

AJUSTE DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ET_o) PELO MÉTODO DE PENMAN-MONTEITH-FAO À SETE MODELOS DE DISTRIBUIÇÕES DENSIDADE DE PROBABILIDADE EM MOSSORÓ/RN DE 1970-2007.

W. O. SANTOS¹, H. B. F. BARRETO², R. O. BATISTA³, F. G. C. FREIRE², F. G. B. COSTA, K. B. DA SILVA²

RESUMO: A evapotranspiração é um processo natural de perda de água do solo e da planta para a atmosfera, constituindo-se um parâmetro de grande relevância para o manejo agrícola, particularmente em regiões como, o SemiÁrido nordestino. Os dados meteorológicos para estimativa mensal da evapotranspiração de referência (ET_o) foram obtidos na estação meteorológica Jerônimo Rosado da UFERSA, Mossoró/RN durante 38 anos (1970 a 2007) com latitude 5°11' S, longitude 37°20' W a 1,5 m de altura da superfície e altitude de 40,5 m acima do nível do mar. Segundo Köppen, o clima de Mossoró é do tipo BSw^h, quente e seco, com estação chuvosa no verão, atrasando-se para o outono. O objetivo deste trabalho foi verificar a frequência, distribuição e o ajuste da evapotranspiração de referência as distribuições de probabilidade (Normal, Log-Normal, Beta, Gama, Gumbel, Log-Pearson tipo III e Weibull) a um nível de significância de 10 % de probabilidade por meio dos testes de Qui-Quadrado, Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Cramer-von Mises e Kuiper., além de verificar a probabilidade de ocorrência da evapotranspiração a 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 e 95 %. A distribuição Normal apresentou o melhor desempenho.

PALAVRAS-CHAVE: irrigação, testes de aderência, série histórica.

ADJUSTMENT REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION (ET_o) USING THE PENMAN-MONTEITH-FAO METHOD TO SEVEN MODELS OF PROBABILITY DENSITY DISTRIBUTIONS IN MOSSORÓ/RN 1970-2007.

SUMMARY: The evapotranspiration is a natural process of water loss from the soil and plant for the atmosphere, being a parameter of great importance to the agricultural management, particularly in regions such as the SemiArid northeast. The meteorological data to estimate

¹ Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Irrigação e Drenagem, Bolsista Capes Depto de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Mossoró-RN, Caixa Postal 137, CEP 59625-900, e-mail wesleyoliver2@hotmail.com.

² Mestrando em Irrigação e Drenagem, Depto de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró- RN.

³ Prof. Doutor Adjunto, Depto de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN.

monthly reference evapotranspiration (ET_o) were obtained from the meteorological station Jerônimo Rosado's UFERSA, Mossoró/RN for 38 years (1970 to 2007) with latitude 5 11 'S, longitude 37° 20'W 1,5 m in height and the surface elevation of 40.5 m above sea level. According to Köppen's climate is the type Mossoró Bsw'h', hot and dry, rainy summer, lingering in the fall. The aim of this study was to determine the frequency, distribution and adjustment of the reference evapotranspiration probability distributions (Normal, Log-Normal, Beta, Gamma, Gumbel, Log-Pearson type III and Weibull) to a significance level of 10 % likely through the tests chi-square, Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Cramer-von Mises and Kiuper. and to check the occurrence likelihood of evapotranspiration to 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 and 95 %. The normal distribution had the best performance.

KEY-WORDS: irrigation, adherence tests, historical series.

INTRODUÇÃO

O manejo da água na irrigação está, cada vez mais, se tornando uma importante característica no manejo da irrigação. Em tempos de aquecimento global e o uso racional dos recursos naturais, a correta utilização da água na irrigação nunca esteve tão em foco. A maneira mais adequada de se irrigar é oferecendo a cultura somente a quantidade de água que ela necessita. A evapotranspiração é um processo natural de perda de água do solo e da planta para a atmosfera, constituindo-se um parâmetro de grande relevância para o manejo agrícola, particularmente em regiões onde predominam elevados déficits hídricos anuais, como, por exemplo, o semiárido nordestino. Em uma escala local, no caso de uma cultura, a ET_c da cultura se restringe aos processos de evaporação da água do solo e da vegetação úmida e de transpiração das plantas.

