

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

KAÍC LUIZ SILVA

**COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA
EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE VIÇOSA -
MG**

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2021**

KAÍC LUIZ SILVA

**COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA
EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE VIÇOSA -
MG**

Relatório final, apresentado à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheiro Agrícola e Ambiental.

Orientadora: Catariny Cabral Aleman

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2021

KAIC LUIZ SILVA

**COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA
EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE VIÇOSA -
MG**

Relatório final, apresentado a Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências, para obtenção do título de Engenheiro Agrícola e Ambiental.

APROVADO: 14 de maio de 2021.

Assentimento:



Kaic Luiz Silva
Autor



Catariny Cabral Aleman Pina
Orientadora

RESUMO

A agricultura irrigada é responsável por grande parte da produção agrícola mundial. A irrigação consiste na aplicação artificial de água para atender a demanda hídrica da cultura. Diante do aumento da demanda pelos recursos hídricos, o setor agrícola busca novas estratégias de gestão destes recursos na agricultura, necessárias para a redução do consumo de água. O manejo da irrigação é uma estratégia que, apesar dos avanços tecnológicos, é pouco utilizada nas propriedades que utilizam a irrigação. O manejo da irrigação via clima faz uso de informações meteorológicas para calcular a evapotranspiração de referência e, juntamente com outros parâmetros, estimar a demanda hídrica das culturas. Objetivou-se com esse trabalho comparar o método de estimativa da evapotranspiração de referência proposto por Hargreaves e Samani com o método padrão segundo a FAO (Food and Agriculture Organization), proposto por Penman-Monteith, e analisar a variabilidade dos dados de precipitação, temperatura, radiação global e evapotranspiração de referência padrão para o município de Viçosa – MG. Foram coletados dados da estação meteorológica automática da Universidade Federal de Viçosa, referentes aos anos de 2016, 2017, 2018, 2019 e 2020. A variabilidade dos dados foi analisada através do cálculo do desvio médio dos valores de precipitação e evapotranspiração de referência padrão ao longo dos anos e da visualização gráfica. Os parâmetros estatísticos utilizados para a comparação entre os métodos de estimativa foram o coeficiente de correlação linear, obtidos por meio da regressão linear, o coeficiente de exatidão, o coeficiente de desempenho, o erro médio absoluto e o erro máximo. A precipitação apresentou grande variabilidade durante os meses mais quentes do ano. Os valores de evapotranspiração de referência padrão apresentaram médias mais altas em janeiro, e médias baixas entre maio e julho, assim como os valores de temperatura média diária e radiação global corrigida. O método de estimativa da evapotranspiração de referência proposto por Hargreaves e Samani superestimou os valores em relação ao método padrão de Penman-Monteith. Apesar de apresentar bom coeficiente de correlação, o coeficiente de desempenho foi classificado como “sofrível”, indicando que o método de Hargreaves e Samani não é adequado para a região.

Palavras-chave: Demanda Hídrica, Penman-Monteith, Variáveis Meteorológicas.

ABSTRACT

Irrigated agriculture is responsible for a large part of the world's agricultural production. Irrigation is the artificial application of water to meet the water demand of the crop. Given the increased demand for water resources, the agricultural sector is seeking new management strategies for these resources in agriculture, necessary for the reduction of water consumption. Irrigation management is a strategy that, despite technological advances, is little used in properties that use irrigation. Climate management makes use of meteorological information to calculate the reference evapotranspiration and, together with other parameters, estimate the water demand of crops. The objective of this work was to compare the method for estimating reference evapotranspiration proposed by Hargreaves and Samani with the standard method according to FAO (Food and Agriculture Organization), proposed by Penman-Monteith, and to analyze the variability of precipitation data, temperature, global radiation and standard reference evapotranspiration for the municipality of Viçosa - MG. Data were collected from the automatic weather station of the Federal University of Viçosa, for the years 2016, 2017, 2018, 2019 and 2020. The variability of the data was analyzed by calculating the average deviation of the standard precipitation and reference evapotranspiration values over the years and by graphical visualization. The statistical parameters used for comparison between the estimation methods were the correlation coefficient, obtained through linear regression, the accuracy coefficient, the coefficient of method performance, the mean absolute error and the maximum error. Precipitation showed great variability during the hottest months of the year. The standard reference evapotranspiration had the highest average in January, as well as the values of mean daily temperature and corrected global radiation, and low averages between May and July. The reference evapotranspiration estimation method proposed by Hargreaves and Samani overestimated the values in relation to the standard Penman-Monteith method. Despite presenting a good correlation coefficient, the performance coefficient was classified as "poor", indicating that the Hargreaves and Samani method is not suitable for the region.

