

# ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PENTADIAL PARA A CIDADE DE IGUATU-CE<sup>1</sup>.

BRUNO M. ALMEIDA<sup>2</sup>, JOAQUIM B. OLIVEIRA<sup>3</sup>, ÍTALON. SILVA<sup>4</sup>, ELIAKIM M. ARAÚJO<sup>4</sup> ALEXSANDRA D. DE OLIVEIRA<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Trabalho realizado no Laboratório de Topografia e Geoprocessamento do IFET-CE, Campus Iguatu e parte do TCC do primeiro autor como requisito para a obtenção do grau de Tecnólogo em Irrigação e Drenagem (IFET-CE).

<sup>2</sup> Graduando do Curso Superior em Tecnologia de irrigação e Drenagem-IFET Campos Iguatu, Rodovia Iguatu/Várzea Alegre, Km 05-Iguatu-CE, Fone: (0xx88) 9924 7440, bru255@hotmail.com

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Prof. M. Sc. IFET-Ce Campos Iguatu

<sup>4</sup> Graduando do Curso Superior em Tecnologia de irrigação e Drenagem-IFET Campos Iguatu

<sup>5</sup> Eng<sup>a</sup>. Agrônoma, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>.em agronomia UFERSA, Mossoró-RN.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 – GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções – Belo Horizonte – MG.

**Resumo:** O objetivo do presente estudo foi analisar a distribuição de frequência da evapotranspiração de referência para o período pentadial de janeiro a dezembro. Os dados meteorológicos (ET<sub>o</sub>) da série de 44 anos foram adquiridos da Estação Meteorológica Principal da cidade de Iguatu-CE, e a ET<sub>o</sub> foi calculada pelo método de Penman-Monteith. Os testes não-paramétricos Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado foram usados para verificar a aderência da função de probabilidade Gama aos dados em estudo, ficando caracterizada a sua aderência aos dados. Através da função de probabilidade Gama foram gerados os valores de evapotranspiração de referência para diferentes níveis de probabilidade (60, 65, 70, 75, 80, 85 e 90%) com seu respectivo tempo de retorno, servindo assim de ferramenta para o correto dimensionamento de sistemas de irrigação.

**Palavras Chaves:** Probabilidade de ocorrência gama, Evapotranspiração, Penman Monteith

## STUDY OF FREQUENCY DISTRIBUTION OF FIVE DAY TIME REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION TO THE IGUATU CITY, IN CEARÁ, BRAZIL

**ABSTRACT:** The objective of this study was to analyze the frequency distribution of the five day time evapotranspiration for the January to December period, using meteorological data of 45 years (1961/2005) of the Estação Meteorológica Principal of the reference evapotranspiration of the Iguatu city, Ceará, which was calculated by the Penman-Monteith method. The Kolmogorov-Smirnov and Chi-square non-parametric tests of adhesion were used to verify the adherence of the Gamma probability function at data under study, being characterized its adherence to the data. Through the Gama function of the probability was generated the values of reference evapotranspiration for different levels of probability (60, 65, 70, 75, 80, 85 and 90%) with their time of return, serving as tool for the correct design of irrigation and drainage systems.

**KEYWORDS:** Gamma probability of occurrence, evapotranspiration, Penman Monteith

**Introdução:** Os dimensionamentos de sistemas de irrigação baseiam-se geralmente em previsões de uso de água pelas culturas. A utilização de estimativas da necessidade de água sem nenhum critério ou resultante de modelos nem sempre capazes de proporcionar resultados confiáveis, tem refletido, na maioria das vezes, no dimensionamento inadequado dos sistemas de bombeamento, adução, distribuição e na aplicação excedente de água (Saad, 1990). Uma das alternativas para racionalizar o uso dos recursos hídricos em projetos agrícolas é estimar a perda de água da cultura a partir da estimativa da evapotranspiração de referência  $E_{To}$  (Cardoso et.al., 2005). A diversidade dos métodos de estimativa da evapotranspiração de referência e a grande variabilidade dos valores assumidos pelos parâmetros meteorológicos durante o período de máxima exigência hídrica das culturas irrigadas, acarretam considerável dispersão dos valores calculados da evapotranspiração, sugerindo uma análise da distribuição de frequência dos valores estimados, para fins de dimensionamento de sistemas de irrigação (Saad & Scaloppi, 1988). Diversos métodos podem ser empregados para estimar a  $E_{To}$ , sendo que o de Penman-Monteith parametrizado pela FAO é considerado modelo padrão (ALLEN et al., 1998). Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a aplicabilidade da função de probabilidade Gama aos dados de  $E_{To}$  em Iguatu-CE com diferentes níveis de probabilidade.

