



## Estimativa da ETo a partir de duas estações meteorológicas em Ouricuri-PE

Maria Zélia de Souza S. Queiroz<sup>1</sup>, Lucas M. Vellame<sup>2</sup>; Maria do Socorro C. de Freitas<sup>2</sup>; Geysse Kalyne S. Peixoto<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Bolsista de Iniciação Científica/ PIBIC Jr. – IF Sertão Pernambucano Campus Ouricuri. CEP 56200-000. Tel (87) 3874-2864. [zeliafox2010@gmail.com](mailto:zeliafox2010@gmail.com).

<sup>2</sup> Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – IF Sertão PE – Campus Ouricuri

<sup>3</sup> Bolsista de Iniciação Científica/ PIBIC Jr. – IF Sertão Pernambucano

**Resumo:** O objetivo desse trabalho foi apresentar e comparar a ETo diária em Ouricuri-PE, estimada a partir de dados de duas estações meteorológicas convencional e automática localizadas à 07°53' S e 40°06'W, com 460 m de altitude em Ouricuri - PE. A evapotranspiração de referência foi calculada pelo método padrão Penman Monteith proposto pela FAO. Para a estação convencional utilizou-se dados diários de temperatura máxima e mínima do ar, umidade relativa e velocidade do vento. Para a estação automática utilizou-se dados horários de temperatura máxima e mínima do ar, umidade relativa, pressão atmosférica, radiação solar e velocidade do vento. Os resultados demonstram que o uso dos dados obtidos pela estação meteorológica manual, com a estimativa da radiação solar pela equação de Hargreaves permite a estimativa da ETo pela equação de Penman – Monteith com acurácia suficiente para fins de projetos e planejamento de irrigação. As estações apresentam divergências relativamente grandes quanto à umidade relativa sendo necessária a calibração do sensor. A evapotranspiração de referencia estimada com base em dados horários foi em média, diariamente, 16,18% inferior a ETo calculada em escala horária pela estação automática. A evapotranspiração máxima do período estudado ocorre no mês de setembro que apresenta média diária de 7,9 mm dia<sup>-1</sup>, apresentando valores máximos de 8,5, 9,0 e 9,6 mm dia<sup>-1</sup> a 75,85 e 95% de probabilidade, respectivamente, pela distribuição Beta.

**Palavras- chaves:** evapotranspiração; estação meteorológica; semiárido; irrigação

### 1.INTRODUÇÃO

O município de Ouricuri está localizado na Mesorregião do Sertão Pernambucano, ocupando posição central e de destaque na região de desenvolvimento do Araripe, tendo como atividade econômica predominante a agricultura produzindo desde oleráceas como cebola, tomate, coentro e alface a culturas como feijão, milho, mamona, mandioca e algodão herbáceo.

Suprir as necessidades das culturas é finalidade da irrigação, e é em função disso que a quantificação da água a ser utilizada na irrigação assume grande importância. Andrade Júnior et al. (2001) afirma que nas regiões áridas e semiáridas, a limitação da água deve ser considerada no planejamento da irrigação, tendo em vista otimizar os recursos hídricos disponíveis. É por isso que a utilização de dados climáticos é importante para os projetos e planejamento da irrigação, pois permite à quantificação da ETo das culturas, possibilitando dessa forma o conhecimento da demanda hídrica diária da cultura.

Com o avanço da eletrônica, vêm-se observando a substituição de instrumentos mecânicos oriundos de estações convencionais por sensores automáticos. Esses sensores fornecem dados com melhor caracterização das condições meteorológicas, devido à melhor resolução e possibilidade de obtenção contínua dos dados. Os dados, entretanto nem sempre



estão disponíveis, tanto no tempo quanto no espaço, sendo necessária a comparação com dados das estações convencionais.

Segundo Allen et al. (1998) em áreas onde advêm mudanças substanciais na velocidade do vento, ponto de orvalho ou nebulosidade durante o dia, o calculo da equação da evapotranspiração de referência usando dados horários é geralmente melhor do que usar dados diários. Contudo é necessário uma análise para avaliar a integridade dos dados, sua qualidade e confiabilidade antes de serem utilizados nas equações estimativas de ETo visando manejo de irrigação (TURCO & BARBOSA, 2008).