Keywords: Water Demand, Penman-Monteith, Weather Variables.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	MATERIAL E MÉTODOS	8
2.1	Localização do Experimento e Coleta de Dados	8
2.2	Determinação da Precipitação Total Mensal e Análise dos Resultados	8
2.3	Determinação da Evapotranspiração de Referência	8
2.4	Comparação dos Valores de Evapotranspiração de Referência.....	10
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4	CONCLUSÃO	20
	REFERÊNCIAS	21

1 INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada alimenta mais da metade da população mundial. Aproximadamente 40% da safra global é produzida em áreas irrigadas, que correspondem apenas a cerca de 17% do total de área plantada (BERNARDO et al., 2019). A água é um recurso finito e, com o crescimento populacional contínuo, torna-se cada vez mais importante a busca por eficiência e sustentabilidade dos sistemas de irrigação através do uso de técnicas de manejo.

O aumento da demanda pelos recursos hídricos, devido ao crescimento populacional e as atividades produtivas, tem criado um cenário de escassez hídrica em diversas regiões do Brasil e do mundo. Segundo Silva et al. (2012) a disponibilidade hídrica tem influenciado o setor agrícola, que busca estratégias de gestão dos recursos hídricos na agricultura irrigada para a redução no consumo de água na produção.

A irrigação é definida como a aplicação artificial de água visando atender a demanda hídrica da cultura. Essa tecnologia permite o cultivo em áreas com baixos índices pluviométricos, o aumento da produtividade e pode aumentar a eficiência do uso da água. Diversos sistemas de irrigação podem ser usados desde que atendam às condições da área, a demanda da cultura e a disponibilidade hídrica. Com a finalidade de garantir a eficiência do uso da água dos sistemas de irrigação, é fundamental empregar técnicas de manejo de irrigação. Dados climáticos, de solo ou características das plantas podem ser utilizadas para definir o quanto de água e quando aplicar para atender a demanda hídrica das culturas (SILVA et al., 2017).

O manejo de irrigação via clima é realizado a partir de informações meteorológicas fornecidas por estações convencionais ou automáticas. A partir desses dados é possível quantificar a evapotranspiração de referência (SOUSA et al., 2011). A evapotranspiração de referência (ET_o) se baseia na evapotranspiração de uma cultura hipotética que cobre todo o solo, em ótimas condições de desenvolvimento e crescimento ativo, com altura média de 0,12 metros, albedo de 0,23 e resistência da superfície de 70 s.m⁻¹ (ALLEN et al., 1998). O modelo padrão para estimar a ET_o, segundo a FAO (Food and Agriculture Organization), é a equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998).

Segundo Marquelli et al. (2008), os benefícios provenientes do manejo da irrigação incluem aumento da produtividade das culturas, redução dos custos com água, energia e mão de obra, redução de perdas por lixiviação, redução de problemas com doenças relacionadas ao

excesso de irrigação, entre outros. Sousa et al. (2011) acrescenta que uma boa estratégia para o manejo é a adoção de um turno de rega variável, que acompanharia a demanda hídrica da cultura de acordo com as variações climáticas e o estágio fenológico, o que reduz os riscos de expor a planta a algum estresse hídrico.

