

AValiação da re-análise do ECMWF na estimativa da evapotranspiração de referência em Viçosa (MG)

MARCELO CID DE AMORIM¹, MARINE C. GROSSI², FLÁVIO JUSTINO³, GILBERTO SEDIYAMA³, LUIZ C. COSTA³, JOSÉ L. C. DA SILVA JÚNIOR⁴, MARIA E. B. ALVES⁴, MICHELLY M. ELEUTÉRIO⁴

(1) Engenheiro Agrônomo, estudante de Pós-graduação em Meteorologia Agrícola, Depto. Engenharia Agrícola (DEA), Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa – MG, Fone: (0xx31) 3899.1890, e-mail: mcid@vicosa.ufv.br. (2) Estudante de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, DEA, UFV. (3) Professores, PhD, PQ/CNPq, DEA/ UFV. (4) Pós-graduandos em Meteorologia Agrícola, DEA/ UFV.

Apresentado no

XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de re-análises do ECMWF/ERA-40 na estimativa diária da ET_0 , adotando o modelo de Penman-Monteith (FAO). Para confrontar os resultados calculou-se a ET_0 com registros da estação agroclimática de Viçosa – 1970/2002. O uso de re-análise ERA-40, para Viçosa, no geral, apontou imprecisões no cálculo da ET_0 através dos valores do coeficiente de determinação (r^2) e o erro absoluto médio (EAM), em torno de 0,52 e de 0,85 $mm\ d^{-1}$, respectivamente. Análise de performance através do erro quadrático médio (REQM) confirma a imprecisão com valores em torno de 30%. Todavia, o coeficiente de concordância (d) na ordem de 0,70 indica um resultado satisfatório. Observou-se, também, que a re-análise subestimou a ET_0 entre 1 a 7%, nos meses frios e secos e de 9 a 15% nos meses quentes e chuvosos. Associou-se a essa tendência à alta resolução do campo de grade que não possibilita caracterizar fatores locais. Entretanto, o uso da re-análise do ECMWF mostrou-se como uma alternativa para locais e regiões com pouco, ou nenhum, registro meteorológico.

Palavras-Chave: Penman-Monteith, re-análise, ERA-40.

ASSESSING OF 'REANALYSE ECMWF' IN THE ESTIMATIVE OF EVAPOTRANSPIRATION REFERENCE IN VIÇOSA (MG)

ABSTRACT: Based on ECMWF-ERA40 dataset and observational analyses we have computed the reference evapotranspiration using the Penman-Monteith model. It could be demonstrated that the evapotranspiration calculated with ECMWF-ERA40 data (ET_0) is reduced as compared with the observed counterpart in Viçosa. During the dry (rainy) season the ET_0 values were between 9 and 15% (1 and 5%) smaller than VI- ET_0 . It has been found, moreover, that both estimates are related with regression coefficient of 0.52 and mean absolute error of 0.85 $mm\ d^{-1}$. These discrepancies between both estimates of the ET_0 were also found by computing the mean square error, with values up to 30%. Since the ECMWF-ERA40 dataset used here is the low resolution version, we may argue that local influences of weather regimes are perhaps not captured which can result in systematic bias in the input fields. ECMWF-ERA40 should, however, be consider in areas with lack of data due to its global domain.

Key Words: Penman-Monteith model, reanalyses, ERA-40.

INTRODUÇÃO: O Brasil tem um clima diversificado, com chuvas regulares, energia solar abundante e quase 13% de toda a água doce disponível no planeta. Esses fatores fazem do

país um lugar de vocação natural para a agricultura e pecuária. Entretanto, todo o sucesso no setor agrícola virá de técnicas mais precisas e ambientalmente corretas. Assim, os desafios convergirão para o melhor entendimento das necessidades dos cultivos e suas relações com o sistema solo-água-atmosfera. A evapotranspiração (ET), sem dúvida, será chave para o uso eficiente de água pelas culturas agrícolas. Em contrapartida, o Brasil, considerando a dimensão continental, tem problemas com seus registros meteorológicos em função da baixa representatividade espacial da rede de observações meteorológicas de superfície e de séries climáticas que são consideradas pouco representativas para o planejamento agrícola e ambiental. Deste modo, uma alternativa é a adoção de grades globais de clima na forma de séries: sintética, climática ou re-análises. O objetivo deste trabalho é avaliar os registros meteorológicos de re-análise, estruturada pelo ECMWF (ERA-40), em Viçosa (MG), na estimativa diária da evapotranspiração de referência (ET_o) determinada pelo método de Penman-Monteith (PM), FAO-56.

