

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

ANÁLISE PROBABILÍSTICA DE EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO EXTREMA EM UMA ILHA OCEÂNICA DO ATLÂNTICO SUL

Lucas de Sousa Santos ¹ ; Maria Fernanda Corrêa de Mello Ruas ² & Matheus Fonseca Durães ³

Abstract: Studies of extreme events, such as maximum annual rainfall, using probabilistic estimates, are an important tool for conservation practices. Probability distributions make it possible to estimate hydrological events associated with their frequencies of occurrence and, in this sense, various distributions have been used with different adjustment methods. The aim of this study was to verify the adherence of the Gumbel and GEV distributions to annual maximum daily rainfall data for the oceanic island of Trindade. The methods of moments, maximum likelihood and L-moments were used to estimate the parameters of the distributions, and the adherence of the fits was assessed using the chi-square, Anderson Darling and Filliben tests. The GEV distribution showed the best fit to the observed data when estimated using the method of moments, followed by the maximum likelihood method, and both distributions were suitable for estimating the annual maximum daily rainfall in all parameter adjustment methods.

Resumo: Os estudos de eventos extremos, como precipitação máxima anual, por meio de estimativas probabilísticas, constituem-se num importante instrumento para práticas conservacionistas. As distribuições de probabilidade possibilitam a estimativa de eventos hidrológicos associados às suas frequências de ocorrência e nesse sentido, várias distribuições têm sido empregadas com diferentes métodos de ajuste. Objetivou-se neste trabalho, verificar a aderência das distribuições Gumbel e GEV aos dados de precipitação máxima diária anual para a ilha oceânica da Trindade. Para a estimativa dos parâmetros das distribuições, utilizou-se os métodos dos momentos, método da máxima verossimilhança e momentos-L, onde a aderência dos ajustes foi avaliada pelos testes de Qui-quadrado, Anderson Darling e Filliben. A distribuição GEV se apresentou com melhor ajuste aos dados observados quando estimada pelo método dos momentos, seguida do método de máxima verossimilhança e ambas as distribuições foram adequadas para estimar a precipitação máxima diária anual em todos os métodos de ajuste de parâmetro.

Palavras-Chave – Distribuição; teste de aderência; hidrologia.

INTRODUÇÃO

Eventos extremos de precipitação, que incluem chuvas extremas e longos períodos de dias consecutivos secos, são os fenômenos atmosféricos mais perturbadores (Santos & Manzi, 2011; Zin et al. 2010) e dessa forma, estudos relacionados a avaliação de variáveis climáticas são de grande importância para a compreensão dos impactos das atividades humanas no meio ambiente, uma vez

1) Bacharelado em Geografia, Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos – LCRH. Universidade Federal de Uberlândia. Av. João Naves de Ávila, 2121. Bairro Santa Mônica, Bloco 5M, sala 302C. 38400-902. Uberlândia, MG. lucas.santos2@ufu.br

2) Licenciada em Geografia, Bacharelado em Geografia, Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos – LCRH. Universidade Federal de Uberlândia. Avenida João Naves de Ávila, 2121. Bairro Santa Mônica, Bloco 5M, sala 302C. CEP: 38400-902. Uberlândia, MG. (34) 99892-6578, maria.ruas@ufu.br

3) Professor, Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos – LCRH. Universidade Federal de Uberlândia. Avenida João Naves de Ávila, 2121. Bairro Santa Mônica, Bloco 5M, sala 302C. CEP: 38400-902. Uberlândia, MG. (34) 3239-8362, duaes@ufu.br

que dentro do contexto ambiental, essas atividades são projetadas a partir da suposição de que a sequência de dados climáticos seja estatisticamente estacionária (Alexandre et al., 2010), podendo não ocorrer quando se aborda aspectos de alteração do uso do solo, bem como fenômenos climáticos.

As chuvas intensas são importantes em diferentes aspectos que vão desde a gestão de recursos hídricos, controle de inundações em áreas urbanas, dimensionamento de estruturas hidráulicas a práticas que visam a conservação do solo e da água, podendo ser caracterizada através das relações intensidade-duração-frequência, determinadas segundo Silva & Clarke (2004), por meio de uma série de dados suficientemente longa e representativa do local de interesse, envolvendo o ajuste de distribuições estatísticas aos valores máximos anuais.