O objetivo desse trabalho foi apresentar e comparar a evapotranspiração de referência obtida a partir de duas estações meteorológicas do INMET (convencional e automática) respectivamente instaladas no município de Ouricuri – PE.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de 2007 a 2011 da estação meteorológica do INMET, convencional (82753- OURICURI- PE) e de 2010 a 2011 da estação automática (A366-OURICURI- PE), ambas localizada a 7°53'S e 40°06'W, com 460 m de altitude em Ouricuri, Pernambuco.

A evapotranspiração de referência diária (ETo) foi calculada pelo método Penman Monteith proposto pela FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nation- Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação) de acordo com a Eq. 1. Utilizou-se dados horários de temperatura máxima e mínima do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, radiação solar e velocidade do vento, coletados da estação automática. Da estação convencional, se utilizou dados diários de temperatura máxima e mínima do ar, umidade relativa média do ar e velocidade do vento.

$$E_{To} = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (DPV)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (1)$$

Em que,

ETo - evapotranspiração de referencia, em mm dia<sup>-1</sup>;

R<sub>n</sub> - saldo de radiação na superfície, em MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>;

G - fluxo de calor no solo, em MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>;

T - temperatura média do ar a 2 m de altura, em °C;

u<sub>2</sub> - velocidade do vento a 2 m de altura, em m s<sup>-1</sup>;

DPV - déficit de pressão de vapor, em kPa;

Δ - declividade da curva de pressão de vapor, em kPa °C<sup>-1</sup>; e

γ - constante psicrométrica, em kPa °C<sup>-1</sup>;

Para o calculo da ETo pela estação convencional a pressão atmosférica foi calculada pela Eq.2

$$P = 101,3 \left( \frac{293 - 0,0065Z}{293} \right)^{5,26} \quad (2)$$

Em que,

P, pressão atmosférica, kPa;

Z, altitude, m.



Como não se encontravam disponíveis dados da estação convencional para radiação solar ou número de horas de brilho solar, a radiação foi estimada pela equação de Hargreaves. (Eq.3)

$$R_s = K_{Rs} \sqrt{T_{\max} - T_{\min}} R_a \quad (3)$$

Em que,

$R_a$ , radiação astronômica no topo da atmosfera,  $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ;

$T_{\max}$ , temperatura máxima do ar ( $^{\circ}\text{C}$ );

$T_{\min}$ , temperatura mínima do ar ( $^{\circ}\text{C}$ );

$K_{Rs}$ , coeficiente de ajuste (0,16 a 0,19),  $^{\circ}\text{C}^{-0,5}$ .

O valor de  $K_{Rs}$  foi estimado pela minimização da soma dos quadrados dos desvios entre a radiação solar estimada e medida pela estação automática.

Com base nos dados de  $E_{To}$  horária calculou-se a evapotranspiração acumulada de cada dia para comparação com os dados de  $E_{To}$  diária da estação convencional.

Foram calculadas as médias de  $E_{To}$  a partir dos cálculos de valores de todos os dias da série de 5 anos da estação convencional. Foi utilizado o modelo probabilístico Gauss (Normal) e Beta para cada mês do ano e para todo o ano obtendo-se assim uma noção anual da distribuição. Para verificar se os dados de  $E_{To}$  médias podem ser representados pelos modelos de distribuição, foi realizado o teste estatístico de aderência Kolmogorov-Smirnov (teste K-S) com dados de desvio máximos bilaterais a 5% de significância.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é apresentada a relação entre a  $E_{To}$  calculada em bases horária e diária. A estimativa pelos dados horários é em média 16,18 % inferior aos calculados com base diária. Nas Tabelas 1 e 2 estão apresentadas as análises estatísticas para as variáveis que apresentaram diferenças significativas ( $<0,01\%$ ).

Para estimativas precisas de  $E_{To}$  para períodos horários específicos podem exigir o uso de funções de estabilidade aerodinâmica e funções para modificar o valor de resistência da superfície ( $r_s$ ) com base nos desvios de umidade, temperatura e radiação.

Grazhdani et al. (2010) afirmam que as equação de ASCE-PM (ALLEN et al., 2007) e FAO56-PM (ALLEN et al., 1998), tendem a calcular uma menor  $E_{To}$  quando realizado o cálculo horário e feita a somatória diária do que quando aplicado a intervalos de tempo diário (em torno de 4%).