Mesmo apresentando grande desenvolvimento tecnológico, a busca pela sustentabilidade esbarra na falta de um manejo adequado na maioria das propriedades que utilizam a irrigação (BERNARDO et al., 2019). Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi comparar dois métodos de estimativa de evapotranspiração de referência para o município de Viçosa-MG, além de analisar as variações das variáveis climáticas ao longo dos anos de 2016 a 2020.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização do Experimento e Coleta de Dados

O experimento foi conduzido a partir de dados climáticos disponíveis no BDMEP do Instituto Nacional de Meteorologia. Foram considerados dados dos anos de 2016 a 2020 para o município de Viçosa - MG, localizado a 20,76°S e 42,86°W, altitude de 648 m. A cidade conta com uma estação meteorológica automática localizada na Universidade Federal de Viçosa. Os dados são registrados desde 2005.

2.2 Determinação da Precipitação Total Mensal, Temperatura Média, Radiação Global Corrigida e Análise dos Resultados

A precipitação total mensal foi determinada pela soma das precipitações horárias referentes aos meses do ano em questão. Foram analisados os anos de 2016 até 2020. Para análise dos resultados, observou-se o desvio médio (Equação 1) das precipitações mensais ao decorrer dos anos analisados.

$$DM_p = \frac{\sum P_i - \bar{P}}{n} \quad (1)$$

Em que: DM_p = Desvio médio da precipitação total mensal, em mm; P_i = valor individual da precipitação total mensal, em mm; \bar{P} = valor médio da precipitação total mensal, em mm, e n = número de valores de precipitação total mensal.

Para análise da temperatura, foi considerada a temperatura média diária, em °C, referente aos meses do ano em questão.

A radiação global corrigida, em MJ.m⁻².d⁻¹, foi obtida pelo saldo diário de radiação global, desconsiderando os valores negativos. Foi considerada a média diária mensal da radiação global corrigida.

Os dados de precipitação total mensal, temperatura média diária e radiação global corrigida foram analisados graficamente.

2.3 Determinação da Evapotranspiração de Referência

A evapotranspiração de referência foi determinada pela equação de referência de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) (Equação 2) e pelo método de Hargreaves e Samani (PERERIRA et al., 1997) (Equação 3).

$$ET_o = \frac{0,48\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0,34U_2)} \quad (2)$$

Em que: ET_o = evapotranspiração de referência, em mm d^{-1} ; Rn = saldo de radiação à superfície, em $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$; G = fluxo de calor no solo, em $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$; T = temperatura do ar a 2 metros de altura, em $^{\circ}\text{C}$; U_2 = velocidade do vento a 2 metros de altura, em m s^{-1} ; e_s = pressão de saturação de vapor, em kPa; e_a = pressão de vapor atual do ar, em kPa; $(e_s - e_a)$ = déficit de pressão de vapor, em kPa; Δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação, em $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ e γ = constante psicrométrica, em $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$.

$$ET_o = 0,0023 \times (T_{méd} + 17,8) \times (T_{máx} - T_{mín})^{\frac{1}{2}} \times Ra \times 0,408 \quad (3)$$

Em que: ET_o = evapotranspiração de referência, em mm d^{-1} ; $T_{méd}$ = temperatura média diária, em $^{\circ}\text{C}$; $T_{máx}$ = temperatura máxima diária, em $^{\circ}\text{C}$; $T_{mín}$ = temperatura mínima diária, em $^{\circ}\text{C}$ e Ra = radiação no topo da atmosfera, $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$.

