

DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE HIDROLÓGICA DE PRECIPITAÇÃO PARA SUB-REGIÃO HIDROGRÁFICA TOCANTINS 08 NO ESTADO DO PARÁ.

Distribution of hydrological probability of precipitation for sub-region hydrographic Tocantins 08 in the State of Pará.

Jakeline Oliveira Evangelista

Graduanda em Engenharia ambiental. Departamento de Engenharia Ambiental. Universidade do Estado do Pará. Campus Universitário de Marabá; E-mail: jakelineolivevan@gmail.com

Karolynne Novais dos Reis

Graduanda em Engenharia ambiental. Departamento de engenharia ambiental. Universidade do Estado do Pará. Campus Universitário de Marabá; E-mail: karolynne_novais@hotmail.com

Glauber Epifânio Loureiro

Prof. Assistente. Departamento de Engenharia ambiental. Universidade do Estado do Pará. Campus Universitário de Marabá.
E-mail: prof.glauber.uepa@gmail.com

RESUMO: Para o planejamento e gestão de recursos hídricos, o conhecimento acerca da quantidade e distribuição da precipitação pluviométrica é fundamental. O escopo deste trabalho foi o de determinar duas Funções de Distribuição de Probabilidade (FDP) para precipitação pluvial máxima anual para Sub-Região hidrográfica Tocantins 08, ambas para eventos extremos, aplicou-se: métodos de preenchimento e consistência de dados, culminando para uma série histórica de 31 anos; os atestou-se a aderência dos dados através dos testes de Anderson-Darling e Kolmogorov-Smirnov; identificou-se qual FDP e teste de aderência que melhor se adequaram para posterior análise especificado dos períodos de retorno (TR) de 100 (cem) e 200 (duzentos) anos afim de obras hidráulicas da FDP através da interpolação numérica culminando nos mapas de isoietas. Os resultados alcançados tornam evidente que os dados seguem uma tendência a normalidade, e com base na análise da isoietas da FDP Gumbel para o TR de 100 anos, os projetos relacionados a recursos hídricos para sub-região hidrográfica Tocantins 08 devem levar em consideração 165mm e 300mm de precipitação máxima diária anual, e ao TR de 200 anos, esses projetos devem levar em consideração 170mm e 340mm. A partir deste trabalho pode contribuir como importante instrumento para planejamento, gestão e operação de seus recursos hídricos, e servir como base de dados para estudos de cálculo de FDP para eventos mínimos de precipitação, para uma região que até então possui um acervo ínfimo no que tange estudos específicos de suas variáveis hidrológicas.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação Máxima; FDP de Gumbel; FDP de Pearson Tipo III; Tempo de Retorno; Obras hidráulicas.

ABSTRACT: For planning and management of water resources, knowledge about the amount and distribution of rainfall is critical. The scope of this work was to determine two probability distribution functions (FDP) for annual maximum rainfall for Tocantins sub-region 08, both for extreme events, methods of filling and data consistency were applied, culminating in a historical series of 31 years; they were attested to the adherence of the data through the tests of Anderson-Darling and Kolmogorov-Smirnov; it was identified which FDP and adherence test were best suited for a subsequent analysis of 100 (one hundred) and 200 (two hundred) years return periods for hydraulic works of the FDP through

numerical interpolation culminating in the isoietas maps. The results show that the data follow a trend towards normality, and based on the analysis of the Fumb Gumbel isoietas for the 100 years TR, the projects related to water resources for the Tocantins 08 sub-region should take into account 165mm and 300mm of annual maximum daily precipitation, and at 200 years, these projects should take into consideration 170mm and 340mm. From this work can contribute as an important instrument for planning, management and operation of its water resources, and serve as a database for studies of calculation of FDP for minimum precipitation events, for a region that until then has a small collection in which studies of their hydrological variables.

KEYWORDS: Maximum Precipitation; FDP; Gumbel; Pearson Type III; Return time; Hydraulic works.

INTRODUÇÃO

O padrão de chuvas é um dos insumos e questão-chave para a ciência e prática hidrológica. Esta informação é amplamente necessária para a previsão de inundações, modelagem hidrológica e concepção de estruturas de drenagem. Estudos de eventos de precipitação extrema têm grande relevância para a gestão de recursos hídricos, uma vez que fornecem informações sobre a compreensão do comportamento hidrológico de uma determinada bacia sob o ponto de inundação.

De acordo com Kwon et al. (2009), a análise estatística da frequência das chuvas para analisar o comportamento probabilístico da precipitação assume basicamente a normalidade dos dados pluviométricos. As mudanças recentes nos padrões de precipitação indicam que o planejamento de recursos hídricos e os planos de dimensionamento baseados na suposição de normalidade podem ser muito frágeis se a mudança climática rápida for antecipada.

A definição e estimativa de eventos de precipitação extrema é de grande importância na análise de regimes pluviométricos passados e projetados, bem como na concepção de qualquer infra-estrutura de gerenciamento de recursos hídricos e controle de cheias. Neste contexto, os engenheiros geralmente precisam estabelecer técnicas de controle de inundações e estimar os fluxos de pico ou hidrogramas para o projeto de estruturas hidráulicas.