MATERIAL E MÉTODOS: Este trabalho foi realizado com dados climáticos observados da estação meteorológica – Instituto Nacional de Meteorologia (Código 83642) – localizada no Município Viçosa, MG (20°45' S; 42°51' W. Grw, 690 m). Foram utilizados registros climáticos diários de: velocidade do vento (10 m), temperaturas do ar (máxima, média e mínima), umidade relativa e insolação (brilho solar). No estudo, foram utilizados campos de re-análises do *Centre for Medium-Range Weather Forecasts* [ECMWF/Reanalysis: ERA-40] – (<http://www.ecmwf.int/research/era/>). De acordo com UPALLA et al. (2005), re-análise é um produto da combinação entre campos meteorológicos observacionais (registros convencionais, satélites, radiosonda, etc.) e um modelo de circulação atmosférico. O ECMWF disponibiliza campos de re-análise em três horas, num período de 45 anos (1957/2002). Podendo extrair 57 variáveis atmosféricas e meteorológicas de superfície. A resolução espacial de 2,5° x 2,5°. GEVAERD e FREITAS (no prelo) citam que tal resolução pode gerar, localmente, resultados não realistas em função da ocorrência de vários fenômenos meteorológicos, como anomalias, e diferentes características geográficas como relevo e vegetação. A partir de campos de grade de re-análises ECMWF/ERA-40 foram estruturadas séries diárias de: precipitação, velocidade do vento a 10 metros, temperaturas (média e ponto de orvalho), irradiância solar na superfície. Os registros foram construídos de uma célula de grade com coordenadas geográficas central mais próxima das coordenadas de Viçosa (MG). O período estudado, tanto para os registros observados quanto ao de re-análise, foi de 01 de janeiro de 1970 até 31 de agosto de 2002 (limite máximo da re-análise disponibilizada gratuitamente pelo ECMWF), 33 anos. A estimativa diária da ET_o seguiu as parametrizações propostas por JESSEN et al. (1990) e FAO-56 (ALLEN et al., 1998), conforme equação 1, PM, em mm d⁻¹:

$$ET_o = \frac{\delta}{\delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma^*} \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a) \quad \text{Eq. (1)}$$

Sendo: R_n o saldo de radiação total diário (MJ m⁻² d⁻¹); G a densidade de fluxo de calor no solo (MJ m⁻² d⁻¹); T_{med} a temperatura média diária do ar a 2m de altura (°C); U₂ a velocidade do vento média diária a 2 m de altura (ms⁻¹); e_s a pressão de saturação do vapor média diária (kPa); e_a a pressão parcial de vapor média diária (kPa); δ a declividade da curva de pressão de saturação de vapor no ponto de T_{med} (kPa °C⁻¹); γ* coeficiente psicrométrico (kPa °C⁻¹), γ* coeficiente psicrométrico modificada (kPa °C⁻¹). A nova ET_o, comumente aceita pelos pesquisadores, é a taxa de evapotranspiração de uma cultura hipotética, com uma altura de 0,12 m, resistência aerodinâmica da superfície de 70 s m⁻¹ e albedo de 0,23. Para verificar a relação entre a ET_o estimada por re-análise e a ET_o calculada a partir de dados observados foram utilizadas análises de regressão linear, envolvendo *coeficientes de determinação* (r²), e