Os dados da radiação no topo da atmosfera, em $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, durante os meses do ano para latitudes sul e norte, são tabelados (BERNARDO et al., 2019). Os valores da radiação para a latitude de $20,76^{\circ}\text{S}$ foram obtidos por meio da interpolação linear da tabela, com resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Radiação no topo da atmosfera, em $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, latitude $20,76^{\circ}\text{S}$

Mês	Radiação ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$)	Mês	Radiação ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$)	Mês	Radiação ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$)
Janeiro	42,0	Maio	26,2	Setembro	34,0
Fevereiro	40,0	Junho	23,7	Outubro	38,5
Março	36,4	Julho	24,6	Novembro	41,3
Abril	31,0	Agosto	28,6	Dezembro	42,3

Fonte: Autor.

2.4 Comparação dos Valores de Evapotranspiração de Referência

A variação da média diária mensal da evapotranspiração de referência padrão (Penman-Monteith), entre os anos de 2016 e 2020, foi observada através de análise gráfica e do cálculo do desvio médio (Equação 4) dos valores mensais ao decorrer dos anos analisados.

$$DM_{ETp} = \frac{\sum ETp_i - \overline{ETp}}{n} \quad (4)$$

Em que: DM_{ETp} = Desvio médio da evapotranspiração de referência padrão média diária mensal, em mm d^{-1} ; ETp_i = valor individual da evapotranspiração de referência padrão média diária mensal, em mm d^{-1} ; \overline{ETp} = valor médio da evapotranspiração de referência padrão média diária mensal, em mm d^{-1} , e n = número de valores evapotranspiração de referência padrão média diária mensal.

Também foram calculados os valores médios da evapotranspiração de referência padrão (Penman-Monteith), entre os anos de 2016 e 2020, durante as estações do ano. A comparação entre a evapotranspiração de referência padrão (Penman-Monteith) e a estimada pelo método de Hargreaves e Samani foi feita por meio da regressão linear analisando o coeficiente R^2 , do coeficiente de correlação r (Equação 5), da utilização do coeficiente “d” de exatidão (Equação 6) proposto por Willmott, Ckleson e Davis (1985), do coeficiente “c” de desempenho (Equação 7) dos métodos segundo Camargo e Sentelhas (1997) (Tabela 2), do erro médio absoluto (Equação 8) e do erro máximo (Equação 9).

$$r = \sqrt{R^2} \quad (5)$$

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n (ETp_i - ETp_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|ETp_i - \overline{ETp}| + |ETp_i - \overline{ETp}|)^2} \quad (6)$$

$$c = r \times d \quad (7)$$

$$EMA = \frac{\sum_{i=1}^n |ETp_i - ETh_i|}{n} \quad (8)$$

$$EMAX = \text{Máximo}(|ETp_i - ETh_i|)^n \quad (9)$$

Em que; ETp_i = valor individual da evapotranspiração de referência padrão média diária mensal, em mm d^{-1} ; \overline{ETp} = valor médio da evapotranspiração de referência padrão média diária mensal, em mm d^{-1} ; ETh_i = valor individual da evapotranspiração de referência média diária mensal por Hargreaves e Samani, em mm d^{-1} ; EMA = erro médio absoluto, em mm d^{-1} ; EMAX = erro máximo, em mm d^{-1} , e n = número de valores evapotranspiração de referência padrão média diária mensal.

Tabela 2. Valores dos coeficientes de desempenho (c) por Camargo e Sentelhas (1997)

