

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA COM USO DO IRRIGÂMETRO EM VITÓRIA DA CONQUISTA/BA

Cristiano Tagliaferre¹; Lucas da Costa Santos²; Izaulto José dos Santos Neto¹; Tiago Jardim dos Santos¹; Felizardo Adenilson Rocha³; Diogo Ulisses Guimarães¹

¹Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB. Estrada do Bem Querer, Km 4, CP 95 – Vitória da Conquista/BA, tagliaferre@yahoo.com.br

²Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, EFET/BA, Vitória da Conquista-BA

1 RESUMO

O Irrigâmetro é um aparelho evapopluiométrico a ser utilizado no manejo da irrigação, visando otimizar o uso de água. Contudo, o seu uso está condicionado a um ajuste prévio para as condições climáticas onde o mesmo será utilizado. Diante dessa premissa, objetivou-se neste trabalho, identificar a altura do nível de água no interior do evaporatório do Irrigâmetro para estimativa direta da evapotranspiração de referência nas condições climáticas do planalto de Vitória da Conquista – BA, para diferentes estações do ano. O experimento foi montado num delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e três repetições. Para cada tratamento foi determinado um coeficiente médio para o Irrigâmetro, denominado K_I , calculado pela relação entre a evapotranspiração estimada no Irrigâmetro (ET_I) e a evapotranspiração de referência (ET_0). A ET_0 foi obtida pelo método de Penman-Monteith – FAO 56. Os resultados permitiram concluir que os coeficientes do Irrigâmetro aumentaram exponencialmente com o aumento do nível da água dentro do evaporatório, e ainda que, o aparelho deve ser operado com o nível da água igual a 5,2 cm para melhor estimativa da ET_0 . As demais alturas observadas nas diferentes estações do ano não apresentaram diferença significativa quando comparadas a média anual adotada como referência neste estudo.

Palavras-chave: Evapotranspirômetro, Manejo da Irrigação, Variáveis Climáticas

TAGLIAFERRE, C.; SANTOS, L. C.; SANTOS NETO, I. J.; SANTOS, T. J.; ROCHA, F. A.; GUIMARÃES, D. U. REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATED FROM IRRIGAMETER IN VITORIA DA CONQUISTA, BAHIA, BRAZIL

2 ABSTRACT

The Irrigameter is evapotranspiration measuring device used in irrigation management to optimize water. However, its use requires a prior adjustment to weather conditions where it will be used. The objective of this study was identify the corresponding height of water level inside the evaporimeter/Irrigameter that estimate reference evapotranspiration in climate of the plateau of Vitoria da Conquista - BA, in different seasons. The experiment was a completely randomized design with five treatments and three replications. For each treatment was determined an average coefficient for the Irrigameter called K_I , calculated as the ratio of estimated evapotranspiration in Irrigameter (ET_I) and reference evapotranspiration (ET_0). The

ET₀ was obtained by the Penman-Monteith - FAO 56. The results showed that the coefficients of Irrigameter increased exponentially with increasing water level inside the evaporimeter, and the equipment must be operated with the water level equal to 5.2 cm for better estimation of ET₀. The remaining heights observed in different seasons showed no significant difference when compared to annual average used as a reference in this study.

Keywords: Evapotranspirameter, Management of Irrigation, Climate Variables

3 INTRODUÇÃO

A grande variabilidade temporal e espacial da distribuição das chuvas, principalmente em regiões áridas e semi-áridas, determina altos níveis de risco às atividades agrícolas. Diante disso, a irrigação é utilizada como alternativa para viabilizar e aumentar a produção agrícola em locais de baixos índices pluviométricos.

Como os métodos frequentemente utilizados para estimar o requerimento de água pelas plantas se baseiam em métodos climáticos, faz-se necessário obter informações meteorológicas regionais para estimativa da evapotranspiração de referência e consequentemente, melhorar o aproveitamento de água proveniente das precipitações pluviais e otimizar o dimensionamento de sistemas de irrigação.