No âmbito dos efeitos dos eventos extremos na conservação do solo, o processo de degradação se dá principalmente pelo arreste de partículas, reduzindo sua espessura, capacidade de retenção e de redistribuição da água no perfil, com consequente aumento no escoamento superficial direto resultando em maiores taxas de erosão (Santos et al. 2010).

Segundo Cunha et al. (2013), os impactos decorrentes das alterações no uso do solo, como alterações no clima regional e global por meio de processos biofísicos e biogeoquímicos, podem ser especialmente notados devido as mudanças relacionadas às propriedades radiativas da superfície (albedo), as quais afetam o balanço de energia e trocas de calor sensível e latente entre a superfície e a atmosfera. Tais alterações resultam em mudanças na temperatura do ar, na pressão de vapor, estabilidade atmosférica e a formação de nuvens e ocorrência de chuvas, conforme sugerem Twine (2004) e Clark et al. (2001).

Esses efeitos nocivos dos eventos extremos demonstram a necessidade de estudar a precipitação em um contexto de modelagem estatística embora, segundo Hartmann et al. (2011), a precipitação ser um processo aleatório e, portanto, não permitir uma previsão determinística.

Considerando ambientes oceânicos, Clemente et al. (2012) mostram que os estudos pedológicos de ilhas oceânicas têm identificados solos com muitas características peculiares, que refletem a influência do material de origem vulcânico, isolamento geográfico variáveis e outros fatores ligados ao domínio oceânico, demonstrando a necessidade de estudos específicos para estas localidades, uma vez que não se pode compreender a composição e a característica de uma determinada classe de solo sem levar em consideração seu material de origem e suas propriedades em geral, tal como menor ou maior resistência ao intemperismo, conforme sugere Guerra et al. (2001), além de um desequilíbrio dinâmico entre cobertura vegetal e os recursos hídricos (Castro, 2010).

Diante do exposto, este trabalho objetivou estudar os eventos máximos de precipitação por meio de modelos estatísticos Gumbel e GEV na ilha de Trindade, visando identificar qual distribuição de probabilidade representa melhor os dados de chuva máxima diária anual, permitindo subsidiar ações de controle de erosão em um ambiente influenciado pelo regime oceânico, bem como a análise de tendências do comportamento do regime pluvial dessa localidade. Ressalta-se que estudos desta natureza têm sido amplamente empregados em áreas continentais, contudo, não foram encontrados estudos deste tipo em ilhas oceânicas do Atlântico Sul Tropical, revelando a necessidade e a importância de um programa de monitoramento neste ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS

A ilha da Trindade situa-se no Atlântico Sul (Figura 1), com uma área de 9,2 km² (Mohr et al., 2009), localizada aproximadamente na latitude da cidade de Vitória – ES, distante 1.140 km da costa, nas coordenadas 20°29-32' S e 29°17-21' W. A parte emersa da ilha, em forma de um cimo erodido,

repousa sobre o assoalho oceânico a quase 5.500 m de profundidade, resultado de cinco formações geológicas denominadas Complexo Trindade (Clemente et al., 2012), sendo que os pontos mais altos acima da superfície do mar apresentam altitudes de aproximadamente 600 m.

O clima é do tipo oceânico tropical, com temperatura média anual de 25°C, sendo o mês de fevereiro o mais quente (30°C) e o de agosto o mais frio (17°C) (Mohr et al., 2009), com precipitação média anual de 923 mm, mas muito variável (Clemente et al., 2009). Entre os meses de abril a outubro, a ilha sofre invasões periódicas de frentes frias vindas da Antártica que sobem pela Argentina e pelo sul do Brasil e ao chegar na região Sudeste, desviam para o oceano e alcançam Trindade, provando mudanças abruptas nas condições do mar.

Figura 1. Mapa de localização da ilha de Trindade.



A série de precipitação aplicada ao estudo foi extraída do banco de dados do posto oceanográfico da Ilha da Trindade (POIT), código 83650, pertencente ao 1º Distrito Naval e fornecidos pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil, localizada na latitude sul de 20°31'29" e na longitude oeste de 29°19'29", compreendendo o período de 1984 a 2010 (embora houvesse registro de precipitação datando do ano de 1925), instalada a 12 metros do nível do mar.