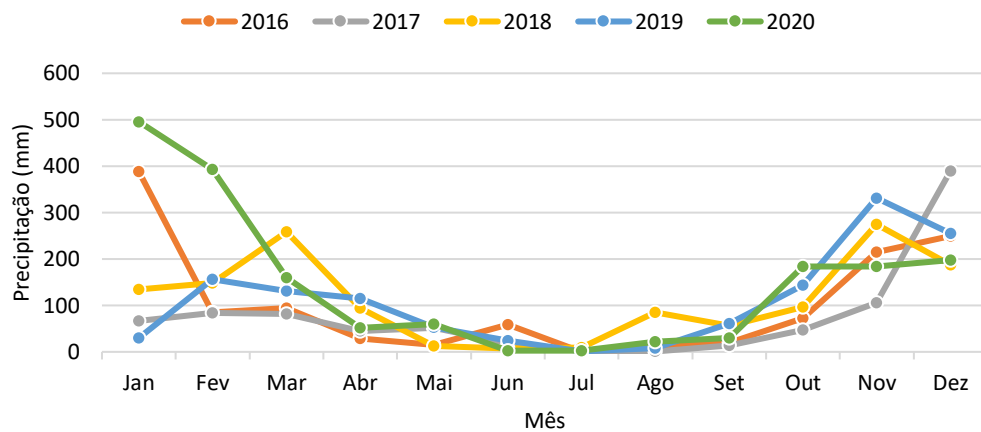
Valor de "c"	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 < c < 0,85	Muito Bom
0,66 < c < 0,75	Bom
0,61 < c < 0,65	Mediano
0,51 < c < 0,60	Sofrível
0,41 < c < 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

Fonte: Autor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

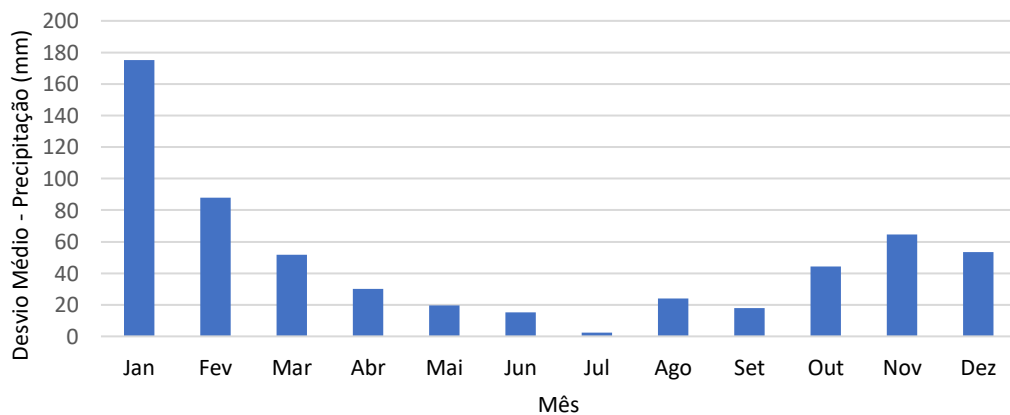
Os dados da precipitação acumulada mensal são apresentados na Figura 1. Observa-se que as maiores diferenças dos valores de precipitação ocorreram no mês de janeiro, sendo a diferença entre janeiro de 2020 (495,8 mm) e janeiro de 2019 (30,4 mm) a maior delas: 465,4 mm. Os valores de desvio médio da precipitação acumulada mensal, representados na Figura 2, mostram janeiro, fevereiro e novembro como os meses com maior variação. Entre abril e setembro, meses com menor volume de chuvas, os valores de precipitação foram mais uniformes.

Figura 1 – Valor acumulado mensal da precipitação entre 2016 e 2020 para Viçosa-MG



Fonte: Autor.