Entende-se por evapotranspiração de referência (ET₀), a perda de água para a atmosfera de uma área extensa coberta de grama com tamanho uniforme, com 8 a 15 cm de altura, em ativo crescimento, sombreando completamente o terreno e sem escassez de água (Bernardo, 2006).

A metodologia, atualmente, aceita como padrão pelos pesquisadores na determinação da ET₀, é a de Penman-Monteith-FAO 56, que envolve a resistência aerodinâmica da superfície de 70 sm⁻¹, albedo de 0,23 e altura de 0,12 m. Esta padronização foi proposta pela FAO em 1990, tendo em vista que este é o modelo que mais se aproxima dos métodos lisimétricos (Smith et al., 1991).

Além do método de Penman-Monteith, existem outros que utilizam uma série de variáveis climáticas, ou ainda, diversos cálculos matemáticos, sendo, portanto, estas exigências o que limita a determinação da ET₀ em condições onde não existam dados climáticos disponíveis. Bonomo (1999) comenta que, em condições de manejo de irrigação em locais distantes de estações meteorológicas completas, a utilização de métodos simplificados, baseados em dados de tanques de evaporação e temperatura do ar, justifica-se em função da sua fácil utilização e interpretação dos resultados, e ainda do custo relativamente baixo quando comparados a outras possibilidades.

O Irrigâmetro[®], cuja patente encontra-se depositada na Universidade Federal de Viçosa, é um aparelho evapopluiométrico a ser utilizado no manejo da irrigação. Este aparelho apresenta grande potencial de uso na agricultura irrigada, pois fornece resposta prática às duas perguntas básicas do manejo de irrigação: quando e quanto irrigar. Assim, o irrigante não precisa ter conhecimentos técnicos especializados sobre irrigação.

De acordo com os resultados obtidos por Oliveira et al. (2007a), Oliveira et al. (2007b), Oliveira et al. (2008a), Tagliaferre (2006) e Tagliaferre (2007), o Irrigâmetro pode ser usado para estimar a evapotranspiração de qualquer cultura, em qualquer estágio de desenvolvimento, para um valor de Kc desejado.

O Irrigâmetro pode funcionar como evaporímetro ou como evapotranspirômetro. Se o aparelho estiver equipado com determinado tipo de reservatório contendo água, denominado

evaporatório, ele poderá estar medindo diretamente, numa régua apropriada, a lâmina evaporada, ou indiretamente a ET_0 .

A medição da lâmina evaporada ou evapotranspirada pode ser feita com alta precisão, superior a um milésimo de milímetro. A alta precisão na leitura da lâmina é particularmente importante na condução de pesquisas científicas aplicadas na área de Agrometeorologia Agrícola e de Ciência da Irrigação, relacionadas à determinação da demanda hídrica das culturas.

Face ao exposto acima, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho do Irrigâmetro na estimativa direta da ET_0 para as condições climáticas do planalto de Vitória da Conquista – BA, para diferentes estações do ano.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Campus da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), localizado no município de Vitória da Conquista – BA, situado nas coordenadas 14°51' de latitude Sul, 40°50' de longitude Oeste e com altitude de 876 metros.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região varia do tipo sub-úmido ao semi-árido. Com temperaturas mínimas que variam de 9 a 15° C, no mês mais frio (julho), enquanto no verão as temperaturas máximas registradas oscilam de 22 a 30° C, no mês mais quente (janeiro). A temperatura média anual varia entre 19,5 a 20,5° C e possui umidade relativa do ar média anual variando de 70 a 85%. Na Tabela 1 encontram-se a média dos principais elementos meteorológicos observados durante o experimento.