Para a série histórica de precipitação máxima diária anual foram ajustados os parâmetros das distribuições Gumbel e GEV, cujas funções densidade de probabilidade (FDP) são apresentadas nas Eqs. 1 e 2, respectivamente:

$$FDP = \alpha \cdot e^{\{-\alpha(x-\mu) - e^{-\alpha(x-\mu)}\}} \quad (1)$$

$$FDP = f(x) = \frac{1}{\alpha} \cdot \left[1 - \xi \cdot \left(\frac{x-\mu}{\alpha} \right) \right]^{\left(\frac{1+\xi}{\xi} \right)} \cdot \exp \left\{ - \left[1 - \xi \cdot \left(\frac{x-\mu}{\alpha} \right) \right]^{\frac{1}{\xi}} \right\} \quad (2)$$

em que x é a precipitação máxima diária anual (mm) e α , μ , ξ são os parâmetros da distribuição de probabilidade.

Para a estimativa dos parâmetros das distribuições de probabilidade, utilizou-se os métodos dos momentos (MM), métodos da máxima verossimilhança (MV) e métodos dos momentos L (ML), conforme descrito em Naghettini & Pinto (2007).

Para verificar a aderência dos ajustes dos parâmetros das distribuições utilizadas, foram empregados os testes de Qui-quadrado (χ^2), Anderson Darling (AD^2) e Filliben (r_{calc}). Para o cálculo

de χ^2 foram geradas classes de frequência para a série de dados estimada pelos métodos de ajuste dos parâmetros, onde o somatório das diferenças quadráticas resulta no valor de χ^2 calculado, onde o modelo é aceito quando este valor calculado é menor que o tabelado para um grau de significância. A equação que apresenta o teste é apresentada a seguir:

$$\chi^2_{\text{calculado}} = \sum_{i=1}^n \frac{(f_{oi} - f_{ti})^2}{f_{ti}} \quad (3)$$

em que f_o e f_t representa a frequência observada e calculada para cada intervalo, respectivamente.

Em relação ao teste de aderência de Anderson Darling, o qual se baseia na diferença entre as funções de probabilidade empírica e teórica das variáveis e segundo Naghettini & Pinto (2007), neste teste dá-se mais peso às caudas das distribuições, é calculado de acordo com a Eq. (4).

$$AD^2 = -N - \frac{[\sum (2 \cdot i - 1) \cdot \{(\ln(P_1(X < x_i))) + (\ln(P_2(X > x_i)))\}]}{N} \quad (4)$$

em que i é a ordem dos dados da série histórica, $P_1(X < x_i)$ é a probabilidade de não excedência, $P_2(X > x_i)$ é a probabilidade de excedência e N o número de dados.

O teste de Filliben estima o coeficiente de correlação (r_{calc}) entre os dados observados (x_i) e os estimados com base no inverso da função da distribuição de probabilidade utilizada (w_i), conforme Eq. (5).

$$r_{\text{calc}} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) \cdot (w_i - \bar{w})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^N (w_i - \bar{w})^2}} \quad (5)$$

$$w_i = F^{-1}(q_i) \quad (6)$$

$$q_i = \frac{i - a}{N + 1 - 2 \cdot a} \quad (7)$$

em que F^{-1} é a função inversa da FDP, q_i a frequência observada, N o número de dados da série histórica, i a posição ocupada pelo valor da série e a é o parâmetro adotado em função da distribuição utilizada.

A avaliação da tendência na variação da precipitação total anual, sazonal, máxima diária anual, nas séries históricas, foi feita pelo teste não paramétrico de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) e pela análise de regressão linear. Para escala sazonal, utilizaram-se os dados dos meses de janeiro, abril, julho e setembro, os quais representam os meses centrais das estações de verão, outono, inverno e primavera, respectivamente, conforme apresentado por Ávila et al. (2014). Na escala anual, utilizaram-se os valores extremos e total anual da precipitação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as duas distribuições analisadas foi possível observar variações nos ajustes dos parâmetros pelos diferentes métodos de estimativa, bem como variação entre as distribuições para um mesmo método de estimativa dos parâmetros, tal como observado por Franco et al. (2014). Contudo, todos os métodos promoveram ajustes aceitáveis pelos testes de aderência empregados.