o *índice de concordância* (**d**), proposto por WILLMOTT et al. (1985). No estudo, a variável independente (*x*) será a ET_o estimada com registros locais (padrão) e a variável dependente a ET_o estimada com re-análises (*y*). Quando se relacionam, por meio da regressão, valores estimados com valores observados, podem-se obter informações da “precisão” e da “exatidão”, que, conjuntamente, indicam a consistência dos dados estimados com os medidos. A *precisão*, ou seja, o grau de dispersão dos valores em torno da média, é melhor representada pelo r^2 e o erro padrão de estimativa (EPE). Sendo que quanto mais próximo estiver o valor de r^2 de 1,0 (um) e menores EPE, melhor será o ajuste do modelo entre as ET_o's (re-análise e o observado). O índice **d** quantifica numericamente a *exatidão*. O valor **d** mostra como o modelo simula os valores observados, refletindo, numa escala de 0 a 1,0. O modelo de avaliação de Willmott fornece também outras importantes informações, como o erro médio absoluto (EMA) que representa o grau de magnitude média das diferenças entre os valores estimados e observados. A equação (2) representa o erro quadrático médio (REQM), em %, que verifica a performance da ET_o estimada com re-análises.

$$REQM = \sqrt{\left(\frac{\sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2}{N}\right)} * \frac{100}{M} \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que, *N* é o número de observações (dias); *O_i* são valores de ET_o – estimada com registros meteorológicos; *P_i* são valores de ET_o estimada com re-análise; *M* é média dos valores da ET_o – estimada com registros meteorológicos. JAMIESON et al., (1991) citam que o EQM é uma ferramenta útil para qualificar valores simulados em relação a dados observados. Assim, os autores consideram o EQM com “excelente” performance quando o valor for menor do que 10%, “boa” entre 10 e 20%, “aceitável” entre 20 e 30% e “pobre” quando maior do que 30%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Figura 1 representa o acumulado mensal da ET_o, estimada pelo método PM (FAO), utilizando dados meteorológicos observado, e os dados de re-análise. As tendências entre as ET_o's foram semelhantes, ou seja, maiores valores ocorrem entre os meses de outubro e março e as menores entre abril e setembro. É possível observar nas figuras 1 e 2 que a ET_o estimada com registro de re-análise subestimou a ET_o a partir dos dados observados nas escalas: diária e mensal, respectivamente. Nota-se que a re-análise subestimou a ET_o da ordem de 1 a 7%, nos meses frio e seco, e de 9 a 15%, nos meses quentes e chuvosos. A Figura 2 representa a regressão linear, nota-se que a tendência diária de subestimar ET_o é da pela inclinação da reta do modelo linear ao se deslocar no sentido do eixo da variável independente (*x*), movimento comparado com a reta 1:1. É relevante citar que, do ponto de vista biofísico, a ET, no ambiente, é um processo sensível e de respostas dinâmicas. Se, nos cálculos da ET, fossem medidas e consideradas atividades estomáticas – em resposta à luz, fotossíntese, uso eficiente de água, fluxo de vapor de água e CO₂ e outros, os trabalhos seriam complexos e onerosos – mesmo em reduzidas escalas de espaço e tempo. Numa escala de re-análise, como proposta no estudo, é impossível retratar tais efeitos biofísicos, edáficos e fenômenos meteorológicos locais, como convecções: rajadas, nuvens, impactos de urbanização, alterações no uso de solo, tipos de vegetação etc. Desse modo, acredita-se que a tendência local de subestimar a ET, usando re-análise, esteja na falta de caracterização dos fatores locais. Outro aspecto importante é que Viçosa esta localizada numa região de relevo acentuado e com vários cenários (agrícola, florestas e urbano). Ressaltando, também, a proximidade da estação meteorológica de Viçosa à área de urbanização que deve influenciar direta e, ou, indiretamente, em alguns dos registros meteorológicos, como vento e temperatura. A análise de regressão dos dados (figura 2) relaciona as ET_o's numa série de 11.429 dias – de 01 de janeiro de 1970 até 31 de agosto de 2002 – apontando para um r^2 de 0,52; EMA de 0,85 e o EQM de 0,99 mm d⁻¹ (31,7%). Estes índices indicam que ET_o de