Tabela 1. Valores da temperatura média do ar, umidade relativa média do ar, velocidade média do vento e insolação obtidos durante o ano e para as diferentes estações para a região de Vitória da Conquista – BA

Variáveis	Média Anual	Estação do Ano			
		Primavera	Verão	Outono	Inverno
Temperatura Média (°C)	21,9	22,8	23,9	21,3	19,5
Umidade relativa do ar (%)	70,2	66,8	67,8	74,4	71,7
Insolação (h)	8,20	8,57	9,20	7,24	7,76
Velocidade do Vento (m/s)	1,96	2,07	2,04	1,61	2,10

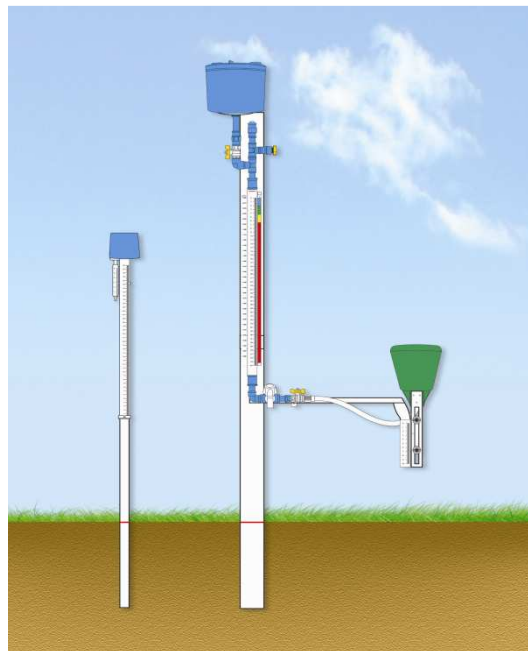
O experimento foi montado num delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram de Irrigômetros operando com as seguintes alturas do nível de água no evaporatório: N1 = 3,5; N2 = 4,0; N3 = 4,5; N4 = 5,0 e N5 = 5,5 cm, tomadas a partir de um nível de referência próprio do equipamento. Para cada tratamento foi determinado um coeficiente médio para o Irrigâmetro, denominado K_I , calculado pela equação abaixo, que estabelece a relação entre a evapotranspiração estimada no Irrigâmetro (ET_I) e a evapotranspiração de referência (ET_0).

$$K_I = \frac{ET_c}{ET_0}$$

1

A ET_0 foi calculada a partir de dados meteorológicos obtidos de uma estação meteorológica automática instalada ao lado dos Irrigômetros, por meio do método de Penman-Monteith – FAO 56 processado no software REF-ET (Allen, 2000).

A medição do nível da água no tubo de leitura do Irrigômetro (Figura 1) foi feita diariamente às 7:00 horas da manhã, durante o período de 9 de junho de 2009 até 9 de junho de 2010. A descrição detalhada do funcionamento e das partes constituintes do Irrigômetro encontra-se em Oliveira & Tagliaferre (2006).



Fonte: Oliveira & Ramos, 2008

Figura 1. Representação do irrigômetro equipado com evaporatório (direita) e pluviômetro (esquerda).

Na análise dos resultados foram excluídos os dias com ocorrência de precipitação pluvial para manter a integridade dos dados, visto que a chuva altera o nível da água no evaporatório do Irrigômetro e a restituição do nível original nem sempre ocorria logo após o término da precipitação.

Para a determinação da altura da água no interior do evaporatório que melhor representasse a evapotranspiração de referência a partir do Irrigômetro, foi utilizada a média do coeficiente do aparelho (K_I). Dentre todos os tratamentos testados, a altura do nível da água que proporcionou um (K_I) igual ou próximo de “1”, foi selecionada para obtenção da evapotranspiração de referência, durante todo o período experimental.

A análise do desempenho do Irrigômetro para estimar diretamente a evapotranspiração de referência foi feita comparando-se os resultados obtidos no aparelho com os da equação de Penman-Monteith FAO 56. A metodologia adotada para comparação dos resultados foi aquela proposta por Allen et al. (1989), a qual se fundamenta na estimativa do erro-padrão (EEP), calculado pela equação:

$$EEP = \left[\frac{\sum (y - \hat{y})^2}{n - 1} \right]^{\frac{1}{2}} \quad 2$$

em que:

EEP= estimativa do erro-padrão, mm.d⁻¹;

y = evapotranspiração de referência estimada por Penman-Monteith, mm.d⁻¹;

\hat{y} = evapotranspiração de referência estimada pelo Irrigâmetro, mm.d⁻¹; e

n = número de observações.