A estimativa dos parâmetros das distribuições a partir dos dados observados pode ser feita numericamente, sendo indicado segundo Back (2001), os métodos dos momentos e o método da máxima verossimilhança. Ainda de acordo com este autor, a estimativa dos parâmetros pelo MV é aceita como sendo o mais eficiente, embora numericamente mais difícil, comparada ao MM. A

determinação dos parâmetros está apresentada na Tabela 1 e os ajustes dos modelos em relação aos dados observados na Figura 2.

Figura 2. Distribuição de frequência à série histórica de precipitação máxima diária anual do posto oceanográfico da Ilha de Trindade, pelas distribuições de probabilidade Gumbel (A) e GEV (B).

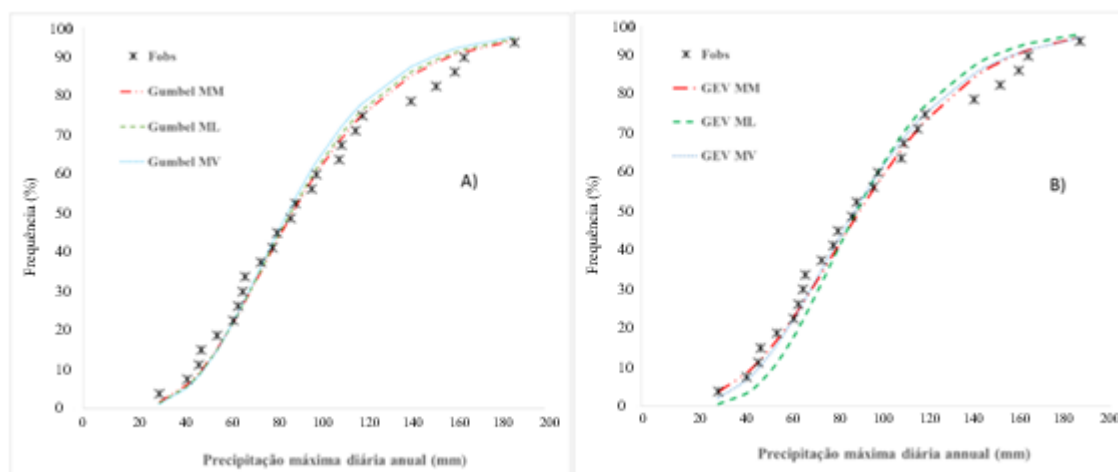


Tabela 1. Resultados referentes aos parâmetros das distribuições de probabilidade considerando-se as séries adequadas, segundo os testes de χ^2 , AD^2 e r_{calc} .

FDP	Parâmetro	Método		
		MM	MV	ML
Gumbel	α	0,031	0,0325	0,034
	μ	77,66	77,27	76,53
GEV	α	36,07	32,8	34,79
	μ	78,77	77,75	76,95
	ξ	0,107	0,027	0,027

Segundo Mello & Silva (2013), o teste de aderência χ^2 é quantitativo, permitindo demonstrar qual distribuição se ajusta melhor à série analisada e de acordo com esses autores, pelos resultados encontrados, a distribuição Gumbel teve melhor ajuste com os parâmetros estimados pelo método dos momentos assim como na GEV, contudo, entre as duas distribuições, a que apresentou melhor comportamento foi a GEV estimada pelo MM e MV.

Esse comportamento da distribuição Gumbel estimada pelo MM se assemelha ao encontrado em Koberg e Eggers (1973), onde para esses autores o método dos momentos aplicado a essa distribuição é suficientemente preciso e virtualmente invariável, além de ser mais simples de calcular, com ressalva para séries que apresentem alta assimetria, uma vez que nessa situação, este método conduziria a estimativas mais pobres dos parâmetros.

Esses resultados diferem, por exemplo, daqueles encontrados por Franco et al. (2014), onde a GEV estimada utilizando o método dos ML para estimativa dos parâmetros foi considerada a mais adequada para estudos de precipitação máxima diária anual, seguida da Gumbel estimada pelo MV, onde no presente estudo.

Alves et al. (2013) avaliaram a adequação das funções Gumbel e GEV, com os parâmetros ajustados pelos MM, MV e ML para a estação climatológica da Universidade Federal de Mato Grosso e, observaram que a GEV estimada pelo MV foi a que melhor se adequou à série trabalhada.