Variados são os estudos que analisam a anormalidade dos dados hidrológicos no planejamento e projeto de recursos hídricos. Muitos deles realizaram uma análise de inundação usando a função de distribuição de probabilidade (FDP) de Gumbel e a FDP Pearson Tipo III.

A metodologia da FDP de Gumbel foi selecionada para realizar a análise de probabilidade de inundação. É relativamente simples e usa apenas eventos extremos (valores máximos ou picos de chuva) (BESKOW ET AL., 2015).

Segundo Naghettini e Pinto (2007), de todo esse sistema de funções, as distribuições pertencentes à família Gama, ou FDP de Pearson Tipo III, estão entre aquelas que encontraram o maior número de aplicações na análise de frequência de variáveis hidrológicas, com destaque para vazões e precipitações máximas anuais.

Logo, pode-se aferir que ambas FDP são indicadas para análise de eventos extremos -levado em consideração o alto índice pluviométrico da sub-região hidrográfica

Tocantins 08-, deve-se ressaltar que além da escolha de uma FDP apropriada para a finalidade do estudo, é necessária a utilização de critérios e testes de aderência, e Assis et al. (2016) menciona que estes servem para verificar se a distribuição de probabilidade dos dados de uma variável em análise pode ser representada por uma determinada função de distribuição de probabilidade conhecida.

Segundo Grace e Wood (2012), os mais notáveis testes de aderência são Kolmogorov-Smirnov e Anderson-Darling. O teste de Anderson-Darling é atualmente considerado como o teste superior, pois ele enfatiza a qualidade de ajuste na cauda de sua distribuição mais do que o teste de Kolmogorov-Smirnov, que é mais sensível ao centro.

O escopo do trabalho será estudar uma série histórica de precipitação da sub-região hidrográfica Tocantins 08, devido a sua grande relevância nos âmbitos socioambientais e econômicos de acordo com a divisão disposta no por MMA (2006), utilizando métodos estatísticos e aplicando métodos de distribuição de probabilidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A área em análise está localizada na Região hidrográfica Tocantins-Araguaia, que segundo MMA (2006) está entre a confluência dos rios Tocantins-Araguaia, e é denominada de sub-região hidrográfica Tocantins 08 e possui uma área de 68.281 km². Utilizou-se dados contidos numa série histórica contendo dezenove estações pluviométricas contemplando um período de dados de 31 (trinta e um anos), o que ratifica-se com o disposto pela de acordo com o recomendado pela Organização Meteorológica Mundial - OMM (2011).

Tais dados foram obtidos por meio do Sistema de Informações Hidrológicas (hidroweb) da ANA- Agência Nacional das Águas (HIDROWEB, 2017), a figura 01 mostra área de estudo supracitada.

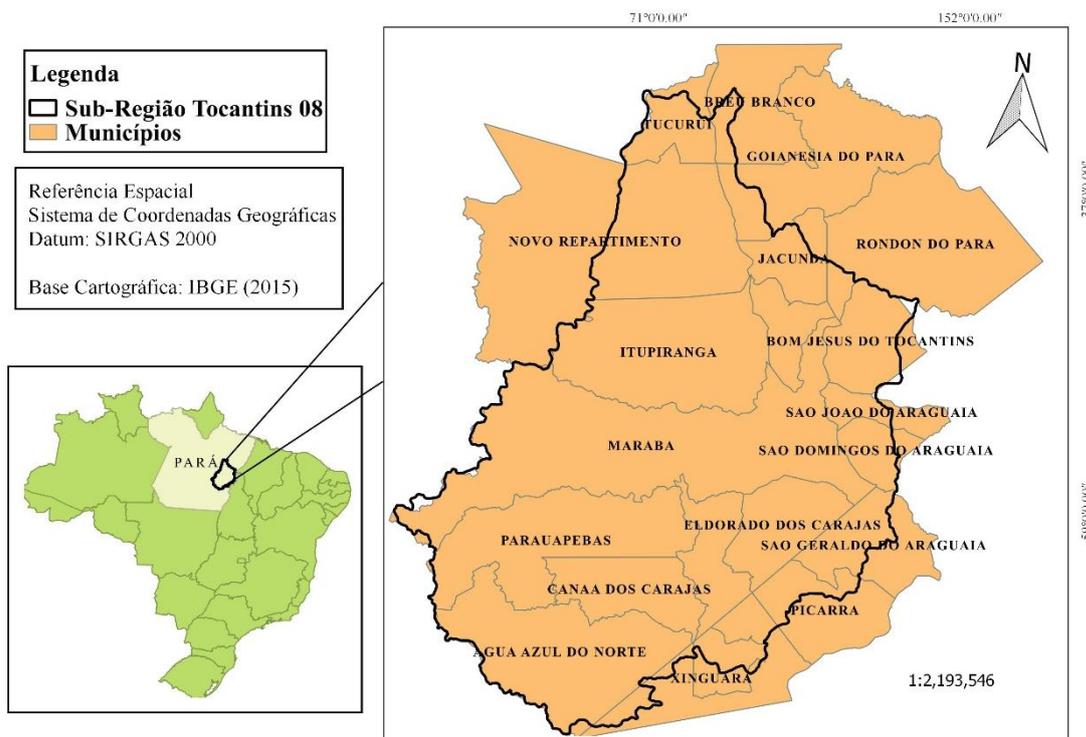


Figura 01 – Mapa de localização da sub-região hidrográfica Tocantins 08.

