ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

APLICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL PARA VALORES EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA-ES

COTTA, Higor Henrique Aranda – cotta.higor@gmail.com
Estatístico – Universidade Federal do Espírito Santo

CORREA, Wesley de Souza Campos – wesley.campos.correa@gmail.com
Geógrafo – Universidade Federal do Espírito Santo

ALBUQUERQUE, Taciana Toledo de Almeida – tacianatoledo26@gmail.com
Meteorologista – Universidade Federal de Minas Gerais.

RESUMO: O presente estudo tem como objetivo modelar através da distribuição de Gumbel para valores extremos, a precipitação máxima mensal, e analisar a precipitação acumulada mensal que atingiu o município de Vitória-ES no período de 1993 - 2012, como subsídio para a prevenção de desastres naturais deflagrados pelas precipitações extremas. Para estimar os parâmetros de locação e escala, foi utilizado o método da máxima verossimilhança e método dos momentos. Também foi aplicado o teste não paramétrico de Mann-Kendall sazonal para verificar a existência de tendência na série de precipitação acumulada mensal. Mediante aos resultados obtidos, não foi verificada a existência de tendência na série de precipitação acumulada mensal. Para as séries de precipitação máxima mensal, o estudo concluiu que os meses de janeiro a junho e de outubro a dezembro apresentaram maior probabilidade de ocorrerem chuvas acima de 100 mm diários. Em adição, confirmou-se que o período mais chuvoso no município ocorre de outubro a março. Os dados de precipitação máxima mensal ajustaram-se plausivelmente à distribuição de Gumbel.

PALAVRAS-CHAVE: precipitação, precipitações intensas, distribuição de Gumbel.

GUMBEL DISTRIBUTION APPLICATION FOR VALUES OF EXTREME PRECIPITATION IN MUNICIPALITY OF VITÓRIA-ES

ABSTRACT: This study aims to model using the Gumbel distribution for extreme values, the maximum monthly rainfall, and to analyze the monthly accumulated rainfall obtained from the city of Vitória-ES in 1993 – 2012. This study serves as a support for the prevention of natural disasters triggered by extreme rainfall. To estimate the location and the scale parameters, the method of maximum likelihood and method of moments were used. It was also applied the nonparametric seasonal Mann-Kendall test to check the trend of the monthly cumulative rainfall time series. The existence of trend in the monthly accumulated rainfall series has not been verified. For the series of maximum monthly precipitation, the study found in the months from January to June and October to December the precipitations above 100mmm are more likely to occur. Also, it was confirmed that the rainiest period in the city occurs from October to March. The maximum monthly precipitation data were adjusted by the Gumbel distribution.

KEY-WORDS: precipitation, intense precipitations, Gumbel distribution.

1. INTRODUÇÃO

A precipitação é fundamental para vida nas diversas formas, porém, dependendo de sua quantidade ou até mesmo duração, pode ser deflagradora de problemas socioambientais, como por exemplo, o enchimento de aquíferos, a diminuição da capacidade de infiltração no solo, e consequentemente a saturação, o que pode ocasionar cheias e inundações, atingindo diretamente a população. Conforme Nimer (1979), a precipitação é um dos principais

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

processos naturais com grande potencial de alterar rapidamente a dinâmica da paisagem em meio tropical úmido, portanto, a caracterização e compreensão desse evento é de notória relevância tendo em vista que de acordo com o local, suas gêneses e dinamizações são distintas.

Os impactos ocasionados por fortes precipitações são de especial interesse para a população brasileira, haja vista que anualmente cidades são severamente atingidas. A região sudeste do Brasil possui um período chuvoso que vai de outubro a março, e frequentemente é atingida por precipitações extremas, que acarretam transtornos à sociedade. Como por exemplo: Rio de Janeiro, fevereiro de 1988 (SILVA DIAS *et al*., 1988); Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, janeiro de 2011 (PINHEIRO *et al*., 2011); São Paulo, março de 1991 (SILVA DIAS *et al*.,1991), Vitória, novembro de 2008 (CORREA; ALBUQUERQUE, 2012).

Estudos sobre precipitações extremas de uma região são de suma importância, pois, informações como diagnóstico de impacto, frequência e previsões proporcionam conhecimentos que podem minimizar os impactos sobre a população local.

Neste interim, a distribuição Gumbel de valores extremos (GUMBEL, 1958) é amplamente utilizada em diversas áreas do conhecimento para modelar os valores máximos de ocorrência de um determinado fenômeno de interesse. O desafio na utilização dessa distribuição consiste em estimar seus parâmetros por meio de alguma metodologia estatística. Neste trabalho foram aplicados o método da máxima verossimilhança e método dos momentos, sendo essas metodologias já consolidadas na área de ajuste de distribuições de probabilidade.

