9374 ^{NA}	0,9855 ^A
Barbacena	GUMBEL	0,9599	0,9843 ^A	0,9843 ^A	0,9843 ^A
Carmo da Mata		0,9546	0,9868 ^A	0,9868 ^A	0,9868 ^A
Desterro Mello		0,9713	0,9767 ^A	0,9767 ^A	0,9767 ^A
Divinópolis		0,9654	0,9873 ^A	0,9873 ^A	0,9873 ^A
Estiva		0,9553	0,9752 ^A	0,9752 ^A	0,9752 ^A
Ibituruna		0,9599	0,9772 ^A	0,9772 ^A	0,9772 ^A
Itapecirica		0,9723	0,9847 ^A	0,9847 ^A	0,9847 ^A
Ouro Preto		0,9599	0,9560 ^{NA}	0,9560 ^{NA}	0,9560 ^{NA}
Barbacena	GAMA 2P	0,9599	0,9905 ^A	0,9836 ^A	0,9905 ^A
Carmo da Mata		0,9546	0,9815 ^A	0,9803 ^A	0,9815 ^A
Desterro Mello		0,9713	0,9643 ^{NA}	0,9641 ^{NA}	0,9630 ^{NA}
Divinópolis		0,9654	0,9732 ^A	0,9721 ^A	0,9198 ^{NA}
Estiva		0,9553	0,9901 ^A	0,9901 ^A	0,9899 ^A
Ibituruna		0,9599	0,9652 ^A	0,9641 ^A	0,9638 ^A
Itapecirica		0,9723	0,9736 ^A	0,9713 ^{NA}	0,9725 ^{NA}
Ouro Preto		0,9599	0,9773 ^A	0,9766 ^A	0,9771 ^A

Analisando-se inicialmente o desempenho das distribuições de probabilidade, constata-se que a distribuição de Gumbel apresentou ajuste em 87,5% dos casos, enquanto que a GEV em 83,3% e a Gama em 75%. Estes resultados diferem daqueles obtidos por ARAÚJO (2010), onde a distribuição de Gumbel apresentou desempenho inferior em relação a outras distribuições de probabilidade testadas pelo autor no município de Iguatu - CE. Vale destacar ainda, que a distribuição de Gumbel, apresentou valores de r_{calc} iguais para os 3 métodos de estimativa (MM; MV e ML) para cada uma das estações pluviométricas estudadas, tanto nos casos de aderência, quanto, nos de não aderência que estão concentrados em uma única

estação pluviométrica – Ouro Preto.

A distribuição GEV mostrou não aderência em duas associações com o MM e duas com o MV, sendo que 2 destes casos ocorreram na estação Ouro Preto. Os outros 2 casos de não aderência da GEV foram para estações distintas (Desterro Melo –MV e Estiva - MM). Outro fato a destacar é que a associação GEV-ML apresentou aderência para todas as oito estações pluviométricas, refletindo-se numa combinação que não apresentou restrição de aderência no presente estudo. A distribuição Gama 2P apresenta 6 casos de não aderência 3 dos quais em uma só estação (Desterro Melo – para os 3 métodos de ajuste – MM; MV e ML). Dois casos de não aderência numa mesma estação Itapecirica (MV e ML).

Da análise da performance dos métodos estimativa dos parâmetros das distribuições de probabilidade, constata-se que o MM e o ML propiciaram 83,3% de ajustes, enquanto que o MV propiciou ajuste em 79,2% dos casos. O único método que possibilitou identificar a aderência para todas as estações foi o ML associado à distribuição GEV. Resultados semelhantes foram obtidos por BLAIN (2011), QUADROS (2011) e BEIJO et al (2009), e diferentes dos de BLAIN (2012), que apontam a associação GEV - MV como de melhor desempenho.

Comparando-se os valores de r_{calc} para as estações pluviométricas, verifica-se que, à exceção das estações de Barbacena, Carmo da Mata, Divinópolis e Itapecirica, os demais valores gerados com base na GEV pelo ML são maiores que aqueles gerados pelas distribuições de Gumbel e Gama, ao contrário do que encontraram MELLO & SILVA (2005), HARTMAN et al. (2011) e SILVA & CLARKE (2004) onde foi verificado maior precisão do ajuste da distribuição de Gumbel quando associada ao MV.

Quanto ao conjunto de series históricas das estações pluviométricas, apenas 3 delas mostraram aderência para as 3 distribuições e os 3 métodos de ajustes de parâmetros (Barbacena, Carmo da Mata e Ibiturana), as demais, apresentaram sempre alguma combinação que não apresentou aderência a uma distribuição de probabilidade, sendo que a estação Ouro Preto apresenta 5 casos (55,5%) de não aderência, sendo que esse comportamento pode estar associado a possíveis eventos orográficos, pois a região é caracterizada por relevo muito acidentado, com presença de serras tendo como limite a norte a Serra de Ouro Preto e a sul a Serra do Itacolomi (SOBREIRA & FONSECA, 2001), e, Desterro Melo 4 casos (44,5%) de não aderência.