Considerando esses resultados, Marques et al. (2014) avaliaram o desempenho de distribuições de probabilidade aplicados a eventos extremos de precipitação diária em uma região caracterizada por precipitações médias a elevadas, a partir da análise de oito estações pluviométricas e concluíram baseados nas estatísticas de teste que a distribuição Gumbel apresentou o melhor desempenho, seguida da GEV e da distribuição Gama.

Oliveira et al. (2014) utilizaram a GEV ajustada pelo ML na região sul de Minas Gerais para o estudo da precipitação máxima diária anual, concluindo que este método de ajuste foi a melhor opção para a estimativa dessa variável em diferentes tempos de retorno.

Papalexiou & Koutsoyiannis (2013) verificaram qual dos três tipos da GEV se ajustaram melhor aos dados de precipitação máxima diária anual em 15.137 estações ao redor do mundo e verificaram que a distribuição do tipo II se melhor ajustou aos dados observados, além dos efeitos da localização geográfica e tamanho da série histórica sobre o parâmetro de forma da GEV.

Fischer et al. (2011) aplicaram a GEV, generalizada de Pareto, Wakeby e Gama 3P para estudar a precipitação máxima diária anual em uma bacia no sul da China, avaliando um total de 192 estações, para um período de 46 anos de observações, com os resultados indicando que a GEV foi a distribuição mais confiável para estimação dos índices, contudo, a GEV não foi a distribuição mais apropriada para todas as estações.

Em relação à distribuição Gumbel, Nadarajah & Choi (2007) estudaram a distribuição de eventos extremos de precipitação diária para a Coreia do Sul e verificaram que esta distribuição representou de maneira satisfatória as condições pluviométricas. Esse comportamento para a essa distribuição também foi encontrado nos estudos de Sansigolo (2008) ao avaliar as distribuições de extremos de precipitação diária, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento para a cidade de Piracicaba – SP. Isso mostra que, embora a GEV tenha proporcionado um melhor ajuste, a distribuição Gumbel também é importante para estudos desta natureza.

Na Tabela 3 tem-se os resultados das estatísticas dos testes de aderência empregados para as distribuições Gumbel e GEV ajustadas por MM, ML e MV. Os resultados demonstraram que ambos ajustes foram aceitos pelos testes realizados.

Tabela 3. Resultados dos testes de aderência para cada distribuição.

Distribuição	Teste	MM	ML	MV	Tabelado
Gumbel	χ^2	2,84	3,35	4,23	5,991
	AD ²	0,170	0,215	0,316	0,757
	Filliben	0,991	0,99	0,98	0,964
GEV	χ^2	1,41	4,85	2,48	5,991
	AD ²	0,175	0,549	0,162	0,757
	Filliben	0,99	0,992	0,992	0,961

Assim como observado em Qian (2008), a compreensão dos processos climáticos em ambientes oceânicos é importante para melhorar a previsibilidade do clima regional, o que é fundamental para o reforço da capacidade de modelagem em aplicações climáticas locais. Nesse sentido, os resultados obtidos mostram que a partir do ajuste dos parâmetros das distribuições de probabilidade, pode-se calcular a precipitação provável para diferentes tempos de retorno, o que para a ilha da Trindade é uma alternativa para o planejamento de atividades conservacionistas e de recuperação da cobertura e uso do solo, no tocante à diminuição dos processos erosivos, bem como, reafirma o que foi exposto por Back (2001), onde muitos autores assumem a hipótese de que os dados analisados seguem modelo

probabilístico de Gumbel sem testá-lo ou verificar se alguma outra distribuição apresentaria um melhor ajuste frente aos dados observados.

Em relação à série de precipitação, foi observado um valor máximo de 2.578 mm, ocorrido no ano de 2008 e um valor mínimo de 479,1 mm no ano de 2006, enquanto a média foi de 963,5 mm, não sendo observado o predomínio de uma estação mais chuvosa. Este fato pode ser relacionado, de acordo com Reboita et al. (2010), ao clima oceânico, o qual é propício para a formação de nuvens de chuvas, diferentemente do que ocorre no continente, o qual sobre influência de zonas de alta pressão atmosférica bem como de bloqueios atmosféricos, especialmente no inverno, na faixa tropical de latitudes.