Trajkovic (2010) utilizou medidas lisimétricas para comparar modelos de estimativa da evapotranspiração de referência horária em região semiárida (Davis  $-38^{\circ}321 \text{ N}$ ;  $121^{\circ}46' \text{ W}$ ). Seus resultados mostram uma tendência de subestimativa do método proposto pela FAO 56 com  $r_s$  igual a  $70 \text{ s m}^{-1}$ . Observa-se também uma subestimativa quando utilizados valores de  $r_s = 50 \text{ s m}^{-1}$ .

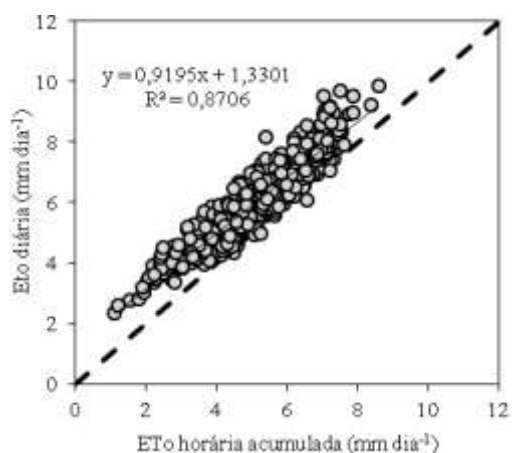


Figura 1 - Relação entre a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) estimada em base horária e diária

Tabela 1 - Média, variância dos dados de ET<sub>o</sub> diária e horária acumulada no dia.

Grupo	Média	Variância
ET <sub>o</sub> horária acumulada	5,076	1,993
ET <sub>o</sub> diária	5,997	1,936

Tabela 2 - Análise de variação dos dados de ET<sub>o</sub> diária e horária acumulada no dia.

Fonte da variação	GL	QM	Valor-P
Cálculo da ET <sub>o</sub>	1	214,4	<0,0001
Resíduo	1008	1,965	
Total	1009		

A estimativa pelos dados da estação convencional foram inferiores aos calculados com base nos dados da estação automática, subestimando em média 8,5% a ET<sub>o</sub> (RMSE= 0,820), valor esse aceitável para fins de projetos e planejamento da irrigação (Figura 2), entretanto, o desvio absoluto máximo diário chegou a 23,76% um valor relativamente alto em se tratando do manejo da irrigação.

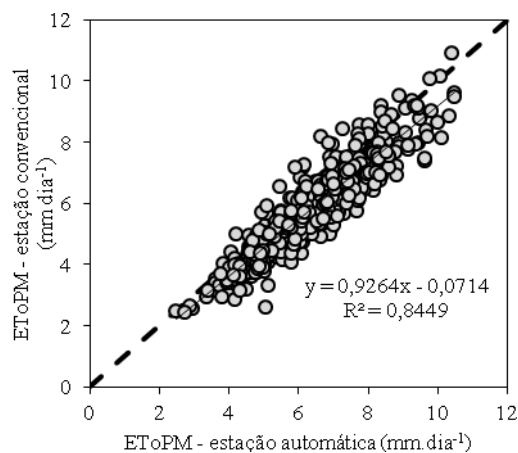


Figura 2 - Relação entre a evapotranspiração de referência (ETo) estimada a partir da estação meteorológica convencional e automática

A estimativa da radiação solar global e da pressão atmosférica e diferenças nas medidas de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento, são fontes de divergências entre as estimativas. Observa-se na Tabela 2 que a umidade relativa é a variável que mais afeta a estimativa da ETo pela estação convencional subestimando em média 9,52%. Faz-se necessário, portanto a calibração deste sensor. Na Figura 3 está apresentada a relação entre a radiação solar global medida pela estação automática e estimada. As diferenças entre os valores estimados e medidos foram em média de 4,6%. A estimativa da Rs provocou de forma isolada uma superestimativa média de 1,1713% (RMSE=0,4123) da ETo.

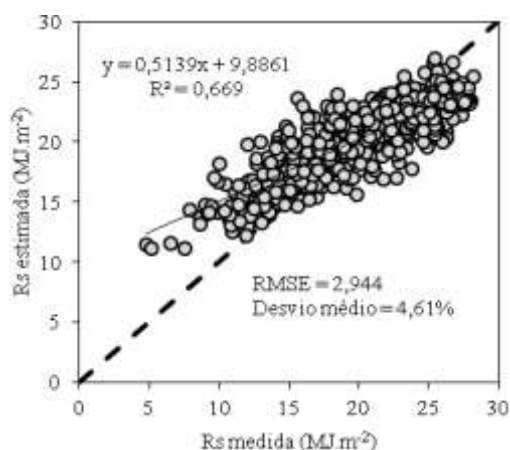


Figura 3 - Relação entre a radiação solar global (rs) medida e estimada.

