

# SIMULAÇÕES DO MANEJO DA IRRIGAÇÃO DO MILHO EM QUATRO LOCALIDADES

Paulo Emílio Pereira de Albuquerque <sup>1</sup>; Enilda Alves Coelho <sup>3</sup>; Hélio Coelho da Silva <sup>2</sup>; Daniel Pereira Guimarães <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pesquisador. Rodovia MG-424, km 45 - Sete Lagoas, MG. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;  
<sup>2</sup>Discente. Rodovia MG-424, km 47 - Sete Lagoas, MG. Universidade Federal de São João del Rei, campus de Sete Lagoas; <sup>3</sup>Analista. Rodovia MG-424, km 45 - Sete Lagoas, MG. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

## RESUMO

O manejo da irrigação requer o uso de fatores que estão vinculados ao clima, ao solo e à planta. Um fator importante ligado ao clima é a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). A ET<sub>o</sub> pode ser medida ou estimada por vários métodos, sendo que atualmente o método de Penman-Monteith (PM) é o padrão sugerido pela FAO. Entretanto, esse método exige diversas variáveis climáticas. Por outro lado, o método de Hargreaves-Samani (HS) requer como parâmetros climáticos somente a utilização das temperaturas máxima, mínima e média. Os valores obtidos da ET<sub>o</sub> por PM e HS são provenientes de 4 localidades (Barreiras - BA; Brasília - DF; Cristalina - GO; João Pinheiro - MG) em 3 anos (repetições). As simulações foram feitas para as 4 fases do ciclo da cultura, para 3 capacidades de água disponível no solo (CAD): 0,5; 1,0 e 1,5 mm de água cm<sup>-1</sup> de solo e para os 2 métodos de estimativa de ET<sub>o</sub> (PM e HS), perfazendo um fatorial de 4 x 3 x 2 e 3 repetições, ou seja, 72 observações por localidade. As lâminas líquidas (LL) obtidas para o manejo de irrigação foram avaliadas e as respectivas médias foram comparadas estatisticamente em blocos casualizados. Apenas na localidade de Barreiras (BA) houve diferença estatística entre os métodos de estimativa da ET<sub>o</sub>, mas em Brasília (DF) a significância entre esses métodos esteve próxima de 10% de probabilidade. Houve diferença das lâminas líquidas de irrigação em todas as fases para as 4 localidades.

**PALAVRAS-CHAVE:** evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>); método de Penman-Monteith; método de Hargreaves-Samani;

## INTRODUÇÃO

Manejo de irrigação requer o conhecimento das relações entre o clima, o solo e a planta. Para saber a lâmina líquida (LL) de irrigação, um fator fundamental é a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), que é obtida pelo produto do coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>) e a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). A ET<sub>o</sub> pode ser medida diretamente ou estimada. Atualmente, o método de Penman-Monteith (PM), parametrizado pela FAO, é considerado o padrão (Allen et al., 1998). Entretanto, esse método exige muitas variáveis climáticas, como temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, radiação global e pressão atmosférica. Um método mais simples é proposto por Hargreaves-Samani (HS), que leva em conta apenas as temperaturas do ar mínima, máxima e média, como fatores do clima (Hargreaves e Samani, 1985). Em condições de manejo da irrigação em locais distantes de estações meteorológicas completas, a utilização desses métodos simplificados baseados em dados de tanques de evaporação de água livre (tanque Classe A, entre outros) ou temperatura do ar (como o de HS) justifica-se devido a sua fácil utilização e interpretação dos resultados e do custo relativamente baixo. Diante disso, estudos comparando os métodos de estimativa da ET<sub>o</sub> com o método de PM, parametrizado pela FAO, são realizados para diferentes regiões do Brasil e do mundo, como forma de verificar a eficiência dos métodos de determinação de ET<sub>o</sub> indiretos (Lacerda, 2012).

O K<sub>c</sub> é um fator ligado à planta e varia também com o clima e o estágio de desenvolvimento da planta. Os valores são corrigidos em função da velocidade do vento e da umidade relativa mínima (Allen et al., 1998).

A capacidade de água disponível do solo (CAD) é um fator intrínseco ao solo e está ligada à retenção da água no solo e é o que estabelece a frequência de irrigação (Reichardt, 1987). A CAD é muito variável dentre os solos brasileiros, podendo estar em baixos valores para os solos arenosos (abaixo

de 0,5 mm de água  $\text{cm}^{-1}$  de solo) e altos valores para solos siltosos e argilosos (acima de 1,5 mm de água  $\text{cm}^{-1}$  de solo).

Venancio et al. (2019) estudaram no norte do estado do Espírito Santo o uso das equações de Penman-Monteith (PM) com dados faltantes da velocidade do vento e a de Hargreaves-Samani (HS). Os autores concluíram que a melhor alternativa ao método PM/FAO é o PM com dados faltantes, tendo em vista que o método HS apresentou o maior erro padrão de estimativa, independente da escala de tempo e da época do ano.