A utilização da distribuição de Gumbel para modelagem de precipitações extremas não é inédita no Brasil.Neste contexto, pode-se citar os trabalhos de Hartmann et al., (2011), Machado et al., (2010), Araújo et al., (2008) e Back, (2001). Os achados de Hartmann et al., (2011) indicam que houve bom ajuste da distrição de Gumbel para os dados de precipitação para região de Presidente Prudente-SP. Machado et al., (2010) aplicaram a distribuição de Gumbel para dados de chuva máxima diária anual média para o estado do Rio de Janeiro. Aliada à distribuição de Gumbel, os autores também utilizaram estatística espacial na confecção de mapas interpolados para diversos períodos de retorno.

Diante do exposto, os objetivos deste artigo são: modelar através da distribuição de Gumbel para valores máximos, a precipitação máxima mensal, bem como, verificar se houve aumento ou decréscimo de precipitação acumulada mensal no município de Vitória - ES durante o período de 1993 a 2012. Tal estudo pode servir como subsídio para uma melhor compreensão da dinâmica das chuvas extremas, por meio de modelagem estatística, e também, para a prevenção de desastres naturais deflagrados por esse tipo de precipitação.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1.Caracterização da Área em Estudo

O município de Vitória, situado na região Sudeste do Brasil, caracteriza-se como município concentrador das principais atividades econômicas e administrativas da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), além disso, é a capital do Estado do Espírito Santo (Figura 1).

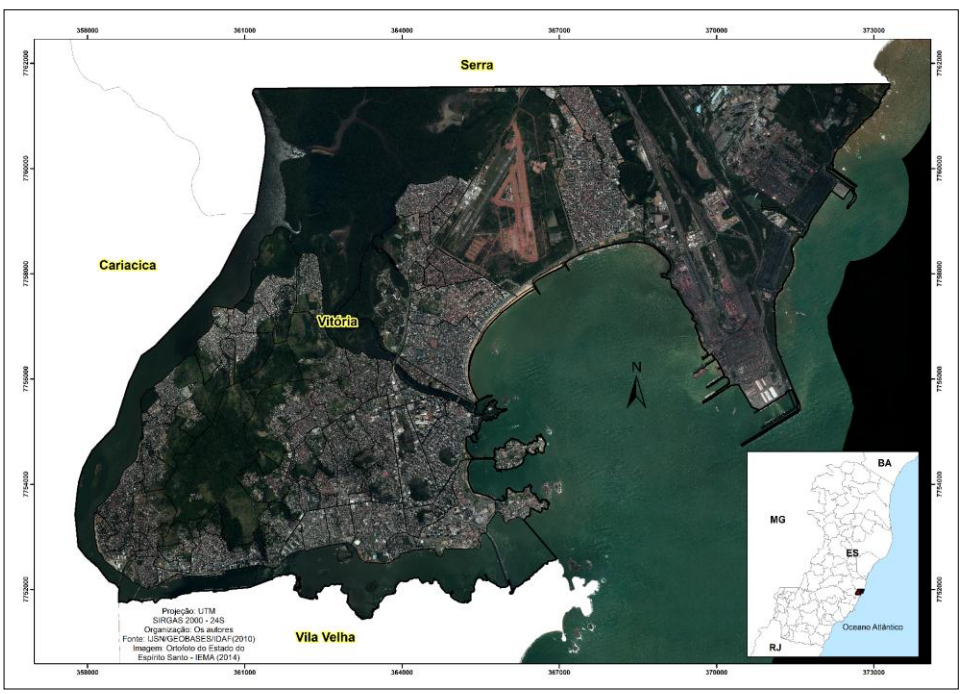


Figura 1: Localização da área em estudo.

A capital do estado do Espírito Santo, possui uma hipsometria que varia desde áreas com elevações acima dos 300m de altitude até a região litorânea, plana (0m). É uma ilha continental e sua topografia é constituída de planícies ao envolto do Maciço Central e uma série de afloramento granítico. Destaca-se que o munícipio possui uma área de 9.36 km^2 aterrada e esses são do tipo hidráulico, sanitário e inerte (PMV, 2013).

O quadro geológico de Vitória está relacionado com o Complexo Paraíba do Sul e a Suíte Intrusiva de Vitória, com Granitoides, Granitos e Dioritos de idade pré-cambrianas. Com a associação desses elementos, ocorrem os depósitos sedimentares continentais, representados pelo Grupo Barreiras, e os depósitos fluviomarinhos, ambos de idade cenozoica (RADAMBRASIL, 1983).

Segundo classificação proposta pelo Instituto Jones dos Santos Neves - IJSN (2012) as unidades geomorfológicas encontradas no município de Vitória são as colinas e maciços costeiros, planícies costeiras e os tabuleiros costeiros.

De acordo com Mattiuzzi *et al.* (2012), para o período entre 2000 a 2011, os ventos predominantes no município de Vitória (ES) foram do

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

quadrante nordeste, apresentando velocidade média que varia entre as classes 2,1-3,6m/s e 3,6-5,7m/s.

Em relação à climatologia, Vitória possui totais pluviométricos anuais médios de 1.320m, e os meses mais chuvosos são: novembro com 199,8mm, dezembro com 219,9mm e janeiro com 153,7mm. Esses meses caracterizam-se por serem quentes e úmidos com temperaturas médias variando de 24,5ºC a 27,7ºC e, umidade relativa do ar em torno de 75%. A estação seca ocorre entre os meses de maio a setembro com temperaturas médias amenas que alternam-se entre 22ºC e 23ºC graus e baixos índices pluviométricos, que variam de 54,00mm a 77,00m, (CORREA, 2011).