A hierarquização das estimativas da evapotranspiração foi feita com base nos valores da estimativa do erro-padrão (EEP), do coeficiente de determinação (r^2) e do coeficiente angular (b) das respectivas regressões lineares simples. A melhor alternativa foi aquela que apresentou maior r^2 , menor EEP e b próximo da unidade.

A precisão foi dada pelo coeficiente de determinação, a qual indica o grau em que a regressão explica a soma do quadrado total. A exatidão está relacionada à aproximação dos valores estimados em relação aos observados. Matematicamente, essa aproximação é dada por um índice designado de concordância ou ajuste, representado pela letra “d” (Willmott et al., 1985). Seus valores variam de zero para nenhuma concordância a 1 para a concordância perfeita. O índice é dado pela seguinte expressão:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n [(|P_i - \bar{O}|)_+ + (O_i - \bar{O})]^2} \quad 3$$

em que:

d = índice de concordância ou ajuste;

P_i = evapotranspiração de referência obtida pelo Irrigâmetro, mm.d⁻¹;

O_i = evapotranspiração de referência obtida pelo método-padrão, mm.d⁻¹;

\bar{O} = média dos valores obtidos pelo método-padrão, mm.d⁻¹; e

n = número de observações.

Na comparação dos valores de evapotranspiração de referência obtidos a partir do Irrigâmetro para as diferentes estações do ano (ET_0 estações) com a média anual (ET_0 anual), utilizou-se o teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

A análise dos coeficientes do Irrigâmetro permitiu identificar a altura do nível de água no evaporatório que forneceu diretamente a ET_0 para as condições climáticas do planalto de Vitória da Conquista – BA, bem como as variações desta ao longo do ano.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 2 que os coeficientes do Irrigâmetro, para todo o período experimental, aumentaram exponencialmente com o aumento do nível da água dentro do evaporatório. À medida que aumenta o nível de água dentro do evaporatório, há ampliação da área exposta à atmosfera e, conseqüentemente, maior interceptação da radiação solar, variável que exerce grande influência no processo da evaporação (Chang, 1971), ao mesmo tempo em

que favorece a ação do vento, atuando na remoção do ar saturado sobre a superfície evaporante, e acarretando maiores valores de evaporação. Resultados obtidos por Oliveira (2009), na região do Alto Parnaíba-MG mostram que a umidade relativa, radiação, temperatura máxima e temperatura mínima foram os elementos meteorológicos que apresentaram maior correlação com a evapotranspiração estimada pelo Irrigâmetro. A velocidade do vento, por outro lado, apresentou a menor correlação com a variável principal. Entretanto, Caixeta (2009), em seu estudo, descreveu que a temperatura mínima apresentou a menor correlação com a evapotranspiração estimada pelo Irrigâmetro, enquanto a velocidade do vento apresentou correlação não significativa. De acordo com o autor, o elemento meteorológico que apresentou maior correlação com a estimativa da evapotranspiração foi a radiação, seguida pela temperatura máxima e umidade relativa do ar. Em relação ao vento, os resultados obtidos por esses autores podem estar relacionados à baixa velocidade do vento, nesses locais, e a presença da bordadura do evaporatório, que possui uma aerodinâmica que reduz o efeito da ação do vento.