PREENCHIMENTO DE FALHAS E CONSISTÊNCIA DE DADOS

Método da ponderação regional- preenchimento de falhas

Dentre os dados obtidos a partir do hidroweb, observou-se falhas nos registros das estações pluviométricas, tais falhas podem advir da ausência do observador ou por defeitos no aparelho. Há então a necessidade de que essas falhas sejam preenchidas, visto se deve trabalhar com dados contínuos, preferencialmente com uma série a partir de 30 anos de dados.

Para execução desse preenchimento, utilizou-se o “Método de los promedios” disposto por Morán (1989), que consiste em obter um valor para a estação com falha a partir da utilização de dados contidos em uma estação pluviométrica vizinha, feita uma análise média dos valores das duas estações.

Correção da homogeneidade dos dados

A maneira de detectar inconsistências na série histórica ora preenchida foi através de curvas de dupla massa, recomendado por Morán (1989) e Tucci et al. (2009), são selecionados as estações de interesse e as mais próximas, cujos totais anuais acumulados se pretende avaliar a consistência dos dados, são plotados em um gráfico nas ordenadas e nas abscissas os totais médios anuais das demais estações.

DISTRIBUIÇÕES CONTÍNUAS

Neste estudo a variável aleatória a ser estimada é a da precipitação máxima diária anual a partir da série história de 31 (trinta e um) anos de observações preenchidas e verifica a sua respectiva consistência.

Para aplicação das FDP de Gumbel e FDP de Pearson Tipo III, foi necessário antes a utilização da estatística descritiva, através do cálculo dos seguintes parâmetros: Medidas de tendência central, tais como Média Aritmética; Características de dispersão, tais como Desvio Padrão, Assimetria e Coeficiente de Variação, com base nas formulas dispostas por Larson (2010) e Morettin e Bussab (2010).

Distribuição de Gumbel

A distribuição de Gumbel (máximos) é a distribuição extrema mais usada na análise de frequência de variáveis hidrológicas, com inúmeras aplicações na determinação de relações intensidade-duração-frequência de precipitações intensas e estudos de vazões de enchentes (NAGHETTINI E PINTO, 2007; OMM 2011). A função de probabilidades acumuladas da distribuição de Gumbel, é dada pela equação 1:

$$f_Y(y) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[-\frac{y-\beta}{\alpha} - \exp \left(\frac{y-\beta}{\alpha} \right) \right] \quad (1)$$

Onde α representa o parâmetro de escala e β o parâmetro de posição; de fato, β também é a moda de Y .

Distribuição de Pearson tipo III

Uma variável aleatória X possui uma distribuição de Pearson Tipo III se a variável $(X-\gamma)$ é distribuída conforme uma Gama com parâmetro de escala α e parâmetro de forma β ; de fato, se o parâmetro de posição γ , da distribuição Pearson do Tipo III, for nulo, essa distribuição reduz-se a uma Gama enchentes (NAGHETTINI E PINTO, 2007; OMM 2011). Por essa razão, a distribuição Pearson Tipo III também recebe o nome de Gama de 3 parâmetros. A função densidade de probabilidade de uma distribuição Pearson Tipo III é dada pela equação 2:

$$f_x(x) = \frac{1}{\alpha \Gamma(\beta)} \left(\frac{x-\gamma}{\alpha} \right)^{\beta-1} \exp \left(-\frac{x-\gamma}{\alpha} \right) \quad (2)$$

Onde a variável x é definida no intervalo $\gamma < x < \infty$.

TEMPO DE RETORNO (T)

Para este parâmetro utilizou-se os tempos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 anos, com as respectivas probabilidades, 50%, 20 %, 10%, 4%, 2%, 1% e 0,5%, com base na equação 3:

$$T = \frac{1}{p} \quad (3)$$

Apesar de atestada as FDP de Gumbel e FDP de Pearson Tipo III para esses 7 parâmetros (probabilidade, tempo de retorno) serão discutidos apenas os períodos de retorno de 100 (cem) e 200 (duzentos) anos em virtude da vasta utilização destes para projetos de recursos hídricos.

TESTES DE ADERÊNCIA

Neste trabalho utilizou-se dos testes de Kolmogorov-Smirnov, e Anderson Darling, para comparar as probabilidades empíricas de uma variável com as probabilidades teóricas estimadas pela função de distribuição sob teste, logo, Distribuição de Gumbel e Distribuição de Pearson tipo III, para distinguir e analisar o modelo de distribuição que melhor se adequou a série histórica posta em tela.