**Material e Métodos:** Os dados meteorológicos utilizados para a realização do presente trabalho foram coletados da Estação Climatológica Principal (ECP) da cidade de Iguatu-CE, pertencente a rede de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com coordenadas geográficas:  $6^{\circ}22'S$ ;  $39^{\circ}17'W$  e de 217,67m. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da cidade de Iguatu-CE é classificado como BSw'h', o que caracteriza uma região semi-árida quente com uma precipitação pluvial total anual de 750mm com maior intensidade no verão e temperatura média anual de  $27,5^{\circ}C$ . Para a estimativa da evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ) foram usados dados climáticos de um período de 44 anos (1961/2005) de janeiro a dezembro. Considerou-se na análise a evapotranspiração pentadial, estimada pelo método de Penman-Monteith e a distribuição de probabilidade aplicada foi a Gama, descrita a seguir:

$$F(x) = \frac{1}{\Gamma(\gamma) \cdot \beta^{\gamma}} x^{\gamma-1} \cdot e^{-\frac{x}{\beta}}$$

com  $\beta, \gamma > 0$  e  $0 < X$ , onde  $\Gamma(\gamma)$  é a função gama do parâmetro  $\gamma$ . Sendo  $F(x)$  a probabilidade de ocorrência de um evento ser menor ou igual a  $x$ , pode-se escrever que a função de distribuição acumulada de probabilidade é representada pela função gama incompleta, segundo THOM (1958):

$$F(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)} \int_0^x u^{\alpha-1} e^{-\frac{u}{\beta}} du$$

em que:

$x$  é a variável aleatória contínua;

$\Gamma(\alpha)$  é a função gama do parâmetro alfa;

- $\alpha$  é o parâmetro de forma da variável aleatória  $x$ ;
- $\beta$  é o parâmetro de escala da variável aleatória  $x$ , e
- $e$  é a base do logaritmo neperiano (2,7182818...)

Para a estimativa dos parâmetros ( $\beta, \alpha$ ) foram utilizados os procedimentos descritos em Assis (1996). Os testes não paramétricos Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado foram usados para verificar o ajuste da função Gama aos dados de evapotranspiração de referência, sendo seus níveis de significância de 20 e 5% respectivamente, conforme descrito por Kite (1978). Através da distribuição de probabilidade Gama, foram gerados valores de Eto para diferentes níveis de probabilidade (60, 65, 70, 75, 80, 85, 90%), assim como seus tempos de retorno.

**Resultados e Discussão:** As estimativas da evapotranspiração de referência para o período pentadial da cidade de Iguatu-CE foram submetidas aos testes de aderência Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado para verificar se poderiam ser representadas pela função de probabilidade Gama. A Tabela 1 mostra os ajustes da função Gama por pântadas para todos os meses do ano, a partir de testes de aderência que têm como função, verificar a adaptação de uma específica e bem conhecida distribuição aos dados provenientes de uma distribuição desconhecida. Pelo teste de Kolmogorov-Smirnov a função de probabilidade Gama esta apta a representar a ETo, não obtendo aderência apenas na 4ª pântada para o mês de agosto e na 5ª pântada nos meses de Setembro.

Tabela 1. Ajustes da função de probabilidade Gama para todas as pântadas de acordo com os testes de aderência Kolmogorov-Smirnov (K) a 20% de significância e ao Qui-quadrado (Q) a 5%

Pentadas	Aderência para os testes Kolmogorov-Smirnov e Qui-quadrado										
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1ª	KQ	KQ	KQ	KQ	KQ	KQ	KQ	KQ	KQ	KQ	K
2ª	KQ	K	KQ	K	KQ	K	K	K	K	K	KQ
3ª	KQ	KQ	KQ	KQ	K	K	K	KQ	K	K	KQ
4ª	KQ	KQ	KQ	K	K	K	K	-	K	KQ	KQ
5ª	K	KQ	K	K	K	K	K	K	-	KQ	KQ
6ª	KQ	KQ	KQ	K	KQ	K	KQ	K	K	K	KQ