Após a observação dessas séries históricas, fez-se a análise estatística para detecção de possíveis tendências nessas séries, através do teste de Mann-Kendall e não foi detectada presença de tendência (Tabela 4). Como a hipótese nula foi aceita, o teste de regressão linear não foi realizado.

Tabela 4. Resultados dos testes estatísticos para as séries de precipitação.

Precipitação	S	Z_{MK}	t-Student
Total Anual	-36	-0,817	0,45
Máxima Diária Anual	-6	-0,117	0,523
Janeiro (Verão)	-22	-0,49	1,06
Abril (Outono)	-4	-0,07	0,274
Julho (Inverno)	-46	-1,051	0,194
Setembro (Primavera)	-48	-1,098	-0,279

Alexandre et al. (2010) realizaram um estudo sobre tendências no regime pluvial da região metropolitana de Belo Horizonte e de acordo com resultados encontrados, houve uma possível tendência de aumento da precipitação no período mais seco (abril a setembro), em contraposição a uma tendência de diminuição de chuvas no período mais chuvoso (outubro-março). Esses autores chamam atenção para estudos dessa natureza, para os quais deve-se ter cuidado ao se apontar como causa das catástrofes naturais observadas atualmente as alterações climáticas, tendo em vista a complexidade em dissociar essas alterações das variações naturais do clima.

Em termos de precipitação máxima diária anual, relevante para estudos do comportamento de eventos extremos, observou-se um valor máximo de 187 mm, com média de 96 mm para o período analisado. Da mesma forma, não foi detectada presença de tendência na série histórica.

Blain et al. (2009) estudaram a variabilidade amostral das séries mensais de precipitação pluvial em duas regiões do Brasil (Pelotas – RS e Campinas – SP). Os autores não encontraram indicações de qualquer tipo de tendência (diminuição ou aumento) no regime de precipitação por meio da aplicação do teste da razão de verossimilhança.

Analisando a tendência das precipitações mensais e anual na bacia hidrográfica do rio Brígida, em Pernambuco, Fachine e Galvêncio (2009) concluíram que as séries analisadas não apresentaram tendências nas precipitações, reforçando que essas séries possuem alta consistência climatológica.

A distribuição temporal da precipitação, na escala sazonal, bem como dos valores máximos anuais e total anual, podem ser visualizados na Figura 3 e 4, respectivamente.

Figura 3. Distribuição temporal da precipitação sazonal na ilha da Trindade, Oceano Atlântico Sul Tropical.

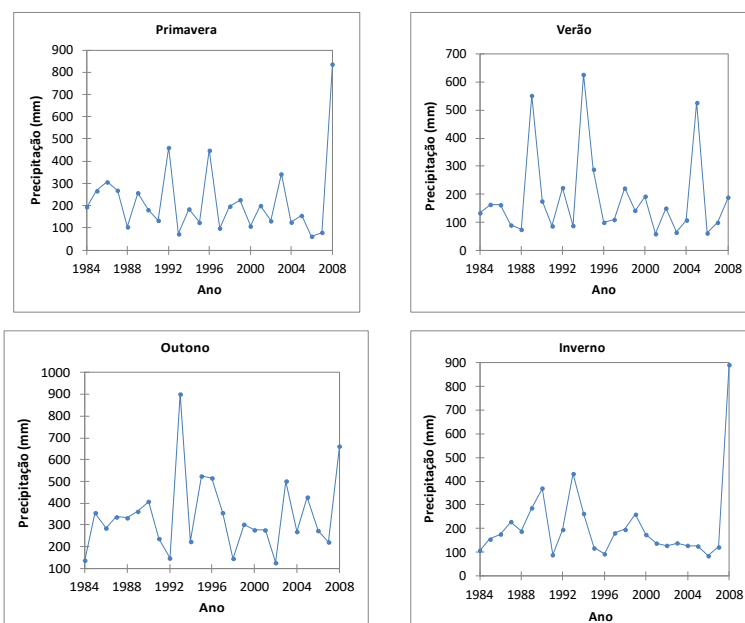
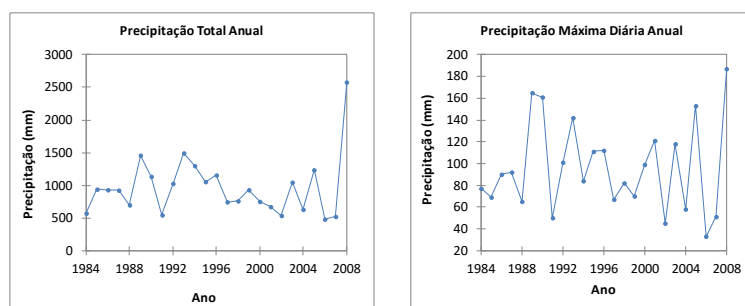


Figura 4. Precipitação total anual e máxima diária anual na Ilha de Trindade.