Para ambos os testes a hipótese formulada será de $H_0 \geq \alpha=0,05$, não rejeitar-se-á a hipótese formulada, e os dados assumirão tendência a normalidade. Para esta verificação será comparado esta diferença com um valor crítico, para este nível de significância, o exposto será atestado a partir da análise do Valor-P dos testes de aderência, tais testes serão executados através do software Mini Tab versão 18, de acordo com instruções disposta por Larson e Farber (2010).

ANÁLISE DOS DADOS

Feita todas as análises supracitadas nos itens anteriores citados neste tópico 5, deu-se ênfase especificamente para os resultados obtidos para os Tr de 100 e 200 anos das estações com a FDP que melhor se adequaram, para posterior plotagem, culminando na interpolação destes resultados pelo método de Krigagem, para confecção de mapas de isoietas, o qual forneceu a melhor estimativa dos valores médios de precipitação máxima diária anual da área completa, através da utilização de Golden Software (2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quadro 01 descreve todas as estações pluviométricas analisadas, totalizando 9 (nove) estações internas, e 10 (dez) externas. Foi necessário a utilização de estações externas afim de obter-se dados suficientes para posterior plotagem do mapa de isoietas.

Quadro 01 – Postos pluviométricos utilizados

Código	Nome do posto	Município	Posicionamento
549008	Itupiranga	Itupiranga	Interno
549002	Marabá	Marabá	Interno
549007	KM 60/ PA-150	Marabá	Interno
649002	Eldorado	Marabá	Interno
549004	Serra Pelada	Marabá	Interno
650002	Serra dos Carajás-N5	Marabá	Interno
650001	Fazenda Caiçara	Marabá	Interno
649001	Fazenda Santa Elisa	Sapucaia	Interno
649000	Fazenda Surubim	Marabá	Interno
350000	Fazenda Estrela do Norte	Portel	Externo
349001	Cachoeira Tracambeua	Moju	Externo
349002	Goianésia	Tucuruí	Externo
448000	Rondon do Pará	São Domingos do Capim	Externo
548001	São Sebastião do Tocantins	São Sebastião do Tocantins	Externo
651001	Boa Esperança	São Félix do Xingú	Externo
750002	Bannach	Rio Maria	Externo
749001	Boa Vista do Araguaia	Araguaína	Externo
649003	Porto Lemos	Santa Fé do Araguaia	Externo
648000	Xambioá	Xambioá	Externo

Através das figuras 02 e 03 se pode aferir que houve consistência das precipitações máximas diárias anuais para as estações analisadas isoladamente, visto que houve significativa tendência à linearidade destas em relação às estações vizinhas, tal figura ilustra a menor e maior curva de dupla massa, respectivamente, observada para as estações estudadas.