Viçosa estimada com registro de re-análise teve baixa precisão em função da dispersão. O cálculo do EQM confirma a tendência de performance fraca, pelo critérios de JAMIESON et al., (1991). Entretanto, o d foi de 0,70 indicou uma exatidão satisfatória ou aceitável. A tabela 1 apresenta os coeficientes de regressão, índices de concordância e erros para a ET_o diária para cada ano do estudo. A tendência e os resultados observados foram semelhantes quando adotou-se os 33 anos em dias contínuos. Ou seja, o “r²” variou entre 0,33 a 0,61 e o “d” entre 0,51 e 0,79. Entretanto, notou-se que às falhas dos registros observados, como exemplo, o ano de 1979, afetou desempenho estatístico r², d e erros. Apesar da imprecisão estatística, na estimativa diária, as vantagens do uso da re-análise do ECMWF/ERA40 são representativas em função do número de variáveis físicas e meteorológicas de superfície com aplicabilidade em diversos estudos de interesse agrícola e do meio-ambiente. O ECMWF, por sua vez, mantém estes campos de re-análise atualizados. Isso possibilita avaliar fenômenos hidrometeorológicos em diversas bacias e regiões do Brasil e na América do Sul. Sugere-se, como próximas etapas do estudo, a avaliação da ET regionalmente. Entretanto, deve-se, também, considerar outras áreas e regiões com diferentes características climáticas. Localmente, o uso de re-análise necessita de estudos mais refinados visando ajustes e sensibilidade. Mas, esta iniciativa demonstra que sua aplicação é vantajosa para áreas e, ou, regiões com pouca ou nenhuma possibilidade registros meteorológicos.

CONCLUSÕES: O uso de re-análise na estimativa diária da ET_o, pelo método de PM (FAO), apresentou resultado satisfatório. Observou-se que a re-análise subestima a ET_o na ordem de 1 a 7%, nos meses frio e seco, e de 10 a 15% nos meses quentes e chuvosos. A utilização da re-análise do ECMWF é uma ferramenta alternativa e vantajosa para regiões com pouca ou nenhuma possibilidade registros meteorológicos.

AGRADECIMENTOS: Os autores realizam este trabalho com o suporte da CAPES, CNPq e FAPEMIG. Dedicamos este trabalho aos cientistas e colaboradores do *Centre for Medium-Range Weather Forecasts – ECMWF*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G. **Crop Evapotranspiration** – guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 300 p. 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56)
- GEVAERD, Rodrigo; FREITAS, Saulo. Estimativa operacional da umidade do solo para iniciação de modelos de previsão numérica da atmosfera. **Revista Brasileira de Meteorologia** – 30 p. volume Especial do LBA em impressão.
- JAMIESON, P.D.; PORTER, J.R.; WILSON, D.R. A test of the computer simulation model ARC-WHEAT1 on wheat crops grown in New Zeland. **Field Crops Research**, v.27, p337-350. 1991.
- JESSEN, M.E, BURMAN, R.D. e ALLEN R.G. **Evapotranspiration and Irrigation water requirements**. Manuals no. 70. Am. Soc. of Civil Engineers, NY, 332 p. 1990.
- WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, J.J.; FEDDEMA, K. M. & KLINK, D. R. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, 90(5):8995-9005, 1985.
- UPPALA, S.M., KÅLLBERG, P.W., SIMMONS, A.J. et al. **The ERA-40 re-analysis**. Quart. Journal Royal Meteorological Society, 131, 2961-3012. doi:10.1256/qj.04.176. 2005.

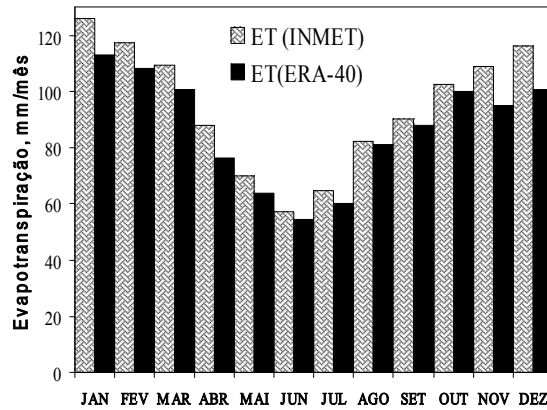


Figura 1. Média do acumulado “mensal” da evapotranspiração de referência (1970/2002).