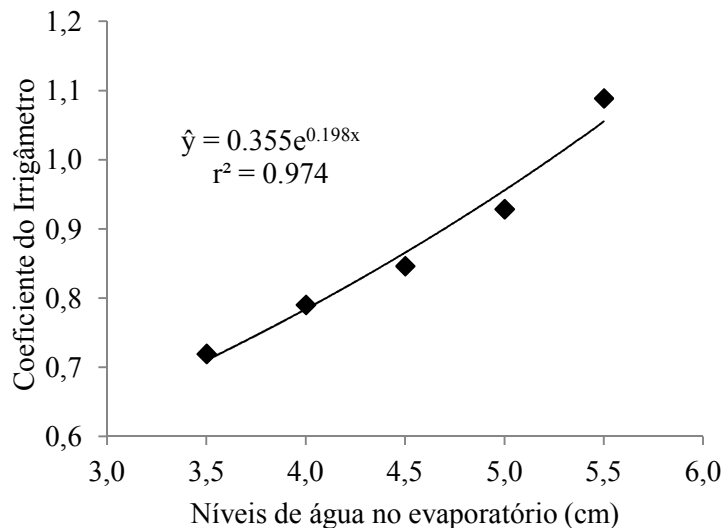


Figura 2. Coeficientes do Irrigâmetro em função dos níveis de água dentro do evaporatório durante o período experimental

De acordo com a equação de regressão apresentada na Figura 2, quando a variável dependente (y) assume o valor igual a “1”, pode-se identificar o nível de água no interior do evaporatório como sendo igual a 5,2 cm, para estimativa direta da evapotranspiração de referência. Esse nível de água é o que melhor expressa a ET_0 para as condições climáticas do planalto de Vitória da Conquista/BA. Oliveira (2009), encontrou valores do nível de água igual 4,1 cm. Paula (2009), em trabalho semelhante na região do Jaíba-MG, concluiu que para estimar a ET_0 com o uso do Irrigâmetro, deve-se operar o aparelho com o nível de água no evaporatório igual a 3,9 cm. Essas diferenças encontradas são devidas às condições climáticas prevalentes, que influenciam o valor da evapotranspiração. Por isso, pesquisas com o objetivo de avaliar o equipamento em outras regiões e condições climáticas são indispensáveis.

Na Tabela 2 encontram-se os coeficientes do Irrigâmetro (K_I), coeficiente angular (b), estimativa do erro-padrão (EEP), coeficiente de determinação (r^2), coeficiente de correlação (r), índice de concordância de Willmott (d), e os valores de evapotranspiração

estimados pelo Irrigâmetro em cada nível de água no evaporatório em intervalo de um, três e cinco dias.

Tabela 2. Valores médios do coeficiente do Irrigâmetro (K_I), coeficiente angular (b), estimativa do erro-padrão (EEP), coeficiente de determinação (r^2), coeficiente de correlação (r), índice de concordância (d), valores de ET para intervalos de um, três e cinco dias

Método/Nível (cm)	K_I	b	SEE	r^2	r	d	ET (mm.d ⁻¹)	Diferença Relativa(%)
<i>Diário</i>								
PM FAO 56							4,39	
3,5	0,72	0,89	1,38	0,65	0,81	0,77	3,29	- 25,0
4,0	0,79	0,88	1,27	0,56	0,75	0,79	3,58	- 18,5
4,5	0,85	0,94	1,11	0,61	0,78	0,84	3,82	- 13,0
5,0	0,93	1,05	1,02	0,63	0,79	0,87	4,20	- 4,3
5,5	1,09	1,10	1,14	0,64	0,80	0,84	4,88	+ 11,1
<i>Três dias</i>								
PM FAO 56							4,40	
3,5	0,72	0,94	1,24	0,80	0,89	0,78	3,30	- 25,0
4,0	0,79	0,93	1,02	0,75	0,87	0,83	3,59	- 18,4
4,5	0,85	0,98	0,86	0,75	0,87	0,88	3,83	- 13,0
5,0	0,93	1,09	0,69	0,79	0,89	0,92	4,22	- 4,1
5,5	1,09	1,12	0,88	0,76	0,87	0,88	4,89	+ 11,1
<i>Cinco dias</i>								
PM FAO 56							4,39	
3,5	0,72	0,95	1,20	0,86	0,97	0,78	3,28	- 25,3
4,0	0,79	0,93	0,97	0,81	0,90	0,84	3,57	- 18,7
4,5	0,85	0,99	0,79	0,81	0,90	0,89	3,81	- 13,2
5,0	0,93	1,13	0,56	0,86	0,93	0,95	4,20	- 4,3
5,5	1,09	1,16	0,73	0,86	0,93	0,91	4,87	+ 10,9

Observa-se que, na escala diária do período de tempo avaliado, a menor estimativa do erro-padrão e o maior índice de concordância foi obtido com o irrigâmetro operando com nível de água no evaporatório igual a 5 cm, indicando melhor desempenho para a estimativa da ET_0 , diante dos demais níveis de água estudados. Sendo assim, o nível água de 5 cm, foi o que apresentou resultados mais confiáveis para a estimativa da ET_0 em intervalos diários.