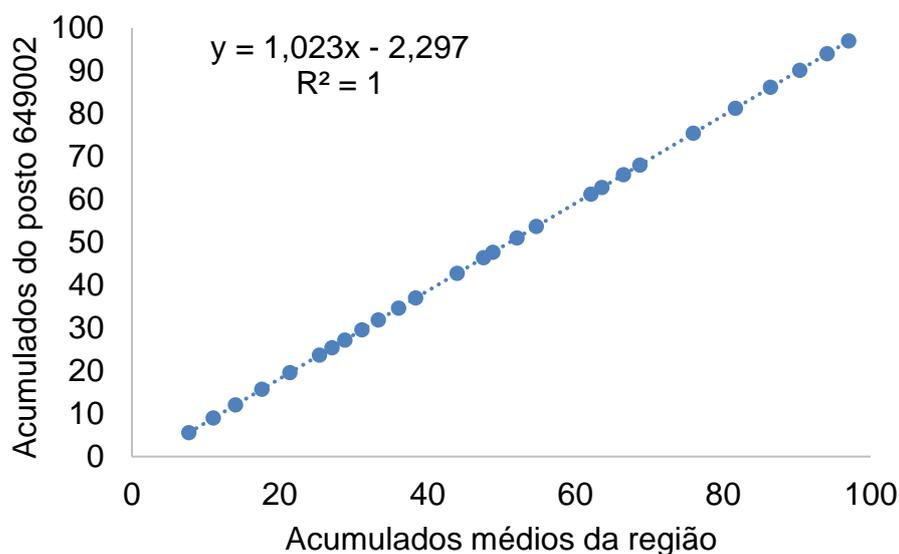


Figura 02 – Curva de dupla massa Código 649002

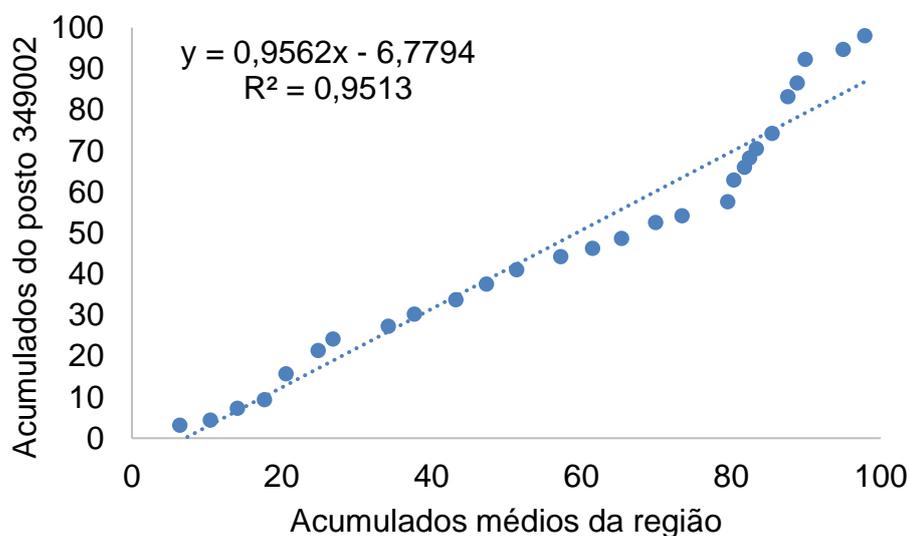


Figura 03 – Curva de dupla massa Código 349002

Quando analisadas as figuras 04 e 05 pode se aferir os resultados obtidos para a FDP de Gumbel e a FDP de Pearson Tipo III que foi conclusivo com respeito à proximidade entre as curvas de probabilidade empírica e probabilidade teórica, indicando de forma prévia que as referidas distribuições se adequaram bem em relação aos dados.

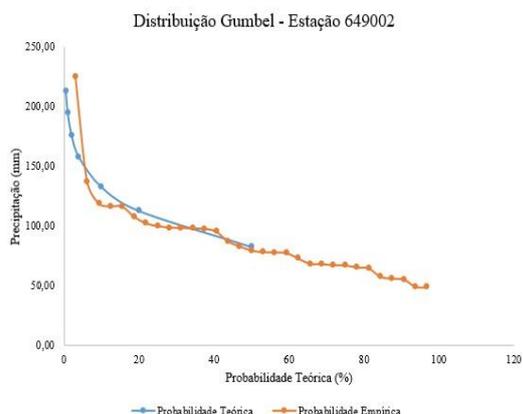


Figura 04 – FDP de Gumbel

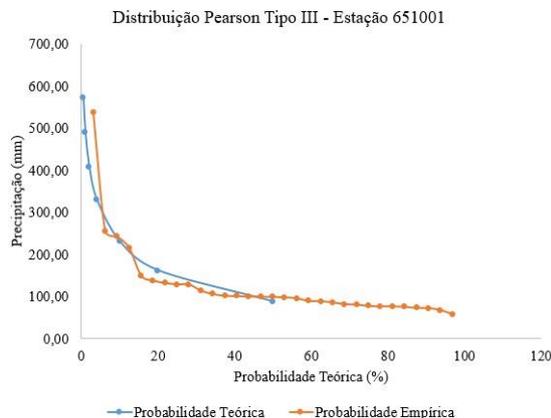


Figura 05 – FDP de Pearson Tipo III

A proximidade detectada é de fundamental importância quanto a análise da veracidade da FDP utilizada, visto que esta Probabilidade Teórica – probabilidade suposta-, deve ser próxima dos valores amostrais reais, ou seja, a Probabilidade Empírica.

Através das figuras 06 e 07, verifica-se que os dados seguem uma distribuição normal, logo, os valores dos testes de aderência de Anderson-Darling (A-D) e de Kolmogorov-Smirnov (K-S) estão distribuídos sobre a reta.

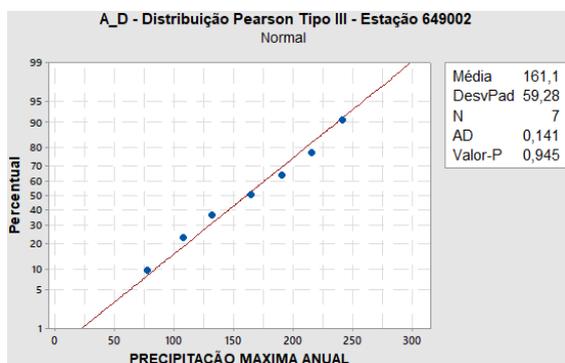


Figura 06 – Distribuição de A-D

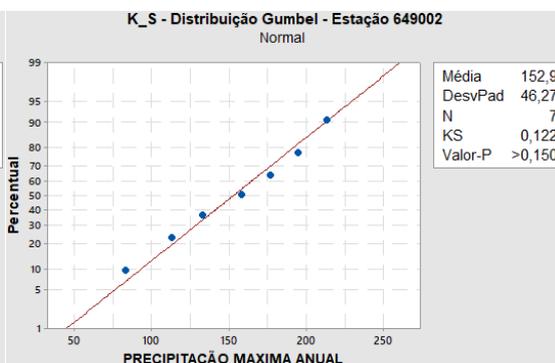


Figura 07 – Distribuição de K-S

Atestada a aderência da série histórica (APÊNDICE A), como os resultados de Valor-P são maiores que 5%, para todos os testes, logo, aceitamos a hipótese de normalidade. Assim, com nível de confiança de 95%, temos evidências de que os dados seguem uma distribuição normal.