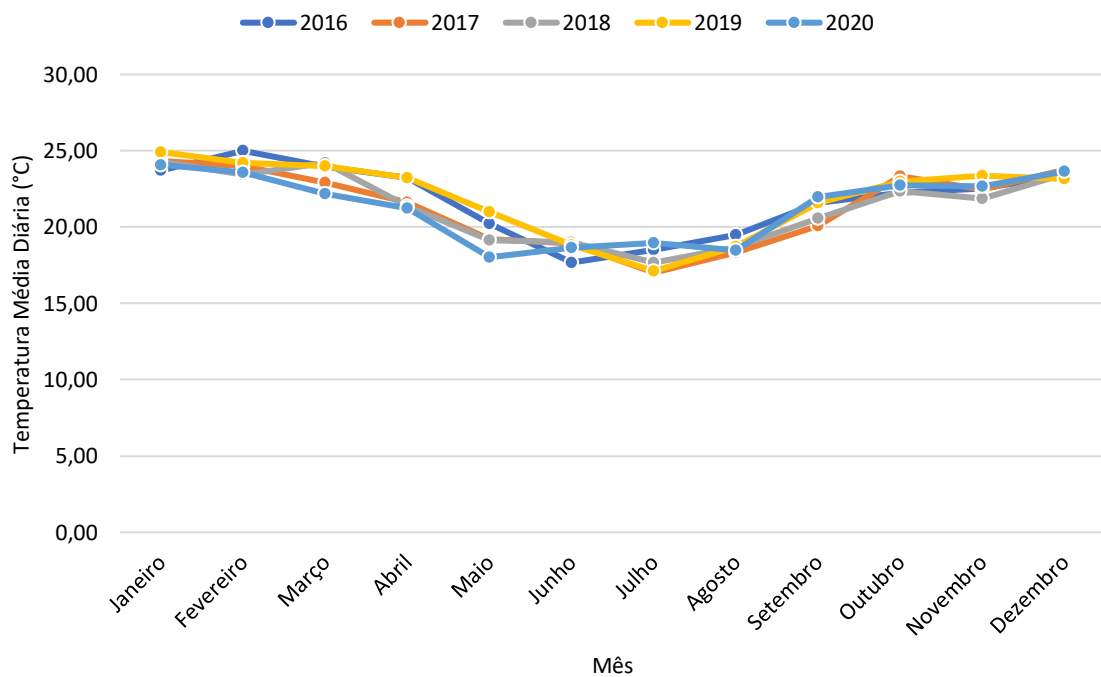
Figura 2 – Desvio médio do valor acumulado mensal da precipitação entre os anos de 2016 e 2020 para o município de Viçosa-MG



Fonte: Autor.

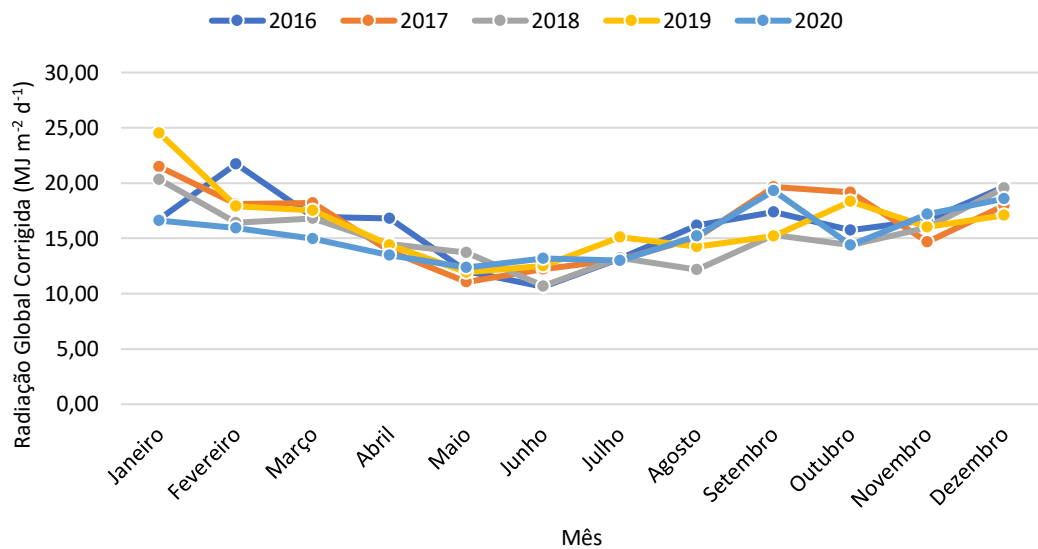
A Figura 3 apresenta a temperatura média diária, e as médias diárias da radiação global corrigida são apresentados na Figura 4. De outubro a abril os valores médios de temperatura estão acima dos 22°C, atingindo maior valor (25°C) em fevereiro de 2016, ano em que o mês apresenta baixo valor de precipitação (84,8 mm) e alta média diária de radiação (21,74 MJ.m⁻².d⁻¹) em relação aos outros anos. Os dois menores valores de temperatura e radiação global para o mês de janeiro ocorrem nos anos de 2016 e 2020, anos em que, para o mês de janeiro, ocorreram os maiores valores de precipitação. Os menores valores de temperatura ocorrem de maio a agosto, com maior parte das médias abaixo dos 20°C, e os menores valores de radiação global ocorrem entre maio e julho.