Nota-se que, com exceção do nível de água no interior do evaporatório de 5,5 cm, que apresentou uma superestimativa em relação ao método de Penman Monteith FAO 56, todos os outros níveis o subestimaram.

Nos agrupamentos dos valores evaporados nos diferentes níveis de água para os períodos de três e cinco dias, o Irrigâmetro mostrou uma leve melhoria no seu desempenho, permanecendo a altura de 5,0 cm a mais indicada para a estimativa direta da ET_0 quando comparado como valor obtido pelo método de Penman-Monteith FAO 56. Este mesmo comportamento foi observado por Tagliaferre et al. (2006) trabalhando com minievaporímetro na estimativa da evapotranspiração de referência, na Zona da Mata Mineira, Viçosa, MG; segundo este, o agrupamento dos valores em maior período de tempo tende a torná-los mais homogêneos, devido à suavização das flutuações pontuais dos dados.

Na Figura 3 encontram-se as relações dos valores dos coeficientes do Irrigâmetro com as diferentes alturas dos níveis de água no interior do evaporatório, bem como às equações de regressão e os respectivos valores do coeficiente de determinação, obtidos nas quatro estações do ano para a região do Planalto de Vitória da Conquista-BA.

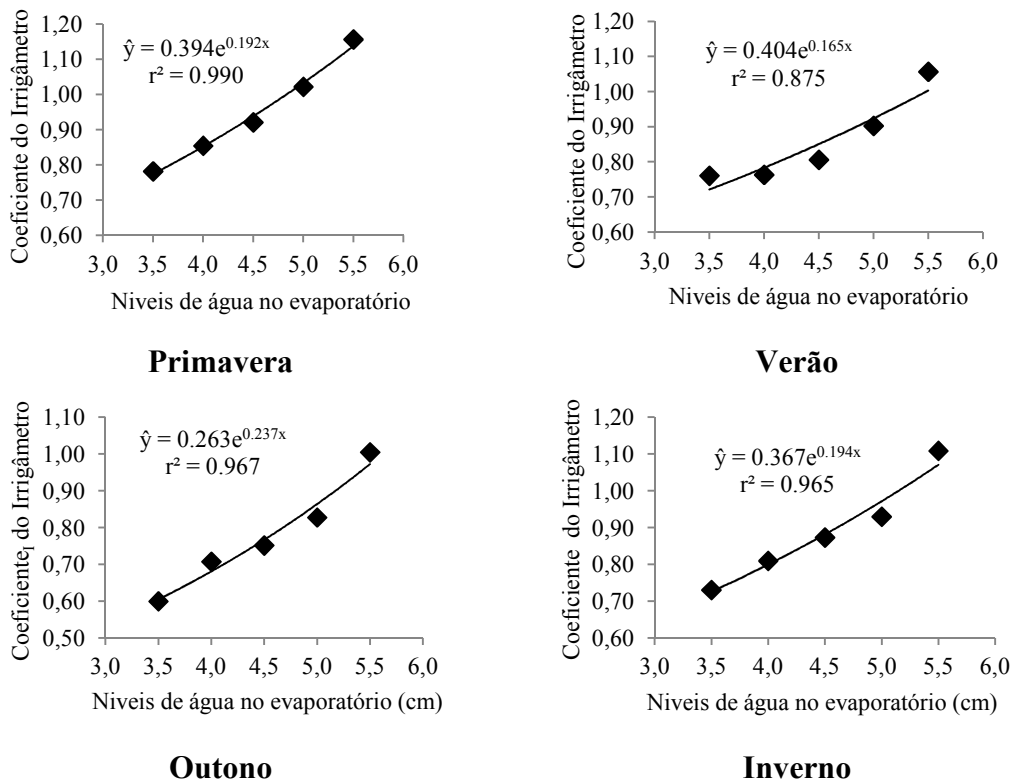


Figura 3. Coeficientes do Irrigâmetro em função dos níveis de água dentro do evaporatório para cada estação do ano

