

EFEITO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA DO SUBMÉDIO DO VALE SÃO FRANCISCO

Thieres G. F. da SILVA^{1,4}, José Edson F. de MORAIS¹, Wellington J. da S. DINIZ¹, Jannaylton E. O. SANTOS¹, Luciana S. B. de SOUZA², Magna S. B. de MOURA³.

¹UAST/UFRPE, Serra Talhada - PE, ²DEA/UFV, Viçosa - MG, ³Embrapa Semiárido - PE

⁴thieres@uast.ufrpe.br

RESUMO: A evapotranspiração de referência (ET_o) é um dos parâmetros mais importantes no ciclo hidrológico e sua estimativa fundamental no manejo adequado de irrigação. O objetivo do trabalho foi identificar por meio de uma análise de trilha os efeitos diretos e indiretos das variáveis meteorológicas (variáveis explicativas) sobre a ET_o (variável resposta). Os dados utilizados foram coletados de cinco estações meteorológicas automáticas situadas no Vale do Submédio São Francisco. A ET_o foi calculada pelo método de Penman Monteith. O saldo de radiação e a velocidade do vento foram as variáveis explicativas que apresentaram efeito direto, sendo a primeira de maior magnitude. O maior efeito da radiação solar global ocorreu de forma indireta, via radiação solar. A precipitação apresentou através do seu efeito direto, e efeito indireto via o saldo de radiação e velocidade do vento, uma relação inversa com a ET_o.

ABSTRACT: The reference evapotranspiration (ET_o) is one of the most important parameters in the hydrological cycle and its estimate is fundamental for the water management of irrigation. The objective of this work was to identify by means of a path analysis the direct and indirect effects of meteorological variables (explanatory variables) on the ET_o (response variable). The data used were collected from five automatic weather stations situated in the 'Vale do Submédio São Francisco', Brazil. The ET_o was calculated by the method of Penman Monteith. The radiation net and wind speed are the explanatory variables that have direct effect, the first being of greater magnitude. The largest effect of the global solar radiation occurred indirectly, via solar radiation. The precipitation presented through its direct effect and indirect effect via the radiation net and speed of the wind, an inverse relationship with the ET_o.

1 - INTRODUÇÃO

Um dos principais parâmetros do balanço hídrico utilizados para determinação da necessidade hídrica da cultura é a evapotranspiração. Esse componente é usado para descrever o processo de transferência de água para a atmosfera proveniente da evaporação do solo e da transpiração dos vegetais, sendo a sua mensuração de grande importância, pois está relacionada com a

quantidade a ser reposta no solo pela chuva ou pela irrigação, de modo a auxiliar no manejo da água, dimensionamento dos sistemas de produção e desenvolvimento de estratégias de manejo de acordo com as condições climáticas e hídricas do solo predominantes na região (MENDES, 2006; SOUZA et al., 2009; TAGLIAFERRE et al., 2010). Os principais fatores influentes neste fenômeno hidrológico são as variáveis meteorológicas, sobretudo, a radiação solar, temperatura do ar, precipitação, velocidade do vento e umidade relativa do ar, que agem de forma integrada, e por isso, aumentam o grau de dificuldade em analisar separadamente o efeito de cada uma dessas variáveis no processo de evapotranspiração (VILLA NOVA, 1987; MOHAN & ARUMUGAM, 1996), que algumas vezes podem apresentar influência direta ou indireta na sua determinação. O objetivo do trabalho foi identificar os efeitos diretos e indiretos das variáveis meteorológicas sobre o processo de evapotranspiração de referência no Vale do Submédio São Francisco.

2 - DADOS E MÉTODOS DE ANÁLISE

As variáveis meteorológicas utilizadas neste estudo foram coletadas durante o período de março de 2003 a abril de 2008, totalizando 8670 observações diárias, de cinco estações meteorológicas automáticas distribuídas ao longo do Vale do Submédio São Francisco. As cinco estações meteorológicas automáticas são pertencentes a Embrapa Semiárido (Figura 1) e compreendem o pólo Petrolina-PE/Juazeiro-BA, que segundo a classificação de Köppen possui clima do tipo BSw^h, correspondendo a uma região climaticamente semiárida. As variáveis utilizadas foram evapotranspiração de referência mm dia⁻¹ (ET_o), determinada pelo método de Penman Monteith (ALLEN et al., 1998), temperatura média, máxima e mínima do ar (°C); umidade relativa média, máxima e mínima do ar (%); radiação solar global (MJ m⁻²dia⁻¹); saldo de radiação (MJ m⁻²dia⁻¹); velocidade do vento (m s⁻¹) e precipitação (mm).