Figura 3 – Temperatura média diária, em °C, entre os anos de 2016 e 2020 para o município de Viçosa-MG



Fonte: Autor.

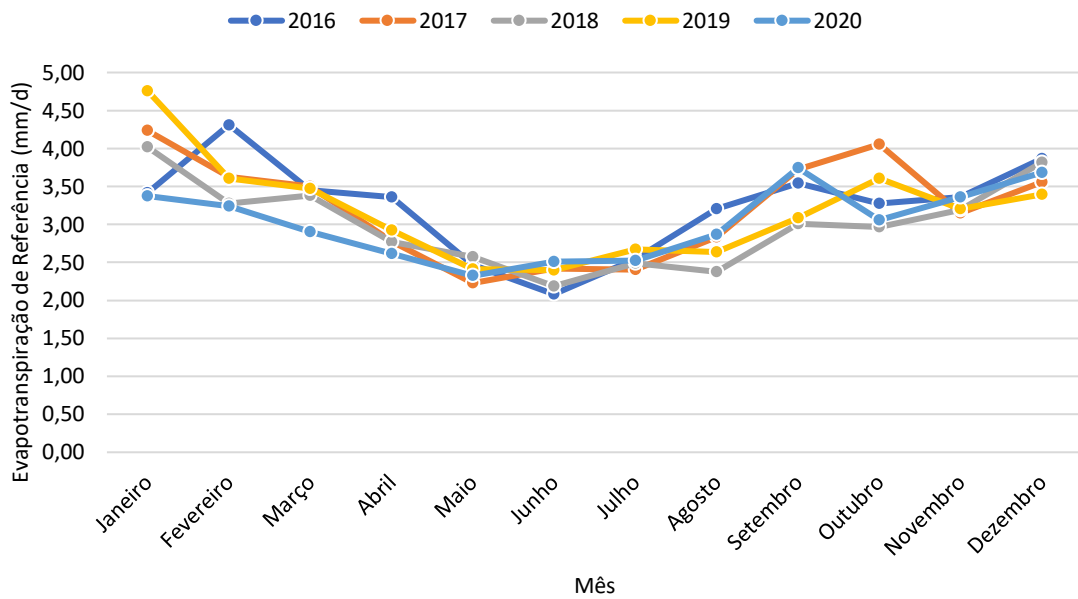
Figura 4 – Média diária da radiação global corrigida, em MJ.m⁻².d⁻¹, entre os anos de 2016 e 2020 para o município de Viçosa-MG



Fonte: Autor.