De acordo com as figuras acima, verifica-se que no período de primavera, outono e inverno os ajustes foram melhores, apresentando coeficientes de determinação maiores do que 95%, enquanto que no período do verão esse parâmetro apresentou desempenho inferior aos demais. Essa diferença no ajuste pode estar relacionada com a quantidade de dados, sendo esta menor no verão em decorrência das chuvas frequentes que ocorreram no período, fazendo com que dessa forma alguns dias deixassem de compor a variável analisada.

Para estimar a evapotranspiração de referência com o uso do Irrigâmetro na região do Planalto de Vitória da Conquista-BA para as quatro estações, deve-se operar o aparelho com o nível de água no evaporatório correspondente ao K_1 igual a 1, obtendo-se as alturas apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Valores dos níveis de água no evaporatório do Irrigâmetro utilizados para determinação da evapotranspiração de referência correspondentes ao K_I igual a 1 para as quatro estações do ano, na região do Planalto de Vitória da Conquista - BA

Estações	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Nível (cm)	4,8	5,5	5,6	5,2

As médias dos períodos anuais da ET_0 , bem como dos trimestres quentes e frios, foram maiores na Primavera/Verão e menores no Outono/Inverno.

Evidentemente, as maiores taxas de evapotranspiração foram encontradas no período quente (primavera), onde observaram-se valores de até $6,7 \text{ mm.dia}^{-1}$, e as menores taxas foram registradas no inverno, com mínima de $1,4 \text{ mm.dia}^{-1}$.

Percebe-se na Tabela 3 que não há uma variação significativa quando se compara o valor médio de K_I ao longo do ano com os valores obtidos nas diferentes estações, sendo que as maiores variações ocorreram na primavera e outono. No primeiro caso houve uma subestimativa e no segundo uma superestimativa, ambas com 7,7%, tendo como referência o valor de $K_I = 5,2$ obtido ao longo de todo o período experimental.

Comparando-se os resultados obtidos para as diversas estações do ano com o valor anual (5,2 cm), comprova-se que apesar de haver variações entre as alturas dos níveis de água para estimativa da evapotranspiração de referência, nas diferentes estações do ano, as mesmas não foram significativas quando submetidas ao teste de Dunnett a 5% de probabilidade (Tabela 4). Sendo assim, independente da estação do ano, pode-se utilizar o nível de água no evaporatório do Irrigâmetro igual a 5,2 cm para estimar diretamente a ET_0 .

Tabela 4. Estimativa de cada contraste entre médias da evapotranspiração de referência obtidas para os diferentes períodos estudados com o valor anual

ESTAÇÕES	DUNNETT
Primavera	0,38
Verão	0,26
Outono	0,40
Inverno	0,07

²Médias com asterisco na coluna apresentaram diferença significativa, a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Em estudo realizado na região de Viçosa-MG, Oliveira et al. (2007) descreveram a tendência de diminuir o nível de água no evaporatório para estimar a evapotranspiração de referência, com o decréscimo da temperatura média. Esse mesmo comportamento não foi observado neste experimento, visto que, o nível da água na primavera (temperatura média = $22,8 \text{ }^\circ\text{C}$) foi menor do que no inverno (temperatura = $19,5 \text{ }^\circ\text{C}$). Essa diferença de comportamento pode estar em função das diferenças das condições climáticas destas duas localidades.