Pelo teste Qui-quadrado a função de probabilidade Gama teve melhor desempenho na 1ª pântada, não obtendo aderência apenas no mês de novembro. Já para nas demais pântadas a função Gama foi apta apenas em alguns meses. Esse comportamento é justificado em função do teste do Qui-quadrado ser mais rigoroso, pois o mesmo só pode ser aplicado quando os dados forem agrupados e, quando as classes possuírem valores menores que três ou cinco, elas devem ser agrupadas em outras classes, sendo seu uso considerado limitado. Abumanssur Calil (2006) em seu estudo da evapotranspiração potencial mensal para o estado do Paraná, obteve ajuste satisfatório da função de probabilidade Gama. Na Tabela 2 estão dispostos os valores da ETo gerados pela função Gama para diferentes níveis de probabilidade, estes níveis indicam a probabilidade de ocorrência desses valores de Eto serem igualados ou não, tornando essa informação importante para o estudo de dimensionamento de sistemas de irrigação, bem como a maximização dos recursos hídricos e energéticos. Uma maneira de analisar

esses dados de evapotranspiração é a de que, na 4ª pentada no mês de setembro, por exemplo, há uma probabilidade de 75% da Eto ser igual ou menor a 7,4mm/dia, ou ainda, que no intervalo de 3 a 4 anos a evapotranspiração será igual ou menor a 7,4mm/dia. Para os diversos níveis de probabilidade foram gerados seus respectivos tempo de retorno em anos (Tabela 3). O tempo de retorno é interpretado como o limite de tempo em que um determinado evento seja igualado ou superado

Tabela 2. Evapotranspiração de referência obtida através da distribuição de probabilidade Gama (prob) para o período pentadial em função de diversos níveis de probabilidade.

Prob (%)	Janeiro						Fevereiro						Março					
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
60	5,5	5,4	5,5	4,9	4,8	4,9	5,0	5,2	5,0	5,2	5,3	5,9	4,7	4,8	4,7	5,0	4,7	4,8
65	5,7	5,6	5,7	5,1	5,0	5,1	5,1	5,4	5,1	5,3	5,5	6,0	4,9	5,0	4,8	5,1	4,8	4,9
70	5,9	5,8	5,8	5,3	5,2	5,3	5,3	5,6	5,2	5,4	5,6	6,2	5,0	5,1	5,0	5,2	5,0	5,0
75	6,2	6,0	6,1	5,5	5,5	5,4	5,3	5,8	5,4	5,6	5,8	6,4	5,2	5,2	5,1	5,4	5,1	5,2
80	6,5	6,2	6,4	5,6	5,5	5,6	5,5	6,1	5,6	5,8	6,1	6,7	5,4	5,4	5,3	5,6	5,2	5,3
85	6,7	6,5	6,7	6,1	6,0	5,9	5,7	6,4	5,8	5,9	6,3	7,0	5,7	5,6	5,5	5,8	5,4	5,5
90	7,2	6,8	7,1	6,4	6,4	6,2	5,9	6,7	6,0	6,2	6,6	7,3	6,0	5,9	5,8	6,1	5,6	5,8
	Abril						Maio						Junho					
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
60	4,5	4,4	4,7	4,8	4,5	4,4	4,5	4,5	4,3	4,4	4,5	4,4	4,7	4,6	4,5	4,7	4,8	4,7
65	4,5	4,6	4,8	4,9	4,6	4,5	4,6	4,6	4,5	4,6	4,7	4,5	4,9	4,8	4,6	4,9	5,0	4,9
70	4,6	4,7	5,0	5,0	4,8	4,6	4,8	4,7	4,6	4,7	4,9	4,7	5,1	5,0	4,8	5,1	5,1	5,1
75	4,8	4,9	5,1	5,1	4,9	4,8	5,0	4,8	4,8	4,9	5,1	4,9	5,3	5,1	5,0	5,2	5,3	5,3
80	4,9	5,0	5,3	5,3	5,1	5,0	5,2	5,0	4,9	5,1	5,3	5,1	5,5	5,3	5,2	5,5	5,6	5,4
85	5,0	5,3	5,5	5,4	5,3	5,2	5,4	5,2	5,2	5,3	5,5	5,3	5,8	5,6	5,5	5,7	5,8	5,8
90	5,2	5,5	5,8	5,7	5,6	5,5	5,7	5,4	5,5	5,6	5,9	5,6	6,1	5,9	5,8	6,1	6,2	6,1
	Julho						Agosto						Setembro					
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
60	5,0	5,1	5,1	5,3	5,3	5,5	5,7	5,4	6,0	6,2	6,1	6,1	6,4	6,6	6,4	6,6	6,5	6,4
65	5,1	5,3	5,3	5,5	5,5	5,6	5,9	5,6	6,1	6,4	6,2	6,2	6,5	6,8	6,5	6,8	6,7	6,6
70	5,3	5,4	5,5	5,6	5,6	5,8	6,1	5,8	6,3	6,6	6,4	6,4	6,7	6,9	6,7	7,1	6,9	6,8
75	5,6	5,6	5,7	5,9	5,8	6,0	6,3	6,0	6,5	6,8	6,5	6,6	6,9	7,1	6,9	7,4	7,1	7,0
80	5,8	5,8	5,9	6,1	6,1	6,2	6,4	6,2	6,7	7,0	6,7	6,8	7,1	7,4	7,1	7,6	7,4	7,2
85	6,1	6,1	6,2	6,4	6,3	6,5	6,7	6,5	6,9	7,2	6,9	7,0	7,4	7,6	7,4	8,1	7,8	7,4
90	6,5	6,4	6,5	6,8	6,6	6,8	7,0	6,8	7,3	7,6	7,2	7,3	7,7	8,0	7,7	8,5	8,2	7,8
	Outubro						Novembro						Dezembro					
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
60	6,6	6,6	6,8	6,7	6,7	7,0	6,3	6,3	6,3	6,6	6,6	6,3	6,1	6,1	6,2	6,2	5,8	5,9
65	6,8	6,8	6,9	6,9	6,9	7,1	6,5	6,5	6,5	6,8	6,8	6,5	6,2	6,3	6,3	6,3	6,0	6,1
70	7,0	7,1	7,1	7,1	7,0	7,3	6,7	6,6	6,7	6,9	7,0	6,7	6,4	6,5	6,5	6,5	6,2	6,3
75	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	7,5	6,9	6,8	6,9	7,1	7,1	6,9	6,6	6,7	6,7	6,7	6,4	6,5
80	7,5	7,5	7,4	7,5	7,5	7,7	7,2	7,0	7,2	7,4	7,4	7,2	6,9	6,9	6,9	6,9	6,6	6,7
85	7,8	7,9	7,7	7,7	7,8	8,0	7,5	7,2	7,4	7,6	7,7	7,5	7,1	7,2	7,2	7,1	6,8	7,0
90	8,1	8,3	8,0	8,0	8,2	8,4	7,8	7,5	7,8	7,9	8,0	7,9	7,5	7,6	7,6	7,5	7,2	7,4