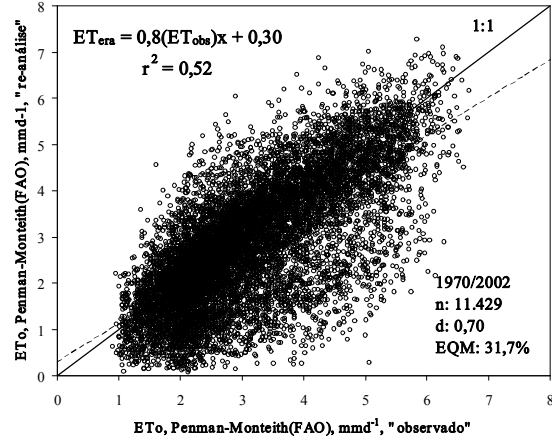


Figura 2. Correlação entre a evapotranspiração de referência “diária” estimada pelo método de Penman-Monteith (FAO) para Viçosa (1970/2002).

Tabela 1. Erros, coeficientes de determinação e concordância da evapotranspiração de referência, (mmd^{-1}), estimada diariamente pelo modelo de Penman-Monteith (FAO) utilizando registros da Estação agroclimatológica (MG) e re-análise do ECMWF (ERA 40).

| Ano | ET _{OBS} ⁽¹⁾ | ET _{ERA40} ⁽²⁾ | n ⁽³⁾ | β_0 ⁽⁴⁾ | β_1 ⁽⁵⁾ | r^2 ⁽⁶⁾ | d ⁽⁷⁾ | EPE ⁽⁸⁾ | EAM ⁽⁹⁾ | REQM ⁽¹⁰⁾ | |
|------|----------------------------------|------------------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-------|
| 1970 | 3,3 | 3,4 | 363 | 0,70 | 0,82* | 0,52 | 0,72 | 0,86 | 0,88 | 1,01 | 30,9% |
| 1971 | 3,5 | 3,3 | 358 | 0,63 | 0,77* | 0,56 | 0,76 | 0,90 | 0,86 | 1,00 | 28,6% |
| 1972 | 3,2 | 3,2 | 366 | 0,81 | 0,73* | 0,47 | 0,68 | 0,90 | 0,87 | 1,01 | 31,4% |
| 1973 | 3,2 | 3,0 | 365 | 0,49 | 0,79* | 0,50 | 0,69 | 0,81 | 0,85 | 0,96 | 30,0% |
| 1974 | 3,3 | 3,0 | 365 | 0,49 | 0,77* | 0,50 | 0,70 | 0,85 | 0,84 | 0,99 | 29,7% |
| 1975 | 3,2 | 2,8 | 364 | 0,34 | 0,82* | 0,53 | 0,70 | 0,91 | 0,83 | 0,91 | 28,4% |
| 1976 | 3,1 | 2,9 | 279 | 0,65 | 0,72* | 0,55 | 0,73 | 0,82 | 0,82 | 0,89 | 28,7% |
| 1977 | 2,9 | 2,9 | 327 | 0,63 | 0,78* | 0,52 | 0,73 | 0,77 | 0,81 | 0,86 | 29,5% |
| 1978 | 2,7 | 2,7 | 281 | 0,41 | 0,86* | 0,57 | 0,79 | 0,71 | 0,78 | 0,81 | 30,4% |
| 1979 | 3,4 | 2,9 | 130 | 0,41 | 0,75* | 0,33 | 0,51 | 1,13 | 0,98 | 1,23 | 36,7% |
| 1980 | 3,1 | 2,8 | 361 | 0,48 | 0,75* | 0,48 | 0,67 | 0,82 | 0,85 | 0,97 | 31,4% |
| 1981 | 2,9 | 2,6 | 365 | 0,42 | 0,73* | 0,44 | 0,65 | 0,80 | 0,85 | 1,00 | 34,0% |
| 1982 | 2,9 | 2,4 | 365 | 0,49 | 0,64* | 0,40 | 0,60 | 0,85 | 0,90 | 1,09 | 37,3% |
| 1983 | 2,8 | 2,4 | 365 | 0,43 | 0,70* | 0,39 | 0,65 | 0,76 | 0,86 | 0,99 | 35,5% |
| 1984 | 3,2 | 2,7 | 365 | 0,02 | 0,84* | 0,56 | 0,68 | 0,79 | 0,87 | 1,04 | 32,7% |