O balanço entre a água que entra na cultura pela chuva e a que sai por evapotranspiração, irá resultar na variação do armazenamento de água no solo, que por sua vez condicionará o crescimento, o desenvolvimento e o rendimento da cultura (SANTOS, 2010). O objetivo deste trabalho foi verificar a frequência e a distribuição dos dados de evapotranspiração de referência e o seu ajuste aos modelos probabilísticos (Normal, Log-Normal, Beta, Gama, Gumbel, Log-Pearson tipo III e Weibull), para estimar o valor da variável e fazer previsões probabilísticas desse fator meteorológico, por meio dos testes de

Qui-Quadrado, Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Cramer-von Mises e Kiuper, com um nível de significância $\alpha = 10\%$ de probabilidade, para definir criteriosamente o valor da evapotranspiração, obtendo valores mais representativos que servirá de base para o dimensionamento dos sistemas de irrigação evitando assim, o super ou o seu subdimensionamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados usados neste trabalho foram obtidos de uma série histórica de 38 anos (1970 a 2007) dos registros da estação meteorológica Jerônimo Rosado da UFERSA em Mossoró cujas coordenadas geográficas são: 5°11' S e 37°20' W a 1,5 m de altura da superfície, com altitude de 40,5 m acima do nível do mar, estando localizado a apenas 40 km do Atlântico Norte. O clima local apresenta uma temperatura média anual em torno de 27,5 °C e umidade relativa de 68,9 % (CARMO FILHO et al, 1991). A precipitação média anual é de 670 mm e, a evapotranspiração média anual está em torno de 1945,20 mm e a insolação média de 236 h.mês⁻¹, sendo os meses mais secos os de maior insolação. Segundo classificação climática de Köppen, o clima de Mossoró é do tipo BSw^h, ou seja, quente e seco, com estação chuvosa no verão, atrasando-se para o outono.

Segundo a classificação climática de W.C. THORNTHWAITE, que está baseado numa série de índices térmicos utilizando-se o balanço-hídrico de uma região, a região em estudo apresenta um clima do tipo DdA'a', ou seja, semiárido, megatérmico com pouco ou nenhum excesso de água durante o ano. Para a estimativa da evapotranspiração pelo método de Penman – Monteith-FAO no período considerado, foi utilizado o software SEEVA elaborado por (BEZERRA, 2009). Os valores de ETo (evapotranspiração de referência) foram organizados mensalmente ao longo de (38) anos de dados, valores médios de 1970 a 2007.

A manipulação dos dados foi pelo software VTFIT feito por Cooke, 1993 para verificar o ajuste das estimativas da ETo à sete distribuições densidade de probabilidade (Normal, Log-Normal, Beta, Gama, Gumbel, Log-Pearson e Weibull), afim de verificar a aderência dos dados às distribuições de probabilidade, por meio dos testes de Qui-Quadrado, Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, Cramer-von Mises e Kiuper a um nível de significância de 10 % de probabilidade, Além disso, verificou-se a probabilidade de ocorrência das estimativas da evapotranspiração mensal a 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 e 95 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização ou não de uma distribuição reside na capacidade da mesma em estimar os dados observados, com base em seus parâmetros, e esta capacidade é medida através de testes de aderência (ALMEIDA, 1995). A hipótese testada refere-se à forma da distribuição de probabilidade da população. Assim, testam-se hipóteses do tipo: H_0 : Para a amostra selecionada o modelo proposto é adequado e H_1 : Para a amostra selecionada o modelo proposto não é adequado. Vários trabalhos indicam a distribuição Normal (ARRUDA; BARROSO, 1984; SAAD; SCALOPPI, 1988) e a distribuição Beta (SAAD, 1990) para o estudo da frequência da evapotranspiração de referência. Segundo Morettin e Bussab (2003), a normal é uma das mais importantes variáveis aleatórias contínuas, cuja distribuição é chamada distribuição normal ou Gaussiana, a qual serve como modelo de distribuição para muitos problemas da vida real, mas também aparece em muitas investigações teóricas, pois sua importância em análise matemática resulta do fato de que muitas técnicas estatísticas, como análise de variância e de regressão além de alguns testes de hipóteses assumem ou exigem a normalidade dos dados.