Tabela 1. Localização das estações meteorológicas automáticas e suas respectivas coordenadas e anos observados.

Localização	Estação	Latitude	Longitude	Altitude	Período
Petrolina-PE	Bebedouro	09°09' S	40°22"W	365 m	2003-2008
Juazeiro-BA	Brasil Uvas	09°19' S	40°11"W	365 m	2003-2008
Juazeiro-BA	Fruitfort	09°22' S	40°33"W	365 m	2003-2008
Casa Nova-BA	Santa Felicidade	09°22' S	40°33' W	365 m	2003-2008
Petrolina-PE	Timbaúba	09°13' S	40°29' W	365 m	2003-2008

Inicialmente, realizou-se uma matriz de correlação simples de Pearson entre a ET_o e as variáveis meteorológicas. Em seguida, foi feito o diagnóstico de multicolinearidade entre variáveis meteorológicas, sendo que ao ser constatado grau de multicolinearidade moderado ou

forte, procedeu-se a identificação da variável, e logo após a mesma foi eliminada do conjunto de dados. Para essa eliminação foram assumidos os fatores de inflação da variância (VIF), o número de condição (NC) na matriz de autovalores e as correlações entre variáveis maiores ou iguais a 0,8, de modo a tornar os $VIF < 10$ e $NC < 100$ (CRUZ, 2006), e assim, conseguir valores fracos de multicolinearidade. Uma vez atingindo essa condição foi realizada uma análise de trilha com o objetivo de avaliar os efeitos diretos e indiretos, e, para isso, considerou-se a variável ETo como variável dependente ou principal e as demais como variáveis independentes ou explicativas.

3 - RESULTADOS

A partir do diagnóstico de multicolinearidade, as variáveis meteorológicas eliminadas foram a temperatura média e máxima do ar e umidade relativa máxima e mínima do ar. Assim, as demais variáveis meteorológicas (temperatura mínima; radiação solar global; saldo radiação solar; velocidade do vento e precipitação) foram utilizadas na análise de trilha. Todas as correlações simples entre a ETo e as variáveis meteorológicas foram significativas pelo teste de t, a 1% de probabilidade. Os resultados do desdobramento em efeitos diretos e indiretos, pela análise de trilha, são demonstrados na Tabela 2. As variáveis que apresentaram maior correlação (Efeito Total - Diretos e Indiretos) com a ETo foram a radiação global (0,4705) e o saldo de radiação (0,8257). A menor correlação com a variável principal foi apresentada com a temperatura mínima (0,1825), mesmo assim, a mesma demonstrou efeitos significativos sobre a ETo pelo teste t. As variáveis meteorológicas que apresentaram maiores efeitos diretos sobre a ETo foram Rn (0,7989) e U_2 (0,4432), superando o efeito da variável residual (0,3537), explicando assim, parte da variação na ETo. Os efeitos indiretos da Tn não superaram o efeito da variável residual, sendo que via U_2 e P apresentou sinal negativo indicando relação inversa com a ETo. Em relação a Rg, apenas o efeito indireto via Rn superou o efeito da variável residual, já que o seu efeito direto foi baixo, indicando que a Rg apenas explica variação na variável principal quando está associada o Rn. Os efeitos indiretos da Rn via as demais variáveis apresentaram valores baixos, não superando o efeito da variável residual. O efeito indireto da variável U_2 via Tn, Rg e Rn também apresentaram pequenas magnitudes. O efeito direto da P sobre a principal apresentou sinal negativo demonstrando relação inversa com a ETo, sendo que o seu efeito indireto via Rn e U_2 tiveram o mesmo comportamento. Os efeitos indiretos que ocorreram via as demais variáveis meteorológicas também não superaram o valor da variável residual. O coeficiente de determinação apresentado na análise de trilha foi de 0,8749 indicando que o modelo causal expresso pelos caracteres Tn, Rg, Rn, U_2 e P, explicou 87,49% dos efeitos da ETo. Araújo et al. (2011), estudando as relações da ETo com a temperatura média do ar (Tm), Rg, U_2 , umidade relativa média do ar e fluxo de calor no solo (G) no município de Alegre, ES, Brasil, no período de março de 2009 a junho de 2010,