| 1985 | 3,0 | 2,7 | 365 | 0,17 | 0,83* | 0,44 | 0,63 | 0,78 | 0,87 | 1,05 | 34,7% |
| 1986 | 3,3 | 3,0 | 362 | 0,05 | 0,90* | 0,57 | 0,72 | 0,80 | 0,84 | 1,00 | 30,1% |
| 1987 | 3,1 | 2,7 | 359 | 0,20 | 0,79* | 0,50 | 0,66 | 0,84 | 0,88 | 1,07 | 34,0% |
| 1988 | 3,2 | 2,7 | 366 | 0,29 | 0,77* | 0,45 | 0,62 | 0,88 | 0,90 | 1,13 | 35,5% |
| 1989 | 3,1 | 2,9 | 365 | 0,23 | 0,72* | 0,50 | 0,67 | 0,80 | 0,86 | 1,01 | 32,4% |
| 1990 | 3,4 | 2,8 | 365 | 0,14 | 0,80* | 0,61 | 0,71 | 0,85 | 0,87 | 1,05 | 31,2% |
| 1991 | 3,0 | 2,4 | 365 | -0,02 | 0,81* | 0,46 | 0,62 | 0,74 | 0,89 | 1,07 | 36,0% |
| 1992 | 2,8 | 2,3 | 366 | -0,05 | 0,83* | 0,47 | 0,63 | 0,73 | 0,89 | 1,04 | 37,6% |
| 1993 | 3,2 | 3,0 | 355 | -0,06 | 0,93* | 0,63 | 0,77 | 0,75 | 0,84 | 0,93 | 28,8% |
| 1994 | 3,1 | 2,9 | 365 | 0,11 | 0,90* | 0,59 | 0,75 | 0,80 | 0,86 | 0,97 | 30,8% |
| 1995 | 3,2 | 3,1 | 365 | 0,21 | 0,88* | 0,56 | 0,73 | 0,82 | 0,85 | 0,98 | 30,3% |
| 1996 | 3,2 | 2,9 | 366 | 0,22 | 0,84* | 0,55 | 0,72 | 0,78 | 0,82 | 0,95 | 30,1% |
| 1997 | 3,3 | 2,9 | 365 | 0,42 | 0,78* | 0,49 | 0,67 | 0,85 | 0,87 | 1,02 | 31,4% |
| 1998 | 3,1 | 2,9 | 365 | 0,44 | 0,80* | 0,50 | 0,70 | 0,85 | 0,86 | 1,00 | 32,3% |
| 1999 | 3,1 | 3,0 | 365 | 0,14 | 0,92* | 0,61 | 0,76 | 0,76 | 0,82 | 0,91 | 28,9% |
| 2000 | 3,0 | 3,0 | 343 | 0,46 | 0,85 | 0,53 | 0,72 | 0,77 | 0,83 | 0,91 | 30,5% |
| 2001 | 3,3 | 3,2 | 365 | 0,50 | 0,82* | 0,56 | 0,74 | 0,77 | 0,79 | 0,88 | 26,3% |
| 2002 | 3,1 | 2,9 | 243 | 0,76 | 0,68* | 0,39 | 0,62 | 0,78 | 0,81 | 0,93 | 30,1% |

(1) e (2): Evapotranspiração média anual, mmd^{-1} ; (3) número registro meteorológico, em dias; (4) e (5) Coeficientes, $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i$ [(*) altamente significativo, pelo teste t ao nível de 5%]; (6) coeficiente de determinação; (7) coeficiente de concordância; (8), (9) e (10) Erros do “Padrão de Estimativa”, “Médio absoluto”, “Quadrático Médio”, em mmd^{-1} e %.