Tabela 2 - Desvio médio relativo na estimativa da ETo em função dos dados de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento

	RMSE (mm)	Média dos desvios (%)
Temperatura	0,308	0,463



Umidade relativa	0,663	-9,52
Velocidade do vento	0,584	-0,558

Na Tabela 3 estão apresentados os indicadores estatísticos descritivos da ETo para cada mês, para os dados gerais do ano e os valores do teste K-S para distribuição Normal e distribuição Beta.

Percebe-se que a ETo média diária mensal variou entre 4,1 a 7,9 mm dia<sup>-1</sup>. A exceção do mês de maio em todos os demais meses os dados seguiram distribuição normal de acordo com o teste K-S a 95% de probabilidade. Os valores de D<sub>máx</sub> da distribuição Beta foram em quase todos os casos inferiores ao da distribuição Normal mostrando um melhor ajuste dos dados a esse modelo.

Vários trabalhos demonstraram que a distribuição de frequência da evapotranspiração de referência (ETo) se ajusta à distribuição Beta (SAAD & SCALOPPI, 1998; PEREIRA & FRIZZONE, 1994).

Tabela 3 - Média desvio padrão, valor máximo e mínimo dos dados de evapotranspiração de referência diária e valores do teste de aderência Komolgorov-Smirnov para distribuição Normal e distribuição Beta.

Mês	n	Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo	D crítico (teste K-S, 95%)	D <sub>máx</sub> (dist Normal)	D <sub>máx</sub> (dist Beta)
Janeiro	155	6.4	1.6	10.9	2.8	0.109	0.074	0.041
Fevereiro	140	5.4	1.2	8.9	2.3	0.115	0.042	0.046
Março	155	4.7	0.9	7.7	2.7	0.109	0.095	0.068
Abril	150	4.1	0.7	6.2	2.5	0.111	0.063	0.036
Maio	155	4.2	1.1	8.3	1.8	0.109	0.127 NS	0.070
Junho	150	4.8	0.9	7.3	2.6	0.111	0.047	0.048
Julho	155	5.7	1.0	8.5	3.4	0.109	0.035	0.033
Agosto	124	7.0	1.0	9.5	4.3	0.122	0.051	0.041
Setembro	120	7.9	1.2	11.0	5.8	0.124	0.092	0.067
Outubro	155	7.8	1.5	11.0	4.0	0.109	0.059	0.044
Novembro	150	7.8	1.5	11.8	4.4	0.111	0.063	0.034
Dezembro	155	6.7	1.5	10.6	2.6	0.109	0.071	0.062
ANUAL	1764	6.0	1.8	11.8	1.8	0.032	0.059 NS	0.025

Na Figura 4 encontram-se os valores de ETo média diária obtidos das estatísticas de distribuição à diferentes níveis de probabilidade de ocorrência para cada mês do ano. Existe 95% de chance da ETo diária não ser maior a 9,6 mm dia<sup>-1</sup> (mês de setembro) Em regiões semiáridas, como é o caso de Ouricuri, utiliza-se para programação da irrigação no mínimo 75% de probabilidade e, nesse caso, temos que a ETo diária não superará 8,5 mm dia<sup>-1</sup>.

Back (2007) e Doorenbos & Pruitt (1984) recomendam valores entre 75 e 80%; nas condições de irrigação suplementar típicas da região Sul do Brasil, dificilmente se recomendam valores superiores a 80% de probabilidade, só em casos em que a cultura irrigada é de grande valor e possui o sistema radicular pouco profundo. Na região de Ouricuri o mês de junho marca o início do período seco, período que se faz necessário o uso da irrigação na região, e o mês de setembro é o mês de máxima demanda evaporativa.



Na Figura 4, pode-se observar uma maior diferença entre os valores de ETo para distintos períodos, bem como maior distância entre os valores de ETo de diferentes probabilidades. Com esses dados, observa-se que a escolha do valor da evapotranspiração de referência a ser utilizado na programação da irrigação deve ser realizada de acordo com a duração do período de máxima demanda evaporativa da região e do risco associado ao projeto.