Segundo Alves et al. (2013) o teste de aderência Anderson-Darling procura medir e avaliar os desvios entre a distribuição amostral e a teórica. Concomitante a isto, Finkler et al. (2015); Grace e Wood (2012); Franco et al (2014) e Naghettini e Pinto (2007), observaram que o teste de Anderson-Darling se mostrou interessante por analisar o comportamento dos ajustes atribuindo maior peso aos valores das caudas

das distribuições, o que é relevante para dados com característica assintótica ou séries de pequena população amostral, e é atualmente considerado como o teste superior.

Porém observa-se que no teste de aderência de K-S o Valor-P é constante independente da FDP utilizada, enquanto que no teste de A-D há variação quando observada FDP de Pearson Tipo III, mas em relação a FDP de Gumbel o Valor-P é constante, e ressalta-se que é o valor que melhor se adequa à série de dados, aceitando de forma satisfatória a hipótese anteriormente formulada, atestando assim a eficácia da junção de A-D a FDP de Gumbel.

Para a área em análise, a distribuição Gumbel, surge como distribuição limite para máximos da amostra de variáveis aleatórias independentes, identicamente distribuídas, quando o tamanho da amostra aumenta (HARTMANN ET AL., 2011), e estas informações podem auxiliar em diversos planejamentos, e projetos, inclusive auxiliar no dimensionamento de projetos de irrigação, construções de barragens, melhor planejamento de sistemas de manejos de culturas agrícola, bem como no uso eficiente dos recursos hídricos (MARTINS ET AL., 2010).

Know et al (2009), de posse da FDP de Gumbel obteve resultados satisfatório para concepção de uma base segura para projeto de obra hidráulica, e mediante a atual conjuntura da área em análise e os dispostos por Ahammed et al (2014); Beskow et al. (2015); Marani e Ignaccolo (2015) e ANA (2017), esses resultados obtidos serão de grande valia, e com margem de segurança baseado nos métodos e recomendações dispostos no acervo da temática hidrologia, a citar Naghettini e Pinto (2007).

No que tange os períodos de retorno abordados há disponível diversos trabalhos que utilizam estes mesmos períodos, e o DNIT (2005), expõe que a escolha deste TR para um projeto de uma obra de engenharia, conseqüentemente, depende da comparação do custo para sua implantação e da perspectiva dos prejuízos resultantes da ocorrência de descargas maiores do que a de projeto, levando-se em conta que quanto maior o tempo de recorrência mais onerosa será a obra, concomitante a isto Tomaz (2010) dispõe a respeito do cálculo e importância do TR, e para canalizações de rios e redes de drenagem em zonas urbanas, o tempo de recorrência adotado é geralmente de 20 (vinte) a 100 (cem) anos.

Logo, os padrões estabelecidos em dados pretéritos na literatura a respeito da especificidade de cada obra e seu TR deve ser rigorosamente obedecido, em virtude das imensas perdas que podem ocorrer por falta de dados e um período de retorno inadequado a cada projeto de engenharia, especificamente hidráulicos.

Com base nos resultados obtidos neste estudo, os engenheiros/profissionais que geralmente precisam estabelecer técnicas de controle de inundações e estimar os fluxos de pico ou hidrogramas para o projeto de estruturas hidráulicas, podem tomar com base que para esta área, que de acordo com a figura 08 o valor de precipitação máxima diária anual com a probabilidade de 1% para 100 anos variou entre 165mm e 300mm.

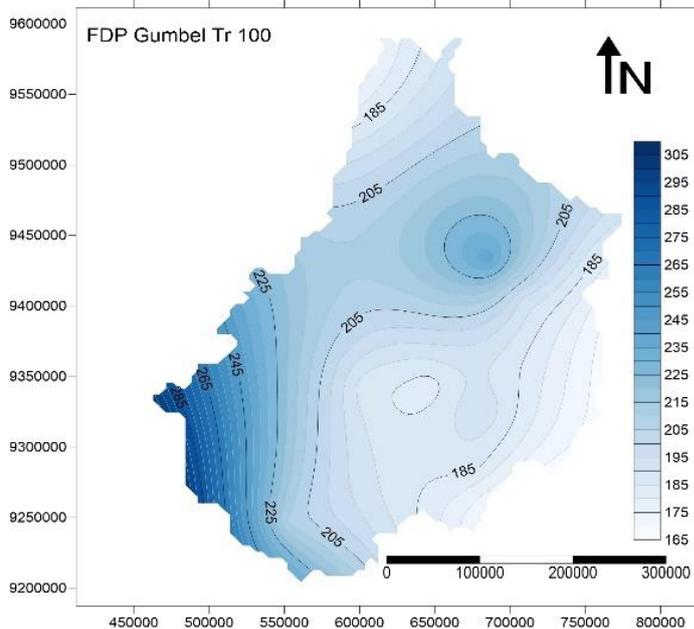


Figura 08 – FDP Gumbel TR 100 anos

Segundo Kwon et al (2009), para sua análise utilizou o FDP de Gumbel para TR 100, e observou que a fim de atenuar os danos causados pelas chuvas intensas, é necessário considerar o comportamento probabilístico da precipitação inclusive para projetos de estrutura hidráulica.