Os principais fenômenos meteorológicos de escala sinótica que influenciam a variabilidade do tempo no município de Vitória são: a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), os Sistemas Frontais (SF) e o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) (SANT'ANNANETO, 2005; VAREJÃO-SILVA, 2005; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

2.2. Base de dados e ferramental estatístico

Foram utilizadas as séries de dados de precipitação diária do município de Vitória do período de janeiro de 1993 a dezembro de 2012, consistindo em 7305 observações, obtidas da estação meteorológica de superfície pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na região de ilha de Santa Maria, entre as coordenadas -20,3156º de Latitude, -40,3172º de Longitude e 36 metros de altitude.

A construção da série de dados de precipitação máxima mensal e da precipitação acumulada mensal foi realizada da seguinte maneira: na primeira série, as precipitações diárias (24h) foram agrupadas em períodos mensais. De cada mês, o dia que possuiu a maior precipitação foi selecionado como máximo mensal, obtendo-se 20 séries anuais contendo as precipitações máximas de cada mês. Na segunda série, as precipitações diárias de cada mês foram somadas. Assim, obteve-se 20 séries anuais contendo as precipitações acumuladas de cada mês

Para os cálculos estatísticos e resultados deste trabalho foi utilizado o *Software* R na versão 3.0.2 (R CORE TEAM, 2013). A função *kendallSeasonalTrendTest* do pacote *EnvStats* foi utilizada para cálculo do teste de Mann-Kendall Sazonal. Para a plotagem da densidade foi utilizada a função *curve,* passados como parâmetro os valores estimados de α e β pelos métodos dos momentos e pelo método da máxima verossimilhança.

2.3.Distribuição Gumbel

A função densidade de probabilidade da distribuição Gumbel tem a seguinte forma:

$$f(x;\alpha,\beta) = \frac{1}{\alpha} exp\left\{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right) - exp\left[-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)\right]\right\}, \quad 1.$$

onde $x\epsilon(-\infty,\infty)$,$\alpha$ é o parâmetro de locação, $\alpha\epsilon R$ e β é o parâmetro de escala, $\beta > 0$. A função densidade acumulada, $F(x)$ é dada por:

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

$$P(X \leq x) = F(x) = exp\left\{-exp\left[-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)\right]\right\}, \quad 2.$$

onde, $P(X \leq x)$ é a probabilidade de acontecer uma precipitação menor do que um dado valor x. Entretanto, pode ser interessante calcular a probabilidade de eventos que ultrapassem o valor x em questão. Para isso, utiliza-se a seguinte equação:

$$P(X > x) = 1 - P(X \leq x) = 1 - F(x) = 1 - exp\left\{-exp\left[-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)\right]\right\} \quad 3.$$

2.4 Método de máxima verossimilhança

Para estimar os parâmetros de locação, α, e o parâmetro de escala, β, foram utilizados o método da máxima verossimilhança e método dos momentos. Cada método é apresentado sucintamente a seguir, para mais detalhes, consultar (BOLFARINE, 2010) e (COLES, 2001).

A função de verossimilhança de uma amostra aleatória $x_1, \ldots, x_n$ de uma dada distribuição de probabilidade é calculada por:

$$L(\alpha, \beta; x_1, \ldots, x_n) = \prod_{i=1}^{n} f(x_i; \alpha, \beta). \quad 4.$$

Após a aplicação da função logaritmo na Equação 4 obtém-se a função log-verossimilhança:

$$ln\big(L(\alpha, \beta; x_1, \ldots, x_n)\big) = -nln(\beta) - \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i - \alpha}{\beta} - \sum_{i=1}^{n} exp\left[-\left(\frac{x_i-\alpha}{\beta}\right)\right]. \quad 5.$$

Então, deriva-se a Equação 5 em função de cada um dos dois parâmetros de interesse obtendo:

$$\hat{\alpha} = -\hat{\beta} ln\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} exp\left(\frac{-x_i}{\hat{\beta}}\right)\right]. \quad 6.$$

$$\hat{\beta} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i - \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i exp\left(\frac{-x_i}{\hat{\beta}}\right)}{\sum_{i=1}^{n} exp\left(\frac{-x_i}{\hat{\beta}}\right)}. \quad 7.$$

2.5. Método dos momentos

O método dos momentos consiste em igualar os momentos amostrais aos momentos populacionais:

$$m_r = \mu_r, \quad 8.$$

onde m_r é o r-ésimo momento amostral e μ_r o r-ésimo momento populacional, para $r \geq 1$. Assim, os estimadores de α e β são dados por:

$$\hat{\alpha} = \bar{x} - 0.5772 * \hat{\beta} \quad 9.$$

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

$$\hat{\beta} = \frac{s\sqrt{6}}{\pi} \qquad 10.$$

2.6.Teste de Kolmogorov-Smirnov

Utiliza-se na área da estatística os testes de aderência para verificar se um conjunto de dados foi proveniente de uma determinada distribuição. Dentre os testes de aderência, destaca-se o teste não-paramétrico de Kolmogorov-Smirnov. O teste consiste em calcular a diferença entre os valores de uma distribuição observada, $F(x)$, e os valores de uma distribuição teórica, $G(x)$. Para maiores detalhes sobre o teste consultar Hollander & Wolfe (1999). A estatística do teste é calculada por:

$$D = supremo\big(F(x) - G(x)\big), \qquad 11.$$

A hipótese nula de igualdade entre as distribuições, **H_0**, é rejeitada se $D \geq D_{ref;\alpha}$, onde $D_{ref;\alpha}$ é o valor crítico para um dado nível de significância α.

2.7.Teste de Mann-Kendall com sazonalidade e correlação serial

Ao lidar com Séries Temporais, uma característica muito importante a ser considerada é a tendência, seja essa de aumento ou de redução dos valores observados. Neste trabalho, o interesse foi em verificar a existência tendência de aumento na série de precipitações acumuladas no município de Vitória. Uma das ferramentas estatísticas utilizadas para esse fim é o teste não paramétrico de Mann-Kendall. Esse teste consiste em verificar se existe uma tendência monotônica em uma série que não apresenta correlação serial ou sazonalidade. Hamed e Rao (1998) e Bayazit e Onoz (2007) apontam que essas características afetam a sensibilidade do teste. De modo a mitigar esse problema, Hirsch e Slack (1984) propuseram lidar com a sazonalidade e a correlação serial computando o teste de Mann-Kendall para cada período separadamente e combinando os resultados.

Para o teste de Mann-Kendall sazonal, sejam as seguintes hipóteses:

H_0: Os valores da série são independentes e identicamente distribuídos

H_1: Os valores da série possuem tendência monotônica no tempo.

A estatística de teste para cada período *j* com *n* observações é dada por:

$$S_i = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} sign\big(x_j - x_k\big), \qquad i = 1, \dots, j, \qquad 12.$$

onde,

$$sign(x) = \begin{cases} 1, & se\ x > 0 \\ 0, & se\ x = 0 \\ -1, & se\ x < 0 \end{cases}$$

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Assim, a estatística de teste para o teste de Mann-Kendall sazonal é dada por:

$$S' = \sum_{i=1}^{j} S_i. \qquad 13.$$

3. RESULTADOS

O resumo estatístico das precipitações máximas mensais e das precipitações acumuladas mensais é apresentado na Tabela 1. Para a série de precipitações máximas mensais, o menor valor (0,6 mm) ocorreu em maio de 2006 e o valor máximo (182,2 mm) ocorreu no mês janeiro de 2004. A média das precipitações máximas mensais foi 38,21 mm e o desvio padrão de 30,6 mm. A mediana dos dados foi 29,4 mm.

Tabela 1: Resumo estatístico das precipitações máximas mensais e das precipitações acumuladas mensais de 1993 a 2013 em Vitória/ES.

	Série	
Medidas	Máxima mensal	Acumulada mensal
Média	38,21	113,9
Mediana	29,4	84,1
Desvio Padrão	30,6	100,8
Máximo	182,2	662,7
Mínimo	0,6	1,3

Ainda de acordo com a Tabela 1, para a série de precipitações acumuladas mensais, o menor valor acumulado (1,3 mm) ocorreu em maio de 2006 e o maior valor acumulado (662,7mm) ocorreu no mês novembro de 2008. A média das precipitações máximas mensais foi 113,9 mm e o desvio padrão de 100,8 mm. A mediana dos dados foi 84,1 mm.

A Figura 2 apresenta o gráfico das séries históricas de precipitação máxima mensal e do acumulado mensal para o período em estudo. Observa-se que os maiores volumes de precipitações acumuladas ocorreram nos anos de 2008 e 2009, meses de novembro e outubro, respectivamente. Para a máxima mensal, os maiores meses foram janeiro de 2004 e abril de 2011.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

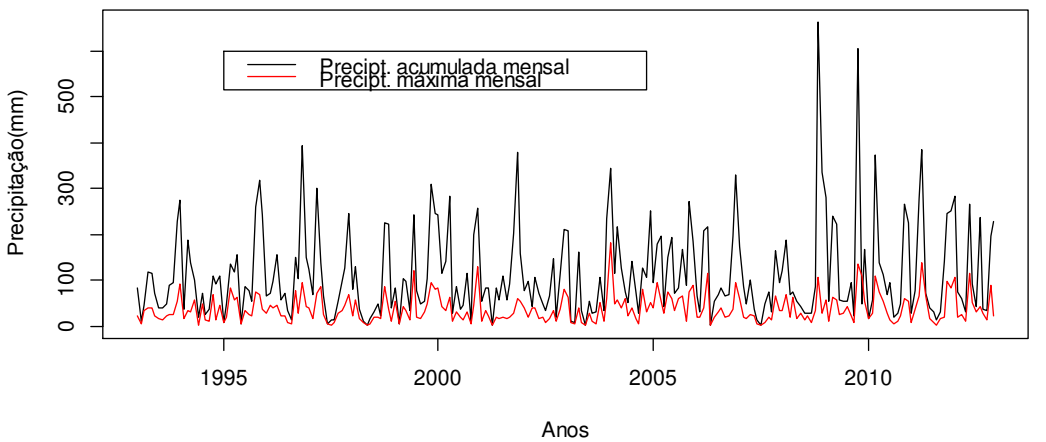


Figura 2: Série temporal de precipitação acumulada mensal município de Vitória no período de 1993 a 2012