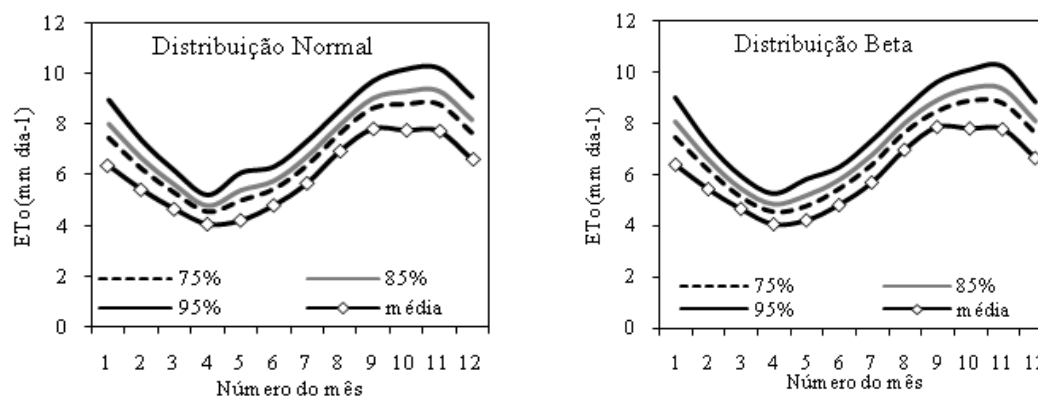


Figura 4 - Evapotranspiração de referência média diária (ETo) a diferentes probabilidades de não superação dos valores para cada mês com base nos dados de 2007 a 2011 no município de Ouricuri – PE.

#### 4. CONCLUSÕES

O uso dos dados dos dados obtidos pela estação meteorológica manual, com a estimativa da radiação solar pela equação de Hargreaves permite a estimativa da ETo pela equação de Penman – Monteith com acurácia suficiente para fins de projetos e planejamento de irrigação. As estações apresentam divergências relativamente grandes quanto à umidade relativa sendo necessária a calibração do sensor.

A evapotranspiração de referência estimada com base em dados horários foi em média, diariamente, 16,18% inferior a ETo calculada em escala horária pela estação automática.

A evapotranspiração máxima do período estudado ocorre no mês de setembro que apresenta média diária de  $7,9 \text{ mm dia}^{-1}$ , apresentando valores máximos de 8,5, 9,0 e  $9,6 \text{ mm dia}^{-1}$  a 75,85 e 95% de probabilidade, respectivamente, pela distribuição Beta.

#### REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G. et al. **Water Requirements**. In: HOFFMAN, G. J. et al. **Design and Operation of Farm Irrigation Systems**. 2. ed. Nebraska: American Society of Agricultural & Biological, 2007.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, D. **Crop evapotranspiration: Guides for computing crop water requirements** Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO; Rome, 1998.

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; FRIZZONE, J.A.; BASTOS, E.A.; CARDOSO, M.J.; RODRIGUES, B.H.N. Estratégias ótimas de irrigação para a cultura da melancia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.301-305, 2001.



BACK, A. J. Variação da evapotranspiração de referência calculada em diferentes intervalos de tempo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.139-145, 2007.

DOOREMBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1984.

GRAZHDANI, S.; AHMETI, A.; BITRI, M. An evaluation and comparison of reference crop evapotranspiration in climatic conditions of albania. **NaturaMontenegrina**, v.9, n.3, p.937-950, 2010.

PEREIRA, A. S.; FRIZZONE, J. A. Relatório de pesquisa. **Análise de frequência da evapotranspiração potencial para fins de dimensionamento de sistemas de irrigação**. Piracicaba: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, 1994.

SAAD, J. C. C.; SCALOPPI, E. J. **Frequência de distribuição de evapotranspiração para dimensionamento de sistemas de irrigação**. Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. Anais Florianópolis: Florianópolis, SC, 1988.

TRAJKOVIC, S. Testing hourly reference evapotranspiration approaches using lysimeter measurements in a semiarid climate. **Hydrology Research**, v.41, n.1, p.38-49, 2010.

TURCO, J. E. P., BARBOSA, J. C. Avaliação de duas estações meteorológicas automatizadas, para estimativa diária da evapotranspiração de referência obtida pelo método de Penman-Monteith. **Irriga**, Botucatu, .13, n.3, p.339-354, 2008.