



## MODELAGEM PROBABILÍSTICA PARA A EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL MENSAL, EM MOSSORÓ - RN

Janilson Pinheiro de Assis<sup>1</sup>, Roberto Pequeno de Sousa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Prof. Associado, Depto de Ciências Vegetais, Universidade Federal Rural do Semi-árido, Av. Francisco Mota, s/n, km 47 da Br 110, Bairro Presidente Costa e Silva, Cep. 59500-900, Mossoró - RN, Fone: (0xx84) 3317 8546., janilson@ufersa.edu.br.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola, Professor Mestre, Depto de Ciências Vegetais, DCV/UFERSA, Mossoró – RN.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Pará, Belém, PA.

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi verificar o ajuste de 12 séries históricas de evapotranspiração potencial (mm.dia<sup>-1</sup>) no período de 1970 a 2007, em Mossoró, RN, à sete modelos de distribuição densidade de probabilidade Normal, Log-Normal, Beta, Gama, Log-Pearson (Tipo III), Gumbel e Weibull, através dos testes Kolmogorov-Smirnov, Qui-quadrado, Cramer Von-Mises, Anderson Darling, Kuiper, a 10% de probabilidade e através do Logaritmo da Máxima Verossimilhança. Verificou-se a superioridade do ajustamento da distribuição Normal, quando comparada com as outras seis distribuições. No geral, os critérios de ajuste concordaram com a aceitação da hipótese  $H_0$ , no entanto, deve-se salientar que o teste de Kolmogorov-Smirnov apresenta um nível de aprovação de uma distribuição sob teste muito elevado, o que gera uma certa insegurança aos critérios do teste, mas neste estudo como os dados são aproximadamente simétricos ele é o mais recomendado.

**PALAVRAS-CHAVE:** probabilidade, modelagem, aderência.

PROBABILISTIC MODELING FOR MONTHLY EVAPOTRANSPIRATION POTENTIAL  
IN MOSSORÓ – RN

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the fit of 504 historical series of daily Potential evapotranspiration (mm.dia<sup>-1</sup>) in the period 1970 to 2007, in Mossoró, RN, the seven models of probability distribution density of Normal, Log-Normal, Beta, Gamma, Log-Pearson (Type III), Gumbel and Weibull, using the Kolmogorov-Smirnov test, chi-square, Cramer-Von Mises, Anderson Darling, Kuiper, and the logarithm of maximum likelihood. It was the superiority of the adjustment of the normal distribution when compared with the other six distributions. In general, the criteria for adjustment agreed to accept the hypothesis,





however, it should be noted that the Kolmogorov-Smirnov test shows a level of approval of a distribution under test very high, which creates some uncertainty of the criteria test, but in this study as the data are approximately symmetrical it is most recommended.

**KEYWORDS:** probability, modeling, adherence.

## INTRODUÇÃO

Entre as variáveis aleatórias climáticas, a evapotranspiração potencial, é fundamental, principalmente em relação às atividades agropecuárias, dependentes principalmente de irrigação. O estudo do comportamento da variável evapotranspiração através de séries históricas que permitem estudar o comportamento evapotranspirativo em bacias hidrográficas é extremamente importante nos estudos ligados ao comportamento climático de regiões, bem como modelagem do balanço hídrico climatológico.

O logaritmo da máxima verossimilhança é um valor usado como elemento indicador para detectar os ajustes ou aderência aos modelos adotados (COOKE, 1993), esta estimativa, que pode ser um número negativo, indica que quanto melhor é a qualidade do ajuste ou aderência conseguido maior é o seu valor obtido. Já O teste de Kolmogorov-Smirnov só deve ser aplicado a dados não agrupados, pois a essência de sua aplicação é baseada no teorema de Kolmogorov-Smirnov, que afirma que os dados devem estar não agrupados em classes de frequências. O teste de Anderson Darling pode ser aplicado em todos os tipos de dados agrupados ou não agrupados. Por sua formulação matemática, a estatística de teste é sensível às caudas das distribuições isto é a simetria da série (CAMPOS, 1983).

O teste de Kuiper pode ser aplicado a dados não agrupados ou cíclicos, pois o teste independe da origem dos dados, mas também é sensível as caudas ou seja, a simetria. O teste de Cramer Von Mises pode ser aplicado em dados agrupados ou não agrupados de preferência simétricos ou com baixa assimetria positiva. (CAMPOS, 1983).