No caso da estação Ouro Preto nenhum dos métodos de ajuste quando associado a distribuição Gumbel resultou em aderência o que motivou estender a análise aplicando-se os testes de Qui-Quadrado (λ^2) e de Anderson Darling os quais permitem, especialmente, o segundo, comparar distribuições assintóticas, tabela 4.

Com base no λ^2 , a performance da Distribuição de Gumbel foi também de 87,5%, sendo que, os casos de não ajustamento foram para os 3 métodos de estimativa numa mesma estação (Ibiturana), a qual apresenta índices de dispersões elevados e com tamanho menor do que Itapecirica e Desterro Mello elevado grau de dispersão desta série que não possui número menor de informações (Tabela 2), o que resultou em requência reduzida em algumas classes determinando o agrupamento de classes para atender a uma frequência mínima. Esta limitação foi também destacada por FERREIRA (2005), acentuando a fragilidade deste teste em análises de séries assintóticas. Verificou-se também que os menores valores de λ^2 gerados, à exceção das séries históricas de Barbacena, Desterro Mello e Ibiturana foram encontrados para o método dos momentos L (ML).

No teste de Anderson Darling, o desempenho da distribuição de Gumbel foi de 58,3%, sinalizando um maior rigor do mesmo na constatação do ajuste da distribuição de probabilidades aos dados observados. Vale ressaltar que entre os casos de não ajuste (NA) houve uma concentração em três estações pluviométricas (Ouro Preto, Itapecirica e Desterro Mello) para as quais, independentemente do método de estimativa dos parâmetros não houve

ajuste. Como todas apresentam séries com mais de 41 anos de extensão, pode-se inferir que o tamanho da série não deve ter sido fator determinante na estimação dos parâmetros, contrapondo-se à afirmação NAGHETTINI & PINTO, (2007) que para o método da máxima verossimilhança de que séries com maior número de dados propiciam resultados mais satisfatórios.

TABELA 4. Estatísticas dos testes de Filliben, Qui-quadrado e Anderson – Darling gerados pelo ajuste da distribuição de probabilidade de Gumbel, considerando significância de 5%.

Estações Pluviométrica	Método	Distribuição Gumbel					
		Teste de Filliben		Anderson-Darling		λ^2	
		r_{critic}	r_{calc}	r_{critic}	r_{calc}	r_{critic}	r_{calc}
Barbacena	MM	0,9599	0,9843 ^A	0,757	0,687 ^A	0,352	0,201 ^A
Carmo da Mata		0,9546	0,9868 ^A	0,757	0,381 ^A	0,103	0,015 ^A
Desterro Mello		0,9713	0,9767 ^A	0,757	1,302 ^{NA}	0,711	0,128 ^A
Divinópolis		0,9654	0,9873 ^A	0,757	0,670 ^A	0,352	0,134 ^A
Estiva		0,9553	0,9752 ^A	0,757	0,380 ^A	0,352	0,306 ^A
Ibituruna		0,9599	0,9772 ^A	0,757	0,673	0,004	0,012 ^{NA}
Itapecirica		0,9723	0,9847 ^A	0,757	0,902 ^{NA}	0,711	0,076 ^A
Ouro Preto		0,9599	0,9560 ^{NA}	0,757	1,001 ^{NA}	0,103	0,027 ^A
Barbacena	MV	0,9599	0,9843 ^A	0,757	0,503 ^A	0,352	0,105 ^A
Carmo da Mata		0,9546	0,9868 ^A	0,757	0,470 ^A	0,103	0,021 ^A
Desterro Mello		0,9713	0,9767 ^A	0,757	1,065 ^{NA}	0,711	0,117 ^A
Divinópolis		0,9654	0,9873 ^A	0,757	0,780 ^{NA}	0,352	0,156 ^A
Estiva		0,9553	0,9752 ^A	0,757	0,325 ^A	0,352	0,138 ^A
Ibituruna		0,9599	0,9772 ^A	0,757	0,711 ^A	0,004	0,012 ^{NA}
Itapecirica		0,9723	0,9847 ^A	0,757	1,092 ^{NA}	0,711	0,111 ^A
Ouro Preto		0,9599	0,9560 ^{NA}	0,757	0,824 ^{NA}	0,103	0,028 ^A
Barbacena	ML	0,9599	0,9843 ^A	0,757	0,596 ^A	0,352	0,151 ^A
Carmo da Mata		0,9546	0,9868 ^A	0,757	0,369 ^A	0,103	0,013 ^A
Desterro Mello		0,9713	0,9767 ^A	0,757	0,933 ^{NA}	0,711	0,122 ^A
Divinópolis		0,9654	0,9873 ^A	0,757	0,666 ^A	0,352	0,133 ^A
Estiva		0,9553	0,9752 ^A	0,757	0,402 ^A	0,352	0,190 ^A
Ibituruna		0,9599	0,9772 ^A	0,757	0,589 ^A	0,004	0,019 ^{NA}
Itapecirica		0,9723	0,9847 ^A	0,757	0,902 ^{NA}	0,711	0,077 ^A
Ouro Preto		0,9599	0,9560 ^{NA}	0,757	0,868 ^{NA}	0,103	0,026 ^A