Desde que respeitado o aspecto da representatividade dos dados, as estimativas dos seus parâmetros para uma determinada região podem ser estabelecidas como de uso geral, sem prejuízo da precisão na estimação da probabilidade (CATALUNHA et al., 2002). Os testes de aderência correspondem a uma classe dos testes de hipóteses que tem como função verificar a forma de uma distribuição de probabilidade, isto é, visualizar se os dados referentes a uma distribuição de probabilidade se adequam a curva de um modelo distributivo hipotético.

Na Tabela 2 verifica-se a probabilidade de ocorrência da evapotranspiração ser igualada ou superada. A distribuição normal apresentou o melhor desempenho em relação às distribuições Log-Normal, Beta, Gama, Gumbel, Log-Pearson tipo III e Weibull, ou seja, por meio dos testes estatísticos a distribuição normal apresentou o maior percentual de aceitação da hipótese H_0 .

Tabela 2. Valores mensais estimados da evapotranspiração de referência ETo em (mm/dia) pelo método de Penman Monteith-FAO a determinados níveis de probabilidade (5 %, 10%, 15 %, 20 %, 25 %, 30%, 35 %, 40 %, 45 %, 50 %, 55 %, 60 %, 65 %, 70 %, 75 %, 80 %, 85 %, 90 % e 95 % $[(p(x \leq X))]$ seguindo a distribuição Normal para a cidade de Mossoró/RN no período de 1970 a 2007.

| Meses | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Jan | 5,11 | 5,31 | 5,46 | 5,60 | 5,72 | 5,83 | 5,94 | 6,04 | 6,14 | 6,24 | 6,34 | 6,45 | 6,56 | 6,68 | 6,82 | 6,97 | 7,17 | 7,46 | 8,01 |
| Fev | 4,37 | 4,60 | 4,79 | 4,95 | 5,10 | 5,23 | 5,36 | 5,48 | 5,60 | 5,72 | 5,84 | 5,97 | 6,10 | 6,25 | 6,41 | 6,59 | 6,83 | 7,18 | 7,83 |
| Mar | 3,80 | 4,01 | 4,17 | 4,30 | 4,43 | 4,54 | 4,65 | 4,76 | 4,86 | 4,96 | 5,07 | 5,18 | 5,29 | 5,42 | 5,55 | 5,72 | 5,92 | 6,22 | 6,78 |
| Abr | 3,47 | 3,67 | 3,84 | 3,98 | 4,10 | 4,22 | 4,33 | 4,44 | 4,54 | 4,65 | 4,76 | 4,87 | 4,99 | 5,11 | 5,25 | 5,42 | 5,62 | 5,93 | 6,50 |
| Mai | 3,62 | 3,81 | 3,97 | 4,10 | 4,33 | 4,43 | 4,43 | 4,53 | 4,63 | 4,73 | 4,83 | 4,94 | 5,05 | 5,16 | 5,30 | 5,45 | 5,64 | 5,93 | 6,47 |
| Jun | 3,70 | 3,88 | 4,02 | 4,14 | 4,73 | 4,86 | 4,93 | 5,10 | 5,22 | 5,34 | 5,46 | 5,58 | 5,72 | 5,86 | 6,01 | 6,20 | 6,43 | 6,77 | 7,42 |
| Jul | 4,01 | 4,24 | 4,43 | 4,58 | 4,73 | 4,86 | 4,98 | 5,10 | 5,22 | 5,34 | 5,46 | 5,58 | 6,85 | 6,94 | 7,05 | 7,17 | 7,33 | 7,57 | 8,01 |
| Ago | 5,68 | 5,84 | 5,97 | 6,07 | 6,17 | 6,26 | 6,34 | 6,43 | 6,51 | 6,59 | 6,67 | 6,76 | 6,85 | 6,94 | 7,05 | 7,17 | 7,33 | 7,57 | 8,01 |
| Set | 6,30 | 6,47 | 6,61 | 6,73 | 6,84 | 6,94 | 7,03 | 7,13 | 7,22 | 7,31 | 7,40 | 7,49 | 7,59 | 7,70 | 7,82 | 7,96 | 8,14 | 8,40 | 8,89 |
| Out | 6,48 | 6,66 | 6,81 | 6,94 | 7,05 | 7,16 | 7,26 | 7,35 | 7,45 | 7,54 | 7,64 | 7,74 | 7,85 | 7,96 | 8,09 | 8,23 | 8,42 | 8,70 | 9,21 |
| Nov | 6,23 | 6,39 | 6,52 | 6,64 | 6,74 | 6,83 | 6,92 | 7,01 | 7,09 | 7,18 | 7,27 | 7,36 | 7,45 | 7,55 | 7,66 | 7,80 | 7,96 | 8,21 | 8,67 |
| Dez | 4,96 | 5,22 | 5,43 | 5,61 | 5,77 | 5,91 | 6,05 | 6,19 | 6,32 | 6,46 | 6,59 | 6,73 | 6,88 | 7,04 | 7,22 | 7,42 | 7,68 | 8,07 | 8,79 |