No que se refere ao TR 200, a figura 09 mostra que o valor de precipitação máxima diária anual com a probabilidade de 0,5% para 200 anos variou entre 170mm e 340mm.

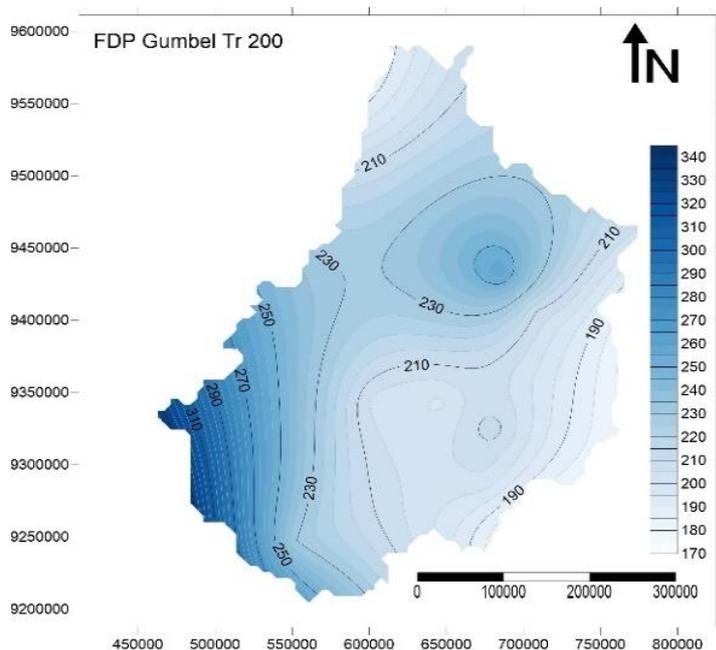


Figura 09 – FDP Gumbel TR 200 anos

Autores como Tucci et al. (2009), classificam quais obras podem ser realizadas com esse tempo de retorno na região, são estas: hidroelétrica com capacidade de 0,05 a 0,03 MW e estruturas hidráulicas em rios navegáveis de importância local. A utilização desse TR é um caso em particular, outrora citado por Tomaz (2010), haja vista que em geral adota-se período de retorno de 25 (vinte e cinco) anos como prática geral de obras hidráulicas, mas, para obras específicas poderá ser determinado período maiores que 25 anos dependendo dos prejuízos que a enchente causará.

Mediante o exposto nas figuras 09 e 10, vale ressaltar que o método das isoietas mostrou-se eficiente no que tange boa representação espacial e para melhor análise de regiões contíguas à mesmas probabilidade de índices máximos de precipitações diárias nos períodos de retornos de 100 e 200 anos, e é sabido que a região sudoeste apresenta os maiores valores de precipitação máxima diária anual, para ambos períodos de retorno, vale ressaltar que nesta área estão inseridos os municípios de Marabá, Parauapebas e Água Azul do Norte os quais desenvolvem diversas atividades produtivas dentre eles: o agronegócio, mineração e há previsão de instalação de obras hidráulicas.

Esta informação de que há a probabilidade de 1% para que em 100 (cem) anos possa em um dia do ano ocorrer uma precipitação pluvial entre 165mm e 300mm, e de 170mm e 340mm para 0,5% em 200 (duzentos) anos, respectivamente, é de grande valia levada em consideração a previsão atual de instalação de obras hidráulicas, e diversos outros usos da água nesta área, visto que o risco de que o período do projeto seja ultrapassado por essa precipitação diária máxima anual é igual a probabilidade desta precipitação.

Levada em consideração a aleatoriedade deste fenômeno hidrológico analisado, esses resultados culminam em uma base de dados para calcular o risco permissível o qual tais, podem estar sujeitos, visto que tal risco é eminente, pois as obras podem falhar ao longo de sua vida útil.

CONCLUSÃO

Os resultados alcançados tornam evidente a suma importância deste tipo de estudo para suprir as deficiências das informações hidroclimáticas como, por exemplo, nas tomadas de decisões para o planejamento do uso dos recursos hídricos sob o ponto de vista agrícola, urbano e energético.

Temos evidências assim, de que os dados seguem uma tendência a normalidade, e com base na análise da isoietia da FDP Gumbel para o TR de 100 anos, os projetos relacionados a recursos hídricos para sub-região hidrográfica Tocantins 08 devem levar em consideração 165mm e 300mm de precipitação máxima diária anual, e ao TR de 200 anos, esses projetos devem levar em consideração 170mm e 340mm, sendo estes os valores a serem considerados no ato de projeção e cálculo do risco destes projetos.

Em virtude do exposto, este trabalho pode contribuir como importante instrumento para planejamento, gestão e operação de seus recursos hídricos, e servir como base de dados para estudos de cálculo de FDP para eventos mínimos de precipitação, para uma região que até então possui um acervo ínfimo no que tange estudos específicos de suas variáveis hidrológicas.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. V. P.; SANTOS, G. B. S.; FILHO, F. C. M. M.; SANCHES, L. Análise dos métodos de estimativa para parâmetros das distribuições de Gumbel e GEV em eventos de precipitações máximas na cidade de Cuiabá-MT. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*. Cuiabá, MT. v. 6, n. 1, p. 32-43, 2013.

ANA, Agencia Nacional de Águas. Bacia Hidrográfica dos Rios Tocantins-Araguaia. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/planoderecursos/Tocantins-Araguaia.aspx>>. Acesso em 01 de fevereiro de 2017.

ASSIS, J. P.; SOUZA, R. P.; LINHARES, P. C. F.; PIMENTA, T. A.; SILVA, E. L. Distribuições de probabilidade para séries históricas mensais de pressão atmosférica no município de Mossoró-RN. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. Pombal, PB. V.11, nº3, p. 135-142, 2016.

BESKOW, S.; CALDEIRA, T. L.; MELLO, C. R.; FARIA, L. C.; GUEDES, H. A. Multiparameter probability distributions for heavy rainfall modeling in extreme Southern Brazil. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. Pelotas, RS, Brazil. v.4, p.123–133, 2015.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transtortes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodovias. Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem. 2 ed. Rio de Janeiro, 2005.133p

FINKLER, N. R.; MENDES, L.A.; SCHNEIDER, E. H. M.; BORTOLIN, T. A.; SCHNEIDER, V. E. Análise de funções de distribuição de probabilidade na determinação de vazão mínima sazonal. *Scientia Cum Industria*. Sergipe. v. 3, n. 2, p. 42-49, 2015.

FRANCO, C. S.; MARQUES, R. P.V; OLIVEIRA, A. S.; OLIVEIRA, L. F.C. Distribuição de probabilidade para precipitação máxima diária na Bacia Hidrográfica do Rio Verda, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, PB. v. 18, n. 7, p. 735-741, 2014.

GOLDEN SOFTWARE, 2012. *Surfer*, versão 12. Conjunto de programas. 1 CD-Rom e manuais. (informações em <http://www.goldensoftware.com>).

GRACE, A. W.; WOOD, I. A. Approximating the tail of the Anderson-Darling distribution. *Computational Statistics and Data Analysis*. Australia, v.56, p. 4301-4311, 2012.

HARTMANN, M.; MOALA, F. A.; MENDONÇA, M. A. Estudos das precipitações máximas anuais em Presidente Prudente. *Revista Brasileira de Meteorologia*. Presidente Prudente. v. 26, n. 4, p. 561-568. 2011.

HIDROWEB. Dados Hidrológicos, Séries Históricas; Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?Tocltem=1080&TipoReg=7&MostraCon=false&CriaArq=false&TipoArq=1&SerieHist=true>> . Acesso em 05 janeiro de 2017.

KWON, Y. M; PARK, J.W; KIM, T. W. Estimation of Desing Rainfalls Considering na Increasing Trend in Rainfall Data. *The Korean of Soil Science and Engeneering*. Korean. Article 29. n. 2B, p 131-139, March 2009.

LARSON, R; FARBER, B. *Estatística aplicada*. 4 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. 637p

MARANI, M.; IGNACCOLO, M. A metastistical pproach to rainfall extremes. *Advances in Water Resources*. Italy. v. 79, p. 121-126, 2015.

MARTINS, J. A. et al. Probabilidade de Precipitação para a Microrregião de Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 291-296, 2010.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. Caderno da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia. Secretaria de Recursos Hídricos – Brasília: MMA, 2006. 132 p.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, Wilton de O. *Estatística básica*. 6 ed. São Paulo: Saraiva, 2010. 540p

MORÁN, W. C.. *Hidrologia para estudantes de ingeniería civil*. Lima-Peru: Pontificia Universidad Catolica del Peru, 1989. 236 p.

NAGHETTINI, M.; PINTO, É. J. A. *Hidrologia estatística*. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Belo Horizonte. 2007. p. 552.

OMM, Organização Meteorológica Mundial. Hidrologia: Medição de informações hidrológicas, OMM - N°168. 6. ed. Ginebra: OMM, 2011.

TOMAZ, P. Calculos hidrologicos e hidraulico para obras municipais: *Capitulo 3 Período de retorno*. Disponível em http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_metodo_calculos_vazao/capitulo03.pdf >. 04 de outubro de 2010. p 65-73

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia Ciência e Aplicação*.. TUCCI C. E. M. (Org). 4ª ed., 5. Reimpr., Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2009. 943 p.

Submetido em: 18/12/2017
Aceito para publicação em: 04/06/2018