NA - Valores não adequados; A – valores adequados aos testes de Filliben, Anderson-Darling e Qui-quadrado

Novamente vale destacar que as séries históricas de Barbacena, Carmo da Mata e Estiva mostraram ajustes para todos os testes de verificação. Por outro lado, a série histórica que apresentou maior restrição para o ajuste foi a de Ouro Preto, que somente apresentou aderência pelo teste λ^2 .

CONCLUSÕES

1. Com base no teste de Filliben e nas combinações Distribuição de Probabilidade

e Métodos de Ajuste, a Distribuição de Gumbel apresentou melhor performance, entretanto, não houve como diferenciar o seu desempenho quando se analisou a sua interação com os métodos de estimativa dos parâmetros, o que requereu o emprego dos testes estatísticos de aderência Qui-quadrado (λ^2) e Anderson Darlling.

3. Entre as distribuições de probabilidades avaliadas a GEV associada ao método dos momentos L (ML) apresentou aderência para todas as oito estações pluviométricas, podendo, portanto, dentro deste contexto, ser indicada sem restrição de aderência em regiões classificadas com média a alta intensidade e erosividade das chuvas.

4. Considerando o numero de ajustes verificados, os métodos de estimativa dos parâmetros (o MM e o ML) apresentaram melhor performance (83% dos casos) do que o MV (79.2 % dos casos)

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional das Águas. Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em 10/04/2012.

ARAÚJO, E. M.; SILVA, I. N.; OLIVEIRA, J. B.; CAVALCANTE JÚNIOR, E. G.; ALMEIDA, . M. Aplicação de seis distribuições de probabilidade a séries de temperatura máxima em Iguatu – CE. **Revista de Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1 p. 36-45, 2010.

BEIJO, L. A.; VIVANCO, M. J. F.; MUNIZ, J. A. Análise Bayesiana no estudo do tempo de retorno das precipitações máximas em Jaboticabal (SP). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.1, p. 261-270, 2009.

BLAIN, C. G.; Cento e vinte anos de totais extremos de precipitação pluvial máxima diária em Campinas, Estado de São Paulo: análises estatísticas. **Bragantia**, Campinas v.70, n.3, p.722-728, 2011.

BLAIN, C. G.; CAMARGO, M. B. P. Probabilistic structure of an annual extreme rainfall series of a coastal area of the state of São Paulo, Brazil. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.32, n.3, p.552-559, 2012.

CATALUNHA, M. J. et al. Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a series de precipitação pluvial no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 01, p. 153-162, 2002.

CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas naturais Disponível em <http://www.cemaden.gov.br/municipiosprio.php>, Acesso em: 25/03/2014.

FERREIRA, D. F. **Estatística Básica**. 1. ed. Lavras: Editora UFLA, 2005. 664 p.

HATMANN, M.; MOALA, F. A.; MENDONÇA, M. A. Estudo das precipitações máximas anuais em Presidente Prudente. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.26, n.4, 561 – 568, 2011.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M. Métodos Estimadores dos Parâmetros da Distribuição de Gumbel e sua Influência em Estudos Hidrológicos de Projeto. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n, 4, p. 318-334, 2005.

MELLO, C. R.; SÁ, M. A. C. de; CURI, N; MELLO, J. M.; VIOLA, M. R.; SILVA, A. M. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 537-545, 2007.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A.: **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552p.

QUADROS, L. E.; QUEIROZ, M. M. F.; BOAS M. A. V.; Distribuição de frequência e temporal de chuvas intensas. **Acta. Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.33, n.3, p.401-410, 2011.

SANSIGOLO, C. A. Distribuição de Extremos de Precipitação Diária, Temperatura Máxima e Mínima e Velocidade do Vento em Piracicaba, SP (1917-2006). **Revista Brasileira de**

Meteorologia, São José dos Campos, v. 23, n. 3, p. 341-246, 2008.

SOBREIRA, F.G. & FONSECA, M.A. Impactos físicos e sociais de antigas atividades de mineração em Ouro Preto, Brasil. **Revista Portuguesa de Geotecnia**, Lisboa, nº 92, p. 5-28. 2001.

SILVA, B. C.; CLARKE, R. T. Análise estatística de chuvas intensas na Bacia do Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos v. 19, n. 3, p. 265-272, 2004.