De acordo com a Figura 2, para a série acumulada mensal, verificou-se que após o ano de 2000 ocorreram 08 (oito) eventos de precipitação mensal superior a 300 mm, todas em período de atuação da ZCAS, sistema atmosférico que possuí atuação marcante entre as regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil entre os meses de outubro a abril (primavera/verão estendida) o que acarreta em um grande quantitativo de precipitação (VAREJÃO-SILVA, 2005; GRIMM,2011), porém, mesmo diante o exposto, observa-se que não há uma tendência crescente ou decrescente na precipitação máxima, ou seja, um aumento ou decréscimo nos valores de chuvas máximas mensais no município de Vitória.

A averiguação da existência de tendência na série de precipitação acumulada mensal foi realizada através do teste de Mann-Kendall sazonal considerando correlação serial. O resultado do teste foi 1.28 e p-valor = 0.19407. Desta maneira, pode-se concluir que para o período em questão não existe tendência significativa. O histograma das precipitações acumuladas mensais é apresentado na Figura 3.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

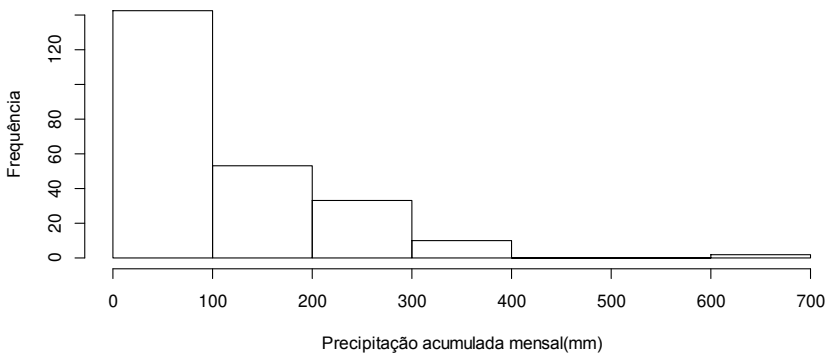


Figura 3: Histograma das precipitações acumuladas mensais

É possível depreender que aproximadamente 80% das precipitações acumuladas mensais não ultrapassaram 200 mm. Contudo, dentre as 20% maiores precipitações acumuladas mensais destacam-se as precipitações ocorridas nos meses de novembro de 2008 (662,7 mm), outubro de 2009 (606 mm) e novembro de 1996 (393,2 mm), ou seja, dentro do período de atuação da ZCAS, na primavera/verão estendida.

Na Figura 4 é apresentada uma comparação por meio do gráfico *boxplot* das precipitações máximas mensais, relativa aos anos estudados, considerando cada estação climática. É possível observar que há uma estação menos chuvosa, no inverno, com precipitação máxima de aproximadamente 77,2 mm (setembro). Observa-se que o período mais chuvoso é entre o final da primavera e o verão, também observado por Grimm (2011), para toda região sudeste, e os maiores quantitativos diários são registrados nos meses de novembro, dezembro e janeiro, período do auge da convecção sobre a região tropical do Brasil.

Da Figura 4, pode-se observar que o inverno apresenta os menores quantitativos de precipitações em relação às demais estações. No entanto, há registros de uma quantidade maior de eventos atípicos dentre os eventos extremos.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

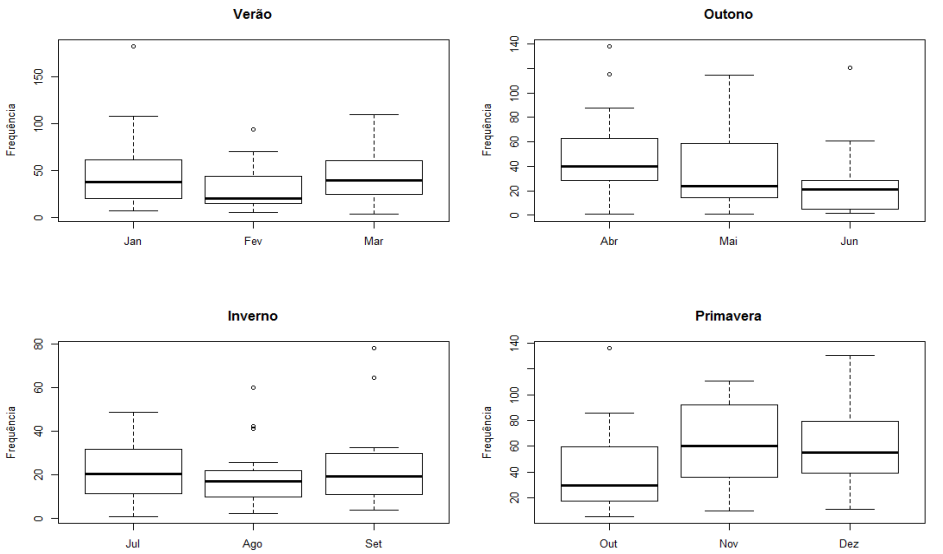


Figura 4: Precipitação máxima mensal por estação.