observaram que as variáveis que apresentaram maior correlação (efeito total) com a estimativa da ETo foram a Tm (0,7932) e a Rg (0,9332); o G apresentou a menor efeito no processo (0,0293).

Tabela 2. Efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas (temperatura mínima, Tn; radiação solar global, Rg; saldo de radiação solar, Rn; velocidade do vento, U₂; e, precipitação, P) sobre a evapotranspiração de referência (ETo).

Variável	Efeito	Estimativa
Tn	Direto Sobre ETo	0,1756
	Indireto via Rg	0,0003
	Indireto via Rn	0,1217
	Indireto via U ₂	-0,1137
	Indireto via P	-0,0014
	Total - Diretos e Indiretos	0,1825**
Rg	Direto Sobre ETo	-0,0047
	Indireto via Tn	-0,0094
	Indireto via Rn	0,4379
	Indireto via U ₂	0,0419
	Indireto via P	0,0048
	Total - Diretos e Indiretos	0,4705**
Rn	Direto Sobre ETo	0,7989
	Indireto via Tn	0,0267
	Indireto via Rg	-0,0026
	Indireto via U ₂	-0,0054
	Indireto via P	0,0080
	Total - Diretos e Indiretos	0,8257**
U ₂	Direto Sobre ETo	0,4432
	Indireto via Tn	-0,0451
	Indireto via Rg	-0,0005
	Indireto via Rn	-0,0097
	Indireto via P	0,0067
	Total - Diretos e Indiretos	0,3948**
P	Direto Sobre ETo	-0,0367
	Indireto via Tn	0,0066
	Indireto via Rg	0,0006
	Indireto via Rn	-0,1749
	Indireto via U ₂	-0,0813
	Total - Diretos e Indiretos	-0,2858**
Coeficiente de determinação		0,8749
Efeito da variável residual		0,3537

** Significativo a 1%, pelo teste t.

4 - CONCLUSÕES

O saldo de radiação e a velocidade do vento foram as variáveis explicativas que apresentaram efeito direto sobre a evapotranspiração de referência (ETo), sendo a primeira com maior magnitude. A radiação solar global também apresentou efeito, entretanto de forma indireto via o saldo de radiação. A precipitação apresentou através de seu efeito direto, e efeito indireto via saldo de radiação e velocidade do vento uma relação inversa com a ETo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper, 56.** Rome: FAO, 1998. 310p.

ARAÚJO, G. L. et al. Correlações entre variáveis climatológicas e seus efeitos sobre a evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.5, nº. 2, p.96 – 104, nov./jun. 2011.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: Biometria.** Viçosa: UFV, 2006. 382p.

MENDES, Ricardo de Sousa. **Determinação da evapotranspiração por métodos diretos e indiretos e dos coeficientes de cultura para a soja no Distrito Federal.** 2006. 71 f. Dissertação (Mestrado em Concentração de Gestão de Solo e Água) – Universidade de Brasília, Brasília.

MOHAN, S.; ARUMUGAM, N. Relative importance of meteorological variables in evapotranspiration: factor analysis approach. **Water Resources Management**, India, v. 10, p.1-20, 1996.

SOUZA, M. do S. M. de et al. Evapotranspiração do Maracujá nas condições do Vale do Curu. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 2, p. 11-16, 2009.

TAGLIAFERRE, Cristiano et al. Estudo comparativo de diferentes metodologias para determinação da evapotranspiração de referência em Eunápolis - BA. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 103-111, jan./mar. 2010.

VILLA NOVA, N. A. **Principais métodos climáticos de estimativa de aplicação de água de irrigação.** Piracicaba. ESALQ/ Departamento de Física e Meteorologia, 22p. 1987.