CONCLUSÕES

Os resultados baseados nos testes de Filliben, Qui-quadrado e Anderson Darling, mostraram que ambas as distribuições de probabilidade se ajustaram à série histórica, para todos os métodos de estimação de parâmetros utilizados;

A GEV com os parâmetros estimados pelo MM e MV apresentaram os melhores ajustes;

A partir dos parâmetros estimados para ambas as distribuições, pode-se estudar efeitos de precipitações associadas a diferentes períodos de retorno e seus impactos na formação de escoamento superficial e consequente aumento do processo erosivo;

Não houve tendência nas séries de precipitação analisadas.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, G. R.; BAPTISTA, M. B.; NAGHETTINI, M. (2010) “Estudo para identificação de tendências do regime pluvial na região metropolitana de Belo Horizonte a partir de métodos estatísticos.” Revista Brasileira de Recursos Hídricos 15(2), pp.115-126.

- ALVES, A. V. P.; SANTOS, G. B. S.; MENEZES FILHO, F. C. M.; SANCHES, L. (2013). “*Análise dos métodos de estimativa para os parâmetros das distribuições de Gumbel e GEV em eventos de precipitações máximas na cidade de Cuiabá – MT.*” Revista Eletrônica de Engenharia Civil 6(1), pp.32-43.
- BLAIN, G. C.; CAMARGO, M. B. P. (2012). “*Probabilistic structure of an annual extreme rainfall series of a coastal area of the state of São Paulo, Brazil.*” Engenharia Agrícola 32, pp.552-559.
- BACK, A. J. (2001). “*Seleção de distribuição de probabilidades para chuvas diárias extremas do estado de Santa Catarina.*” Revista Brasileira de Meteorologia 16(2), pp.211-222.
- CALDEIRA, T. L.; BESKOW, S.; MELLO, C. R.; FARIA, L. C.; SOUZA, M. R. DE, GUEDES, H. A. S. (2015). “*Modelagem probabilística de eventos de precipitação extrema no estado do Rio Grande do Sul.*” Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 19(3), pp.197-203.
- CASTRO, J. W. A. (2010). “*Ilhas oceânicas da Trindade e Fernando de Noronha, Brasil: uma visão da geologia ambiental.*” Revista da Gestão Costeira Integrada, 10(3), pp.303-319.
- CLARK, D. B.; XUE, Y.; HARDING, R. J. VALDES, P. J. (2001). “*Modeling the impact of land surface degradation on the climate of tropical north Africa.*” Journal of Climate, 14, pp.1809-1822.
- CLEMENTE, E. P.; SCHAEFER, C. E.; OLIVEIRA, F. S.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; ALVES, R. J.; FIRME SÁ, M. M.; MELO, V. F.; CORRÊA, G. R. (2009). “*Topossequência de solos na ilha da Trindade, Atlântico Sul.*” Revista Brasileira de Ciência do Solo 33(5), pp.1357-1371.
- CLEMENTE, E. P.; SCHAEFER, E. R. G.; OLIVEIRA, F. S.; MARCIANO, L. C.; CLEMENTE, A. D. (2012). “*Geoquímica dos solos da ilha da Trindade, Atlântico Sul, Brasil.*” Geociências 31(1), pp. 57-67.
- CUNHA, A. P. M. A.; ALVALÁ, R. C. S.; OLIVEIRA, G. S. (2013). “*Impactos das mudanças de cobertura vegetal nos processos de superfície na região semiárida do Brasil.*” Revista Brasileira de Meteorologia 28(2), pp.139-152.
- FISCHER, T. SU, B.; LUO, Y.; SCHOLTEN, T. (2011). “*Probability distribution of precipitation extremes for weather index-based insurance in the Zhujiang river basin, South China.*” Journal of Hydrometeorology, 13(3), pp.1023-1037.
- FRANCO, C. S.; MARQUES, R. F. P. V.; OLIVEIRA, A. S.; OLIVEIRA, L. F. (2014). “*Distribuição de probabilidades para precipitação máxima diária na bacia hidrográfica do rio Verde, Minas Gerais.*” Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 18(7), pp.735-741.
- GUERRA, A.J.T. (2001). “*Processos erosivos nas encostas*”, in Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Org. por Guerra, A. J. T. e Cunha, S. B. da., ed Bertrand Brasil, Rio de Janeiro – RJ, pp. 149-209.
- HARTMANN, M.; MOALA, F. A.; MENDONÇA, M. A. (2011). “*Estudo das precipitações máximas anuais em Presidente Prudente.*” Revista Brasileira de Meteorologia 26, pp.561-568.
- JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A.; MELLO, C. R. DE; ALVES, G. J. (2015). “*Eventos extremos de precipitação no alto rio Grande, MG: análise probabilística.*” Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 19, pp. 301-308.
- KOBERG, D.; EGGERS, H. (1973) “*Some aspect for the selections of an adequate probability distribution for flood analysis*”, in International Symposium River Mechanical IAHR. Bangkok, 1973, 2, pp. 229-239.