A Tabela 2 apresenta os resultados das estimativas dos parâmetros de locação e escala pelo método da máxima verossimilhança e pelo método dos momentos. Os resultados dos testes de Kolmogorov-Smirnov são os p-valores da coluna da Tabela 1. Ou seja, rejeita-se a hipótese nula, $\mathbf{H_0}$, quando o p-valor for menor do que o nível de significância α adotado.

Tabela 2: Resultados das estimativas dos parâmetros de alocação e de escala pelo método dos momentos, pelo método da máxima verossimilhança e do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov.

Período	**Método de Estimação**	**Locação**	**Escala**	**P-valor(Teste Kolmogorov-Smirnov)**
Janeiro	Máxima Verossimil.	31.93505	26.33501	0.9419
Janeiro	Momentos	29.89937	33.00524	0.8633
Fevereiro	Máxima Verossimil.	20.94875	15.60202	0.4019
Fevereiro	Momentos	20.36657	18.10193	0.4968
Marco	Máxima Verossimil.	32.18431	19.97266	0.9922
Marco	Momentos	32.123	20.12647	0.9922
Abril	Máxima Verossimil.	34.58202	25.7251	0.9738
Abril	Momentos	34.18202	26.81562	0.979
Maio	Máxima Verossimil.	22.71549	20.97563	0.5567

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Maio	Momentos	22.32262	23.14168	0.5593
Junho	Máxima Verossimil.	15.53761	15.2343	0.7479
Junho	Momentos	13.39519	21.20549	0.3961
Julho	Máxima Verossimil.	15.57477	11.50027	0.5098
Julho	Momentos	15.89367	10.58789	0.9012
Agosto	Máxima Verossimil.	13.0115	9.19131	0.9218
Agosto	Momentos	12.42084	11.1472	0.7929
Setembro	Máxima Verossimil.	16.4211	11.53485	0.9298
Setembro	Momentos	15.47228	14.45377	0.6358
Outubro	Máxima Verossimil.	26.92126	21.22758	0.5211
Outubro	Momentos	25.78014	25.80537	0.5731
Novembro	Máxima Verossimil.	44.83325	27.28345	0.8963
Novembro	Momentos	45.80318	24.49206	0.7552
Dezembro	Máxima Verossimil.	45.67613	23.54575	0.9507
Dezembro	Momentos	45.9882	22.05792	0.9329

Todos os p-valores apresentaram resultados superiores a 0,01, 0,05 e 0,10. Assim, para os níveis de significância 1%, 5% e 10%, a hipótese nula não é rejeitada. Ou seja, há indícios estatísticos de que cada série de dados foi proveniente de uma distribuição Gumbel. Essa constatação permite determinar a probabilidade de precipitação extrema para um mês escolhido.

Os histogramas e as curvas das densidades para o método dos momentos e da máxima verossimilhança para séries de máxima precipitação mensal estudada são apresentados na Figura 5. Essas curvas representam o gráfico da distribuição de Gumbel segundo os parâmetros estimados.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