Tabela 3: Tempo de retorno em função de diversos níveis de probabilidade.

Nível de probabilidade (%)	Tempo de retorno (anos)
60	2,5
65	2,9
70	3,3
75	4,0
80	5,0
85	6,7
90	10,0

**Conclusão:** Foi realizado um estudo estatístico com 44 anos de dados utilizando a função de probabilidade Gama para estimar os valores de evapotranspiração de referência, essa ferramenta mostrou-se apta a representar os dados e evapotranspiração para Iguatu-CE, exceto na 4ª e 5ª pântadas nos meses de Agosto e Setembro respectivamente.

#### Referências Bibliográficas:

- ABUMANSSUR, C. **Estimativa da evapotranspiração mensal no estado do Paraná**. 2006. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade do Oeste do Paraná 2006.
- ALLEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998, 297p. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56
- ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatística à climatologia**. Pelotas-RS: Universitária, 1996. 161 p.
- CARDOSO, G. B et al. Determinação da ET de referência pela razão de Bowen com psicrômetros instalados em diferentes alturas. **Revista de Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.36, n.1, p. 16-36, 2005
- KITE, G.H. **Frequency and risk analyses in hydrology**. Fort Collins: Water Resources Publications, 1978. 224 p.
- SAAD, J. C. C. **Estudo das distribuições de frequência da evapotranspiração de referência e da precipitação pluvial para fins de dimensionamento de sistemas de irrigação**. 1990. 79 f. Dissertação (Mestre em Irrigação e Drenagem) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.
- SAAD, J.C.C., SCALOPPI, E.J. Frequencia de distribuição de evapotranspiração de referência para dimensionamento de sistemas de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8, 1988, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1988.v.2, p.1037-52.
- SOUZA, F. Avaliação dos estudos hidroclimatológicos do plano estadual de recursos hídricos do Ceará: I – Evapotranspiração. **Irriga**, Botucatu, v. 3, n. 3, p. 109-125, 1998.
- THOM, H. C. S. A note on the gamma distribution. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 86, p. 117-122. 1958.