Segundo Vellame et al. (2012), verificaram que no município de Ouricuri, Pernambuco a evapotranspiração de referência com exceção do mês de maio em todos os demais meses os dados seguiram distribuição Normal de acordo com o teste de Kolmogorov - Smirnov a 95% de probabilidade. A distribuição Beta apresentou um melhor ajuste dos dados em relação à distribuição Normal.





Diante do exposto o objetivo desse estudo foi verificar o ajuste de séries históricas de valores mensais de evapotranspiração às distribuições densidade de probabilidade, Normal, Log-Normal, Beta, Gama, Gumbel, Log-Pearson tipo III e Weibull, através dos testes de kolmogorov – Smirnov, Kuiper, Cramer Von Mises, Anderson Darling e Qui quadrado, a um nível de significância de 10% de probabilidade, e também utilizando o logaritmo da máxima verossimilhança.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram obtidos de uma série de 38 anos (1970 a 2007) dos registros da estação meteorológica da UFRPA (Universidade Federal Rural do Semi-Árido) em Mossoró cujas coordenadas geográficas são: 5°11' S e 37°20' W com 18 m de altitude, com uma temperatura média anual em torno de 27,5° C, umidade relativa de 68,9% (CARMO FILHO; ESPÍNOLA SOBRINHO; MAIA NETO, 1991). Segundo classificação climática de Köppen, o clima de Mossoró é do tipo BSw<sup>h</sup>, ou seja, quente e seco.

Os valores de Eto (evapotranspiração de referência) foram acumulados em períodos consecutivos de 30 dias, sendo em seguida analisados utilizando-se o programa VTFIT 1.0 em inglês para verificar o ajuste das estimativas da Eto às sete distribuições densidade de probabilidade (Normal, Log-Normal, Beta, Gama, Gumbel, Log-Pearson e Weibull), em seguida foi aplicado os testes de aderência e assim feita a verificação do ajustamento dos dados às distribuições de probabilidade para enfim efetuar a seleção do melhor modelo. Dentre os métodos de estimação da evapotranspiração potencial adotou-se o método padrão de Penman-Monteith, ao nível de probabilidade de 75%, pois dentre os diversos métodos indicados pela literatura este é o mais recomendados para às regiões semiáridas, que o caso de Mossoró, RN.

Para verificar a qualidade dos ajustes ou a aderência aos modelos adotados, utilizou-se o logaritmo da máxima verossimilhança, os testes não paramétricos de kolmogorov – Smirnov, Kuiper, Cramer Von Mises, Anderson Darling e qui quadrado, a um nível de significância de 10% de probabilidade, a partir do qual começa a aceitação da hipótese de nulidade  $H_0$ , de que os dados estimados da Eto obedecem ao modelo da distribuição de probabilidade.





## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando a parcimônia, a robustez e a simplicidade dos modelos ajustados dos valores  $p$  – value's, e comparando a força de aderência com os outros modelos, as distribuições de evapotranspiração de referência (Eto) mensais ajustaram-se melhor aos modelos de distribuições teóricas de probabilidade Normal, Lognormal e Gama (Tabela 1). Os resultados obtidos poderão ser utilizados como, estimação de prováveis valores desta variável em diferentes níveis de probabilidade, previsão probabilística, bem como parâmetro no dimensionamento de sistemas de irrigação na região de Mossoró, RN. Resultados semelhantes foram encontrados por Arraes et al. (2009). Quanto aos critérios de ajuste verificou-se uma discordância entre o método do logaritmo da máxima verossimilhança, o qual apresentou baixa capacidade em detectar os ajustes, mostrando falhas na sua estimação e os outros indicadores, bem como uma elevada aprovação dos testes Kolmogorov-Smirnov, Kuiper e Qui quadrado.