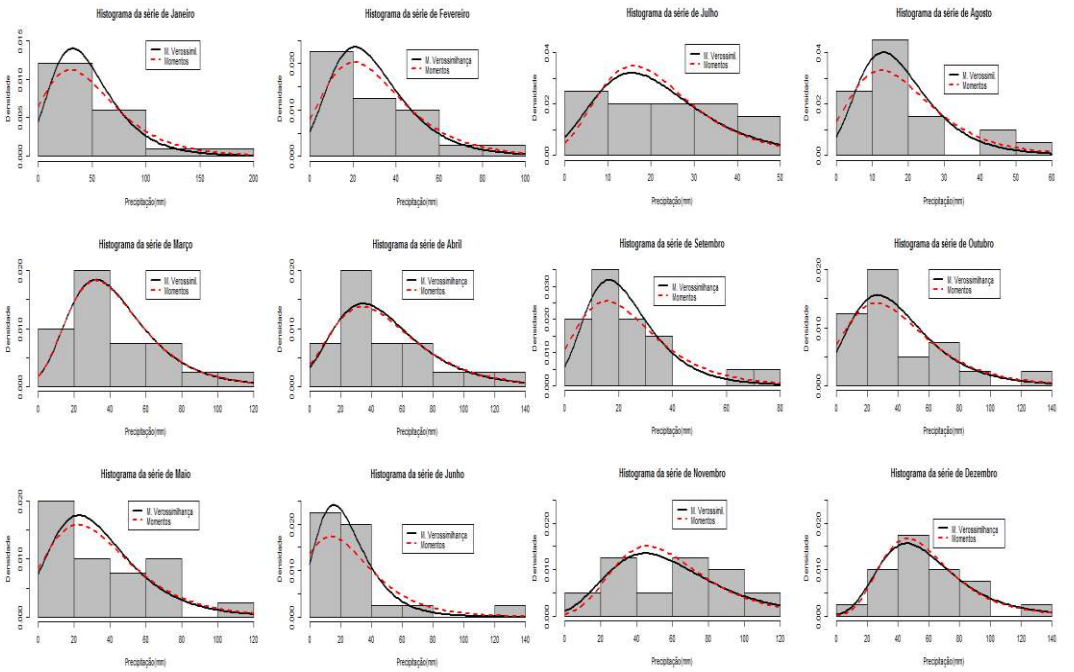


Figura 5: Histograma para séries de máxima precipitação mensal

Na Figura 5, nota-se através dos gráficos das densidades que todos os métodos de estimação estimaram parcimoniosamente os parâmetros para cada conjunto de dados. O pior ajuste, para ambos os métodos, foi do mês de julho. Possivelmente, um número maior de observações permitirá um ajuste melhor.

Salienta-se que nos meses de janeiro a junho e de outubro a dezembro existe uma maior possibilidade de ocorrência de precipitações acima de 100 mm diários (24h). Tal situação pode estar relacionada à atuação de sistemas atmosféricos sinóticos, como por exemplo, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), frente fria (FF), Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e, ao Vórtice Ciclônico em Altos Níveis – VCANS, que durante os meses de outubro a dezembro, está localizado no nordeste do Brasil, entretanto, pode influenciar o tempo no estado do Espirito Santo (NÓBREGA et al., 2008).

As chuvas que ocorrem no período de outubro a março, são influenciadas pelas instabilidades termodinâmicas e atuação da ZCAS e VCANS, em geral, são localizadas e acompanhadas de rajadas de vento e trovoadas. São chuvas que ocorrem principalmente no final da tarde (NÓBREGA *et al*.,2008). Esses eventos, dependendo da intensidade diária pode ocasionar impactos a população local, principalmente às localizadas em áreas de risco geológico e geomorfológico, mesmo que tal concentração temporal seja um desenho típico de regiões de clima tropical úmido, tal conhecimento pode favorecer a minimização dos impactos negativos sobre a população.

Já no período menos chuvoso (maio a setembro), os maiores valores de precipitação, resultam da maior taxa de umidade e brisas marítimas (CORREA, 2014) e da incursão de sistemas frontais (MACHIORO,2012), que são frequentes nesta época do ano. As chuvas costumam ocorrer principalmente no

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

período da noite e da madrugada, ocorrendo de maneira mais duradoura (NÓBREGA *op. cit.*).

Também, confirma-se na Figura 5 que o período mais chuvoso no município ocorre de outubro a março, conforme destaca Correa (2011), Varejão-Silva (2005). Deste modo, foram calculadas as estimativas das precipitações máximas mensais para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 20 e 50 anos, utilizando os parâmetros estimados pelo método M.V apresentados na Tabela 1. Essas estimativas são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Estimativas das precipitações máximas mensais para 24h em (mm)

	2 anos		5 anos		10 anos		20 anos		50 anos	
Mês	P	IC	P	IC	P	IC	P	IC	P	IC
Out	34,7	(23,80;45,60)	58,8	(41,40;76,10)	74,68	(52,09;97,26)	89,96	(62,09;117,82)	109,73	(74,83;144,63)
Nov	54,8	(40,69;68,96)	85,8	(64,11;107,40)	106,2	(78,51;133,95)	125,9	(92,01;159,73)	151,29	(109,24;193,35)
Dez	54,3	(42,16;66,45)	81	(62,50;99,48)	98,66	(75,05;122,29)	115,6	(86,76;144,45)	137,54	(101,74;173,34)
Jan	41,6	(28,09 ;55,07)	71,4	(50,07;92,78)	91,19	(63,44;118,94)	110,2	(75,92;144,37)	134,68	(91,85;177,51)
Fev	26,7	(18,64;34,69)	44,4	(31,65;57,04)	56,06	(39,57;72,54)	67,29	(46,98;87,59)	81,82	(56,43;107,22)
Mar	39,5	(29,21;49,79)	62,1	(46,31;77,97)	77,13	(56,80;97,45)	91,5	(66,63;116,38)	110,11	(79,17;141,06)

P: Precipitação IC: Intervalo de confiança

Utilizando o mês de novembro e tempo de retorno de 10 anos como referência, espera-se que nesse período, em pelo menos 1 ano, o valor de 106,23 mm de precipitação diária seja ultrapassado com 95% de confiança e intervalo com limites superior e inferior (78,51;133,95), respectivamente. A mesma interpretação segue para os demais meses e anos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma modelagem estatística das precipitações máximas mensais e para a precipitação acumulada mensal para o município de Vitória no período de janeiro de 1993 a dezembro de 2012. Não foram encontrados indícios de que a quantidade acumulada de precipitação vem aumentando ou mesmo diminuindo na área em estudo durante o período analisado.