6 CONCLUSÕES

- Os coeficientes do Irrigâmetro aumentaram exponencialmente com o aumento do nível da água dentro do evaporatório;

- A estimativa direta da evapotranspiração de referência com o uso do Irrigâmetro, nas condições climáticas do Planalto de Vitória da Conquista-BA, deve ser feita com o aparelho operando com nível de água dentro do evaporatório igual a 5,2 cm, independentemente, da estação do ano.

7 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G. **REF-ET**: reference evapotranspiration calculator. Version 2.1. Idaho: Idaho University, 2000. 82 p.
- ALLEN, R.G.; JENSEN, M.E.; BORNAN, R.D. Operational estimates of reference evapotranspiration. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, p. 650-662, 1989.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625 p.
- BONOMO, Robson. **Análise da irrigação na cafeicultura em áreas de cerrado de Minas Gerais**. 1999. 224 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.
- CAIXETA, S. P. **Efeitos de elementos meteorológicos na evapotranspiração estimada pelo irrigâmetro nas condições climáticas da zona da mata mineira**. 2009. 52f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- CHANG, J. **Climate and agriculture**. Chicago: Aldine Publishing, 1971. 296 p.
- OLIVEIRA, E. de M. **Influência dos elementos do clima na evapotranspiração estimada pelo Irrigâmetro na região do Alto Parnaíba - MG**. 2009. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.
- OLIVEIRA, R.A.; RAMOS, M.M. **Manual do Irrigâmetro**. Viçosa, MG: UFV, 2008. 144 p.
- OLIVEIRA, R.A.; TAGLIAFERRE, C.; SEDIYAMA, G.C.; MATERAN, F.J.V.; CECON, P.R. Desempenho do irrigâmetro na estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 166-173, 2008a.
- OLIVEIRA, E.M.; OLIVEIRA, R.A.; BAPTESTINI, J.C.M. Ajuste do Irrigâmetro para estimar a evapotranspiração da cultura, por meio da variação da área do evaporatório. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2007, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007a. 1 CD-ROM.
- OLIVEIRA, E.M.; OLIVEIRA, R.A.; TAGLIAFERRE, C.; SEDIYAMA, G.C. Ajuste do Irrigâmetro para estimar a evapotranspiração da cultura nos seus diversos estádios de

desenvolvimento. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2007, Bonito. **Anais...**Bonito: SBEA, 2007b. 1CD-ROM.

OLIVEIRA, R. A. de; TAGLIAFERRE, C. Irrigâmetro: nova tecnologia para manejo da água de irrigação. In: BARBOSA, T. C.; TANIGUCHI, G. C.; PENTEADO, D. C. S.; SILVA, D. J. H. da **Ambiente protegido: olericultura, citricultura e floricultura**. Viçosa: UFV, 2006, p. 39-64.

PAULA, A. T. **Tecnologias do Irrigâmetro e da válvula intermitente para aspersion aplicadas no perímetro irrigado de Jaíba**. 2009. 60f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

SMITH, M.; SEGEREN, A.; PEREIRA, L. S.; PERRIER, A.; ALLEN, R. Report in the expert consultation on procedures for revision of FAO guideline for prediction of crop water requirements. Rome: FAO, 1991. 45 p.

TAGLIAFERRE, C. **Geração de tecnologia inovadora aplicada ao irrigâmetro para o manejo racional da água de irrigação**. 2007. 50 f. Relatório (Pós-Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

TAGLIAFERRE, C. **Desempenho do irrigâmetro e de dois minievaporímetros para estimativa da evapotranspiração de referência**. 2006. 99 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

TAGLIAFERRE, C.; OLIVEIRA, R. A. de.; SEDYIAMA, G. C.; CECON, P. R.; DENICULI, W.; MARTINEZ, M. A.; MATERAN, F. J.V. Estimativa da evapotranspiração de referência usando minievaporímetro operando com Irrigâmetro modificado. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.14, n.3, 212-212 223, Jul./Set. 2006.

WILLMOTT, C.J.; CKLESON, S.G.; DAVIS, R.E. Statistics for evaluation and comparasion of models. **JournalofGeophysicalResearch**, Ottawa, v. 90, n. C5, p. 8995-9005, 1985.