Moreno et al. (2018) trabalharam no noroeste da Argentina com vários métodos de determinação de ETo e compararam com o método PM/FAO. Concluíram que o melhor ajuste foi obtido com a equação de HS, cujo coeficiente de determinação foi de 0,88.

Lacerda (2012), quando comparou diversos métodos de determinação de ETo com o de PM/FAO, em municípios do Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro (Uberlândia, Patrocínio, Araxá e Ituiutaba), concluiu que o método de Hargreaves resultou uma análise de regressão de melhor ajuste para estimativa da ETo para os quatro municípios estudados.

## **OBJETIVOS**

Este trabalho teve como objetivo simular o manejo de irrigação, principalmente obter as lâminas líquidas de irrigação (LL), em quatro fases da cultura do milho, usando-se dois métodos de estimativa de ETo, três valores de CAD (0,5; 1,0 e 1,5 mm  $\text{cm}^{-1}$ ), para quatro localidades (Barreiras - BA, Brasília - DF, Cristalina - GO, João Pinheiro - MG).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A simulação foi realizada utilizando-se planilha eletrônica de manejo de irrigação, conforme Albuquerque e Coelho (2022), para a cultura do milho. Foi feita para 4 localidades: Barreiras (BA), Brasília (DF), Cristalina (GO) e João Pinheiro (MG), em 3 anos para cada uma (Barreiras: 2017, 2018 e 2020; Brasília e João Pinheiro: 2017, 2019 e 2021; Cristalina: 2017, 2018 e 2021), que se portaram como as repetições. Esses dados diários de clima foram provenientes de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de anos recentes. O período estudado foi de 01 de fevereiro a 11 de junho (ciclo da cultura: 130 dias), que corresponde ao período do plantio da cultura do milho irrigado. As localidades são representativas de regiões com grandes áreas servidas pelo sistema de irrigação por pivôs centrais.

Os métodos de obtenção de ETo foram os de Penman-Monteith (PM) e Hargreaves-Samani (HS), conforme Allen et al. (1998). De acordo com Doorenbos e Pruitt (1977), e mais recentemente com Allen et al. (1998), a cultura foi dividida equitativamente em 4 fases (25% de duração/fase) para a obtenção do coeficiente de cultura (Kc). Assim, posteriormente, houve a estimativa da evapotranspiração da cultura ( $ET_c = K_c \times ETo$ ).

As simulações foram feitas para as 4 fases do ciclo da cultura, para 3 capacidades de água disponível no solo (CAD): 0,5; 1,0 e 1,5 mm de água  $\text{cm}^{-1}$  de solo.

Assim, formou-se um fatorial de 4 fases x 3 CAD x 2 métodos de ETo x 3 repetições, ou seja, 72 observações por localidade. As lâminas líquidas (LL) obtidas para o manejo de irrigação foram avaliadas e as respectivas médias foram comparadas estatisticamente em blocos casualizados.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nos três anos avaliados, no período de 01/02 a 11/06, pelo método de Penman-Monteith, os valores de ETo variaram de 1,21 até 5,91 mm dia<sup>-1</sup>, em Barreiras; de 1,57 a 6,36 mm dia<sup>-1</sup>, em Brasília; de 0,94 a 5,75 mm dia<sup>-1</sup>, em Cristalina; e de 1,11 a 6,52 mm dia<sup>-1</sup>, em João Pinheiro. E os valores médios nesse período foram de 3,91; 3,85; 3,61 e 4,03 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente. Já pelo método de Hargreaves-Samani, os valores variaram de 2,94 a 6,31 mm dia<sup>-1</sup>, em Barreiras; de 2,42 a 6,21 mm dia<sup>-1</sup>, em Brasília; de 1,66 a 5,60 mm dia<sup>-1</sup>, em Cristalina; e de 1,48 a 5,79 mm dia<sup>-1</sup>, em João Pinheiro. E os valores médios nesse período foram de 4,94; 4,55; 3,81 e 3,98 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente. De modo geral, observa-se que o método HS sempre superestima os valores de ETo em relação aos de PM, em todas as 4 localidades. E pelos dois métodos (PM e HS), a média da ETo foi maior em João Pinheiro (4,03 mm dia<sup>-1</sup>, para PM) e Barreiras (4,94 mm dia<sup>-1</sup>, para HS) e a menor em Cristalina (3,61 e 3,81 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente). A estimativa de ETo por HS comparada com PM foi mais coerente em Cristalina e João Pinheiro, em todos os três anos analisados. Em Barreiras, houve maior desvio entre os valores de ETo em cada um dos três anos. Em Brasília, apenas no primeiro ano analisado (2017) a estimativa foi melhor. Embora possa servir o método HS para prever ETo para fazer manejo de irrigação, por apresentar valores pouco mais elevados do que o método PM, o que denota maior segurança no cálculo da lâmina líquida de irrigação, também é um método que requer menor número de variáveis climáticas e pode ser calibrado para cada região específica.

No Quadro 1 é apresentada a análise de variância para a lâmina líquida de irrigação (LL) para as 4 localidades.

**Quadro 1** - Análise de variância para lâminas líquidas de irrigação (LL) em 4 localidades

Fonte de variação	Grau de liberdade	Significância*			
		Barreiras	Brasília	Cristalina	João Pinheiro
Fase	3	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%
Método de ETo	1	< 1%	NS**	NS	NS
CAD	2	< 1%	NS	< 1%	< 2%
Fase x ETo	3	< 6%	NS	NS	NS
Fase x CAD	6	< 1%	< 5%	< 1%	< 1%
ETo x CAD	2	NS	NS	NS	NS
Fase x ETo x CAD	6	NS	NS	NS	NS
Erro	48				
CV (%)		15,52	39,70	21,52	19,28
Média Geral (mm)		125,5	82,4	88,2	98,3
Nº de observações	72				

\*significância menor que 10% de probabilidade

\*\* NS=não significativo

Pode-se observar no Quadro 1 que houve significância abaixo de 1% para as fases do ciclo de desenvolvimento, o que era de se esperar, tendo em vista que a evapotranspiração da cultura (ETc) sempre varia ao longo do ciclo em função do coeficiente de cultura (Kc).

O método de estimativa da ETo não foi significativo nas localidades, exceto em Barreiras (menor que 1% de probabilidade). Isso é importante por que o método HS pode ser usado em Brasília, Cristalina e João Pinheiro no lugar do método PM. Como já dito, o método HS requer o uso de menor número de variáveis climáticas. Em Brasília, a significância esteve um pouco acima de 10%.

A CAD estabelece o turno de irrigação e houve significância nas localidades, exceto em Brasília. A interação dela com a fase também ficou bem evidente para todas as localidades, principalmente na fase 2, com significância menor 1%. Apenas em João Pinheiro houve significância na fase 3 (menor que 5%). De qualquer forma, o turno de irrigação não é um fator tão importante de comparação quanto à lâmina líquida (LL), embora estabeleça o número de irrigações.

Os resultados que corroboram que o método HS pode ser empregado para algumas localidades estão de acordo com as análises de Moreno et al. (2018) e de Lacerda (2012), diferentemente das conclusões de Venancio et al. (2019).

## CONCLUSÃO

Houve diferença nas lâminas líquidas de irrigação (LL) em todas as quatro fases do ciclo de desenvolvimento da cultura, em todas as quatro localidades (Barreiras - BA, Brasília - DF, Cristalina - GO e João Pinheiro - MG).

Houve diferença entre os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) por Penman-Monteith (PM) e Hargreaves-Samani (HS) apenas em Barreiras.

A interação capacidade de água disponível do solo (CAD) x Fase foi significativa na Fase 2 (fase de desenvolvimento vegetativo, cerca de 30 dias antes do pendoamento) em todas as localidades, mas em João Pinheiro também foi na Fase 3 (fase do pendoamento e embonecamento, ou seja, período reprodutivo).

Embora não foi significativa em 5% de probabilidade, a diferença entre os métodos de ETo em Brasília foi significativa um pouco acima de 10% de probabilidade.

## AGRADECIMENTOS

À empresa Ativa Soluções pela parceria técnica e auxílio financeiro.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P. E. P. de; COELHO, E. A. **Planilha para manejo de irrigação de culturas de ciclo anual com recursos de API de clima para cálculo de evapotranspiração de referência (ETo) e de coeficientes de cultura (Kc)**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2022. 21 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 255).

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S., RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 144 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Journal of Applied Engineering in Agriculture**, v. 1, n. 2, p. 96-99, 1985. DOI: <http://dx.doi.org/10.13031/2013.26773>

LACERDA, Z. C. de. **Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a mesoregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG**. 2012. 69 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/100805>. Acesso em: 26 jul. 2023.

MORENO, C. A.; HURTADO, R. H.; PORTAL, M. R.; VALDIVIEZO CORTE, M. B.; RIQUELME, A.; ALABAR, F.; MAYO, H. Ajuste de la estimación de la evapotranspiración de Hargreaves y Samani a la metodología de Penman-Monteith (FAO, 56), para localidades del noroeste argentino. **Agraria**, v. 11, n. 18, p. 10-19, 2019.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 188 p.

VENANCIO, L. P.; CUNHA, F. F. da; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; EUGENIO, F. C.; ALEMAN, C. C. Penman-Monteith missing data and Hargreaves-Samani for ETo estimation in Espirito Santo state, Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 3, p. 153-159, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n3p153-159>.