A distribuição de valores extremos de Gumbel foi ajustada para os valores de máximos mensais de precipitação. Possivelmente, outra distribuição de valores extremos permitiria um ajuste melhor para o mês de julho. Foram calculadas as estimativas das precipitações máximas mensais dos meses de outubro a março para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 20 e 50 anos. Esses resultados podem servir de base para as políticas públicas de controle e mitigação de ocorrências relacionadas aos impactos deflagrados pelas precipitações extremas.

Nos meses de janeiro a junho e de outubro a dezembro existe uma maior possibilidade de ocorrência de precipitações acima de 100 mm diários (24h).

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

5. REFERÊNCIAS

ARAUJO, L.E; SOUSA, F.A.S.; RIBEIRO, M.A.F.M.; SANTOS, A.S.; MEDEIROS, P.C. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. *Rev. bras. meteorol.*, São Paulo, v. 23, n. 2, 2008 .

BACK, A. J. Seleção de distribuição de probabilidade para chuvas diárias extremas do estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Meteorologia*. V.16, N.2, 2001.

CORREA, W.C.C. *Comportamento dos elementos climáticos, temperatura e precipitação, no Município de Vitória (ES) no período de 1978 a 2007. Monografia* (Bacharelado em Geografia). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

CORREA, W.C.C.; ALBUQUERQUE, T.T.A.: A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul nas precipitações Intensas no mês de novembro de 2008 e suas consequências sobre o município de Vitória/ES. In: *REVISTA GEONORTE*, Edição Especial, V.1, N.5, p.796 – 806, 2012.

CORREA, W.C.C.; Campo Térmico e Higrométrico da Regional Praia do Canto, no município de Vitória (ES). *Dissertação* (Mestrado em Geografia). Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014,165f.

GRIMM, A. M. *Interannual climate variability in South America: impacts on seasonal precipitation, extreme events, and possible effects of climate change. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment,* V. 25, N. 4, pp 537-554, 2011.

GUMBEL, E. J. *Statistics of extremes. New York: Columbia University,* 1958. 375 p.

HARTMANN, MARCELO; MOALA, FERNANDO A.; MENDONCA, MARCO AURÉLIO. Estudo das precipitações máximas anuais em Presidente Prudente. *Rev. bras. meteorol.,* São Paulo, v. 26, n. 4, Dec. 2011 .

HOLLANDER, MYLES; WOLFE, DOUGLAS A.; CHICKEN, ERIC. *Nonparametric statistical methods*. John Wiley & Sons, 2013.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES – IJSN. *Mapeamento Geomorfológico do Espírito Santo.* Vitória/ES, 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. *Banco de Dados Meteorológico para Ensino e Pesquisa.* Brasília, 2013.

MACHADO, RORIZ LUCIANO: *Spatial variability of maximum annual daily rain under different return periods at the Rio de Janeiro state, Brazil.* Bragantia, V.69. Campinas, 2010 .

MATTIUZZI, H.V., MARCHIORI, E.: O comportamento dos ventos em Vitória (ES): A gestão e a interpretação dos dados climatológicos. In: *REVISTA GEONORTE*, Edição Especial, V.2, N.4, p.983 – 993, 2012.

MARCHIORO, E. A incidência de frentes frias no município de Vitória (ES). Revista ACTA Geografia, Boa Vista, *Ed. Esp. Climatologia Geográfica*, 2012. p. 49-60.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

MENDONÇA, F., DANNI-OLIVERIA, I. M**.** *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.* São Paulo. Editora Oficina de texto. 206p. 2007.

NIMER, E. Clima da Região Sudeste. In: *Geografia do Brasil*. Rio de Janeiro/IBGE, 1971 Climatologia do Brasil. IBGE Rio de Janeiro: 1979.

NOBREGA, N. E. F.; SILVA, J. G. F.; Ramos, H. E. dos A.; PAGUNG, F. S. Análise da distribuição sazonal e espacial da precipitação no norte do estado do Espírito Santo. In: *XV Congresso Brasileiro de Meteorologia*, 2008, São Paulo.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA – PMV: *Base cartográfica de Vitória.* Disponível em: http://geoweb.vitoria.es.gov.br/. Acessado em 06/05/2013

Projeto RADAMBRASIL - *Levantamento de Recursos Naturais. Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso Potencial da Terra.* v. 32, Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória, 1983. IBGE, 775 p.

R CORE TEAMR: *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.r-project.org/, 2013.

SANT'ANNA NETO, J.L. Decálogo da climatologia do sudeste brasileiro. In: *Revista Brasileira de Climatologia*, V.1, Nº1. Dezembro de 2005.

SILVA DIAS, P. L., CAPLAN, P., KOUKY, V. E: As chuvas intensas de fevereiro de 1988: Circulação global e previsibilidade. In: *Anais do V Congresso Brasileiro de Meteorologia*, V.2, p.IX, 6-10, 1988.

VAREJAO-SILVA, M. A. *Meteorologia e climatologia.* Recife, 2005**.**

Texto submetido à RBClima em 12/01/2015