- MARQUES, R. F. P. V.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; FRANCO, C. S.; OLIVEIRA, A. S. (2014). "Performance of the probability distribution models applied to heavy rainfall daily events." *Ciência e Agrotecnologia*, 38(4), pp.335-342.
- MELLO, C. R. DE; VIOLA, M. R. (2013). "Mapeamento de chuvas intensas no estado de Minas Gerais." *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 37, pp. 37-44.
- MELLO, C. R.; SILVA, A. M. (2013). *Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas*. UFLA: Lavras – MG, 455p.
- MOHR, L. V.; CASTRO, J. W. A.; COSTA, P. M. S.; ALVES, R. J. (2009). *Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo – volume II*. MMA/Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília – DF, 502p.
- NADARAJAH, S.; CHOI, D. (2007). "Maximum daily rainfall in South Korea." *Journal of Earth System Science*, 116(4), pp.311-320.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. (2007). *Hidrologia estatística*. CPRM, Belo Horizonte – MG, 552p.
- OLIVEIRA, A. S.; MELLO, C. R.; FRANCO, C. S.; MARQUES, R. F. P.; SILVA, A. M. (2014). "Aplicabilidade da distribuição GEV ao estudo da precipitação máxima diária anual na região sul de Minas Gerais." *Revista Agrogeoambiental* 6, pp.31-44.
- PAPALEXIOU, S. M.; KOUTSOYIANNIS, D. (2013). "Battle of extreme value distribution: a global survey on extreme daily rainfall." *Water Resource Research* 49(1), pp.187-201.
- QIAN, J. (2008). "Why precipitation is mostly concentrated over islands in the maritime continent." *Journal of the Atmospheric Sciences*, 65, pp.1428-1441.
- SANSIGOLO, C. A. (2008). "Distribuições de extremos de precipitação diária, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento em Piracicaba, SP." *Revista Brasileira de Meteorologia*. 23, pp.241-246.
- SANTOS, C. A. C. DOS; MANZI, A.O. (2011). "Eventos extremos de precipitação no estado do Ceará e suas relações com a temperatura dos oceanos tropicais." *Revista Brasileira de Meteorologia* 26(1), pp.157-165.
- SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. (2010). "Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica." *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 14, pp.115-123.
- SILVA, B. C.; CLARKE, R. T. (2004). "Análise estatística de chuvas intensas na bacia do rio São Francisco." *Revista Brasileira de Meteorologia* 19, pp.265-272.
- TWINE, T. E. (2004). "Effects of land cover change on the energy and water balance of the Mississippi river basin." *Journal of Hydrometeorology* 5, pp.640-655.
- ZIN, W. Z. W.; JAMALUDIN, S.; DENI, S. M.; JEMAIN, A. A. (2010). "Recent changes in extreme rainfall events in Peninsular Malaysia: 1971-2005." *Theoretical and Applied Climatology* 99, pp.303-314.