CONCLUSÕES

A distribuição Normal apresentou melhor desempenho em relação às distribuições (Log-Normal, Beta, Gama, Gumbel, Log-Pearson tipo III e Weibull), pois apresentou um menor percentual de rejeição da hipótese de nulidade H_0 .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. M. B. **Características climatológicas do regime de chuva em Minas Gerais**. 1995, 64f. Dissertação (Mestrado),-Universidade Federal de Viçosa-MG, Viçosa, 1995.
- ARRUDA, F. B.; BARROSO, L. F. S. Estimativa do uso de água para fins de projetos de irrigação em função da evaporação de tanque, em Ribeirão Preto, **Bragantia**, Campinas, v.43, n.2, p.677-82, out, 1984.
- BEZERRA, A. H. F. **Software de simulação do coeficiente de cultura**. 2009. 59 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN.

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.

CARNEIRO, J. W. P. Determinação do número de sementes para avaliar o desempenho germinativo de sementes de capim braquiária (*Brachiaria Brizantha* cv marandú), **Revista Brasileira de Sementes**, v.16, n 2, p.156-158, dez, 1994.

COOKE, R. A. *et al.* VTFIT: A microcomputer-based routine for fitting probability distribution functions to data, **American Society Agricultural Engenharing**, St, Joseph, v.9, n.4, p.401- 408, 1993.

COVELL, S.; ELLIS, R.H.; ROBERTS, E.H. e SUMMERFIELD, R.J. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. 1. A comparison of chickpea, lentil, soybean and cowpea at constant temperatures. **J. Exp. Botany**, Oxford. v.37, n.2, p.705-715, 1986.

MORETTIN, P. L., BUSSAD, W. O. **Estatística básica**. 5 ed., São Paulo: Saraiva, 2003. 526 p.

ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, n.3, p.499-514, 1973.

SAAD, J. C. C.; SCALOPPI, E. J. Frequência de distribuição de evapotranspiração de referência para o dimensionamento de sistemas de irrigação, In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9..1988, Florianópolis, **Anais**,,, Florianópolis: ABID, 1988, v.2, p.1037-52.

SANTOS, W. O. **Ajuste da evapotranspiração de referência estimada através de 10 métodos em Mossoró-RN à diferentes distribuições densidade de probabilidade**. 2010. 222 f. Monografia (Graduação em Agronomia)- Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN.