

MODELO DE SIMULAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM PLANILHA ELETRÔNICA¹

Aderson Soares de ANDRADE JÚNIOR², José Antonio FRIZZONE³ & Paulo César SENTELHAS⁴

1. INTRODUÇÃO

A evapotranspiração de referência (ET_o) é uma variável de importância fundamental no dimensionamento de sistemas, manejo de água e planejamento da irrigação.

Contudo, para a efetivação desses estudos, normalmente, as informações disponíveis quanto a ET_o são insuficientes, o que requer a necessidade de sua previsão através de técnicas de simulação estocástica.

Uma técnica de simulação estocástica muito utilizada é o método de Monte Carlo, que baseia-se na comparação de números randômicos com uma determinada função estatística (Sousa, 1999). Por essa técnica, a partir de um número aleatório e conhecendo-se, a priori, a distribuição de probabilidades que descreve o evento, o método permite a geração de outros possíveis valores para o referido evento.

Dessa forma, efetuou-se este trabalho com o objetivo de apresentar uma técnica de simulação de valores diários de ET_o através do método de Monte Carlo e na forma mais amigável e interativa de uma planilha eletrônica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A simulação estocástica baseou-se no método de Monte Carlo, o qual constitui-se em uma técnica de gerar informações quando os eventos ocorrem de forma aleatória e as variáveis a serem geradas seguem uma determinada função de distribuição de probabilidades.

Usou-se as funções de distribuição normal, beta e triangular devido essas distribuições terem apresentado ajustes satisfatórios aos dados de ET_o (Saad, 1990; Sousa & Frizzone, 1998 e Sousa, 1999). O ajuste prévio dos valores de ET_o a essas funções foi efetuado pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (Campos, 1979).

Os parâmetros dessas distribuições foram determinados conforme Assis et al. (1996) e associados ao processo de geração de números aleatórios disponível em planilha eletrônica.

Para validação da técnica de simulação, utilizou-se os dados diários de ET_o calculados pelo método de Penman-Monteith (Pereira et al., 1997). Para tanto, usou-se os dados meteorológicos diários referentes ao período de 1990-1999, obtidos na Estação Climatológica do INMET, localizada na Embrapa Meio-Norte, em Parnaíba, PI. Porém, para que a validação não fosse tendenciosa, retirou-se um ano de cada vez da análise, de tal maneira a utilizá-lo posteriormente na fase de validação.

A técnica foi aplicada dividindo-se o ano em 24 períodos contínuos de 70 dias, com intervalos de 15 dias, iniciando em 1º de janeiro e com término em 15 de dezembro.

Para avaliar o desempenho do processo de simulação determinou-se os índices de desempenho estatístico: índice de Willmott (d) (Willmott, 1981), coeficiente de correlação (r) e coeficiente "c" de Camargo & Sentelhas (Camargo & Sentelhas, 1997). Maiores detalhes quanto ao processo de

simulação desenvolvido pode ser obtido em Andrade Júnior (2000).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (Campos, 1979) indicou que houve ajuste dos valores diários de ET_o à função de distribuição normal em poucos períodos avaliados. Não houve ajuste dos dados diários de ET_o às funções de distribuição beta e triangular. Por essa razão, procedeu-se à verificação do ajuste utilizando-se os valores de ET_o em períodos acumulados de cinco dias.

Com essa modificação, houve ajuste dos dados de ET_o às funções de distribuição normal e beta, para todos os períodos, concordando com os resultados obtidos por Saad (1990), que considerou essas funções de distribuição aptas para representar a ET_o para períodos acumulados de diferentes durações (5 a 30 dias).

Apesar de ter havido ajuste dos valores de ET_o às funções de distribuição normal e beta, optou-se por utilizar-se a função de distribuição normal, devido à sua maior facilidade de uso e aplicabilidade (Saad, 1990).

A Tabela 1 apresenta uma comparação entre os valores observados e simulados de ET_o nos períodos avaliados. Os valores observados e simulados de ET_o apresentaram boa aproximação. Os valores de ET_o tenderam a ser menores nas séries de dados simulados em comparação com os valores observados. Sousa (1999) constatou tendência de subestimativa de valores de déficit de

Tabela 1 - Valores observados (O) e simulados (S) de ET_o nos períodos avaliados. Parnaíba, PI, 1990-1999

Períodos	ET _o (mm)	
	O	S
1 - Jan	355,4	345,3
15 - Jan	347,5	334,3
1 - Fev	323,1	322,2
15 - Fev	316,5	309,5
1 - Mar	327,9	303,4
15 - Mar	329,2	297,6
1 - Abr	326,5	305,1
15 - Abr	328,5	310,0
1 - Mai	329,4	319,6
15 - Mai	336,3	325,9
1 - Jun	345,8	341,8
15 - Jun	369,1	361,6
1 - Jul	395,2	385,8
15 - Jul	428,1	413,4
1 - Ago	463,7	446,5
15 - Ago	481,9	467,7
1 - Set	492,4	483,5
15 - Set	485,5	483,2
1 - Out	481,3	480,7
15 - Out	464,7	470,4
1 - Nov	441,0	439,7
15 - Nov	401,1	413,2
1 - Dez	370,1	390,7
15 - Dez	352,6	363,0
Média	387,2	379,8

¹ Parte da tese de Doutorado do primeiro autor apresentada à ESALQ/USP

² Embrapa Meio-Norte, CP 01, Teresina, PI CEP 64.006-220. E.mail: aderson@cpamn.embrapa.br

³ DER/ESALQ/USP, Piracicaba, SP

⁴ DCE/ESALQ/USP, Piracicaba, SP

evapotranspiração quando simulou ocorrência de veranicos de diferentes durações.

Os valores médios simulados aproximaram-se bem dos valores observados, mostrando que o modelo efetuou estimativas de ETo com boa precisão e exatidão. Os resultados da análise de correlação ($r=0,985$), índice de concordância de Willmott ($d=0,988$) e coeficiente "c" de Camargo ($c=0,973$) comprovam esse fato. Resultados semelhantes foi verificado por Sousa (1999) que também obteve elevados índices de desempenho estatístico ao utilizar o método de simulação de Monte Carlo para a geração de valores de ETo e, posteriormente, de déficit de evapotranspiração.

Com base no critério de interpretação do desempenho pelo índice "c" proposto por Camargo & Sentelhas (1997), o modelo de simulação utilizado para a geração dos valores de ETo teve desempenho estatístico "ótimo" ($c>0,85$) devido à menor diferença dos valores simulados em relação aos observados ($> d$), ou seja, uma maior exatidão do modelo.

A Figura 1 mostra a comparação entre as médias dos valores observados e simulados de ETo em períodos específicos nas estações chuvosa e seca. Selecionou-se os períodos que apresentaram os menores (15-Fev) e os maiores (1-Set) valores totais de ETo segundo as médias da série histórica de dados. Apesar da pequena dispersão dos valores simulados em relação à média dos valores

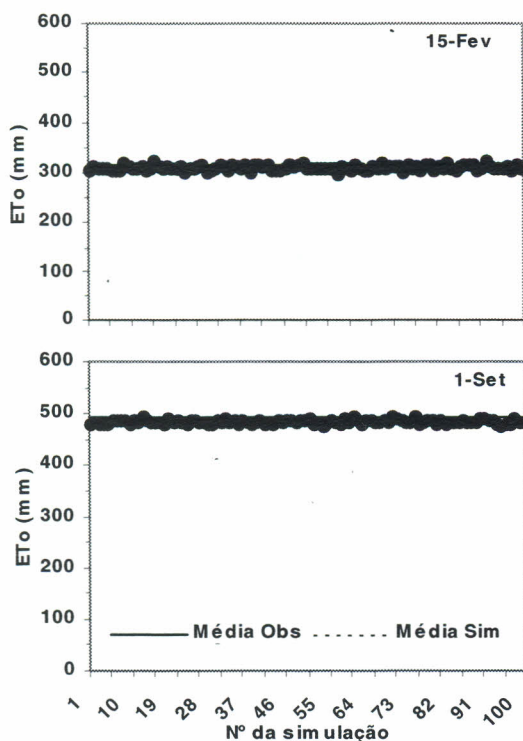


Figura 1 - Valores observados e simulados de ETo em períodos específicos na estação chuvosa e seca

observados, houve tendência de subestimativa dos valores de ETo nos períodos avaliados. As maiores subestimativas de ETo ocorreram em 15-Fev (-2,2 %) em plena estação chuvosa e as menores em 1-Set (-1,8 %).

As subestimativas observadas nos valores de ETo não comprometem o desempenho do modelo de simulação, uma vez que estas diferenças são normalmente atribuídas aos erros inerentes ao procedimento de estimativa da ETo, as quais dependem do método de estimativa, da qualidade e confiabilidade dos dados disponíveis (Saad, 1990).

4. CONCLUSÃO

A técnica de simulação usada proporcionou a geração de valores diários de ETo com precisão e exatidão, possibilitando seu uso na expansão de séries históricas para estudos de séries temporais.

5. REFERÊNCIAS

- ANDRADE JÚNIOR, A. S. Viabilidade da irrigação, sob risco climático e econômico, nas microrregiões de Teresina e Litoral Piauiense. Piracicaba, 2000. 566p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- ASSIS, F.N.; ARRUDA, H.V.; PEREIRA, A.R. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática**. Pelotas: UFPel, Editora Universitária, 1996. 161p.
- CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.5, n.1, p.89-97, 1997.
- CAMPOS, H. **Estatística experimental não - paramétrica**. 3. ed. Piracicaba: ESALQ, 1979. cap.2, p.21-62.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. cap.3, p.41-99.
- SAAD, J.C.C. Estudo das distribuições de freqüência da evapotranspiração potencial e da precipitação pluvial para fins de dimensionamento de sistemas de irrigação. Piracicaba, 1990. 124p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- SOUSA, S.A.V. Programa computacional para simulação da ocorrência de veranicos e queda de produção. Piracicaba, 1999. 124p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- SOUSA, S.A.V.; FRIZZONE, J.A. Uso da função triangular na simulação do déficit de evapotranspiração na cultura do fumo em Cruz das Almas, BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, Poços de Caldas, 1998. *Anais*. Poços de Caldas: SBEA; UFLA, 1998. v.1, p.325-327.
- WILLMOTT, C.J. On the validation of models. *Physical Geography*, v.2, p.184-194, 1981.