Os valores da evapotranspiração de referência estimados com 75 % de probabilidade através da Distribuição Normal variaram conforme o mês do ano. Observou-se uma tendência de redução da evapotranspiração diária com o aumento do período acumulado, bem como em períodos de maior estiagem ou menos chuva. Os níveis de probabilidade representam os limites de ocorrência de valores iguais ou inferiores aos estabelecidos; assim, por exemplo, para um período acumulado de evapotranspiração de 31 dias em janeiro, existem 75% de probabilidade de que o valor da evapotranspiração não seja superior a  $5,92 \text{ mm.dia}^{-1}$  ou, ainda, para o mesmo período, em apenas um em cada dez dias o valor, da evapotranspiração será igual ou superior a  $5,92 \text{ mm.dia}^{-1}$ . Resultados semelhantes foram obtidos por outros autores tais como, Abumanssur, (2006) e Arraes et. al.(2009). Os modelos estatísticos utilizados para inferir o comportamento da evapotranspiração em cada mês do ano foram por ordem de importância o Normal, o Log Normal e o Gama, no entanto escolheu-se o modelo da Distribuição Normal, devido a simplicidade da equação, ao número de parâmetros a serem estimados, a facilidade da estimação bem como a maior porcentagem de aderência às series estudadas dentre todos os modelos aplicados, como evidenciam, Abumanssur (2006), Arraes, et al. (2009) e Blain e Brunini, (2007).





**Tabela 1:** Porcentagem de ajustes à sete modelos de distribuições densidade de probabilidade às series históricas mensais de evapotranspiração potencial em Mossoró, RN, 2012. Mossoró-RN, 2013.

Mês	Distribuições densidade de probabilidade						
	Normal	Log Normal	Gama	Beta	Weibull	Gumbel	Log Pearson Tipo III
Jan	100	100	100	83	100	100	100
Fev	83	83	83	67	0	83	83
Mar	100	100	100	67	100	100	100
Abr	83	83	83	67	0	83	83
Mai	83	83	83	67	83	33	83
Jun	83	83	83	67	0	67	83
Jul	100	100	100	67	100	100	100
Ago	100	100	100	67	0	100	100
Set	100	100	100	83	100	100	100
Out	83	83	83	50	67	67	67
Nov	83	83	83	67	67	83	83
Dez	83	83	83	67	83	83	83

**FONTE:** Dados mensais de evapotranspiração potencial obtidos através da pesquisa.

## CONCLUSÕES

Os modelos Normal, Log Normal e Gama adotados para estimar a evapotranspiração potencial mostraram ajuste altamente satisfatório, sendo o destaque para o modelo Normal; O teste de Qui-quadrado apresentou melhores características para verificar o ajustamento de uma distribuição de probabilidade teórica estimada aos dados observados de evapotranspiração potencial mensal. Os testes de Kolmogorov Smirnov, Kuiper, Cramer Von Mises e Anderson Darling, mostraram resultados semelhantes; O valor do Logarítimo da Máxima Verossimilhança não é um bom elemento indicador da qualidade de ajuste, em face de falta de sensibilidade em detectar os ajustes e sensível a não convergência na estimação dos parâmetros dos modelos.





## REFERÊNCIAS

- ABUMANSUR, C. Estimativa da evapotranspiração mensal no Estado do Paraná, Cascavel, PR, 2006. 91p. (**Dissertação de mestrado**).
- ARRAES, F. D. D.; LOPES, F. B.; SOUZA, F.; OLIVEIRA, B. Estimativa do balanço hídrico para as condições climáticas de Iguatu, Ceará, usando modelo estocástico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.3, n.2, p.78–87, 2009 (On-line), Fortaleza, CE.
- BLAIN, G C.; BRUNINI, R. Caracterização do regime de evapotranspiração real, em escala decenal, no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.1, 75-82, 2007.
- CAMPOS, H. de. **Estatística experimental não-paramétrica**. 4 ed. Piracicaba: ESALQ, 1983. 349 p.
- CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J. M. **Dados meteorológicos de Mossoró (janeiro de 1989 a dezembro de 1990)**. Mossoró: ESAM, FGD, 1991. 110p. Coleção Mossoroense, Série C, 630.
- COOKE, R.A. **VTFIT: A routine for fitting homogenous probability density functions - User documentation**. Blacksburg: Department of Agricultural Engineering, Virginia Polytechnic Institute, 1993. 21p.
- VELLAME L. M.; QUEIROZ M. Z. S. S.; OLIVEIRA A. S. Probabilidade de ocorrência da evapotranspiração de referência em Ouricuri-PE. **INOVAGRI – IV WINOTEC**, Fortaleza, CE. 2012.