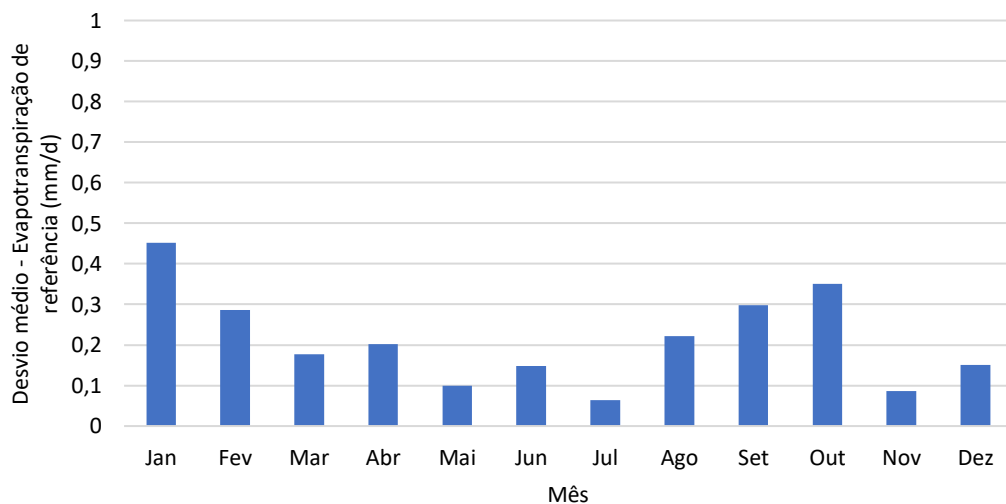
Na Figura 5 são apresentados os dados da média diária mensal da evapotranspiração de referência padrão (Penman-Monteith). As maiores diferenças, assim como na precipitação acumulada mensal, ocorreram no mês de janeiro, onde, conseqüentemente, ocorre o maior desvio médio dos valores da evapotranspiração de referência padrão (Figura 6). As variações dos valores de precipitação e evapotranspiração trazem uma imprevisibilidade que dificulta o planejamento da irrigação, desde o dimensionamento do projeto até o manejo da irrigação, visto que os dados em questão são fundamentais para o cálculo da demanda hídrica da cultura e do balanço hídrico da região em questão.

Figura 5 – Média diária mensal da evapotranspiração de referência padrão (Penman-Monteith) entre os anos de 2016 e 2020 para o município de Viçosa-MG



Fonte: Autor.

Figura 6 – Desvio médio da evapotranspiração de referência padrão (Penman-Monteith) entre os anos de 2016 e 2020 para o município de Viçosa-MG

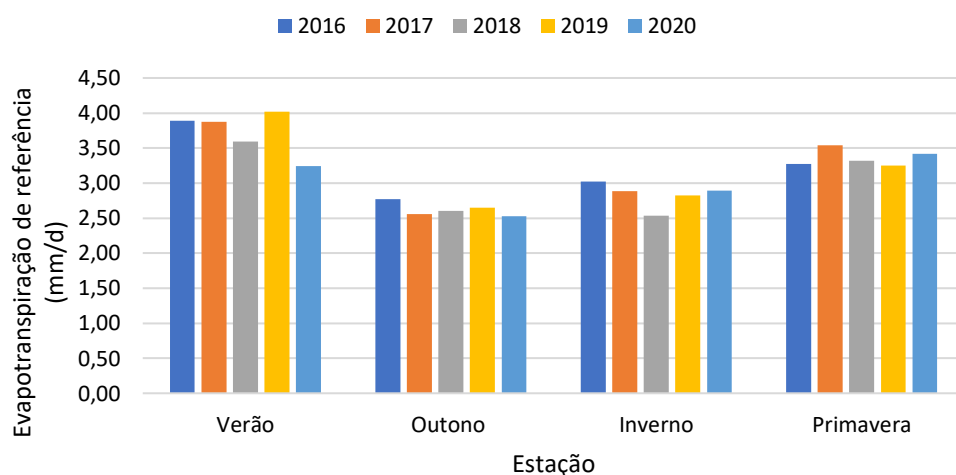


Fonte: Autor.

Os menores valores da evapotranspiração de referência padrão nos verões de 2018 e 2020 ($3,59 \text{ mm d}^{-1}$ e $3,25 \text{ mm d}^{-1}$, respectivamente), representados na Figura 7, coincidiram com um maior volume de chuvas apresentados neste mesmo período em relação aos outros anos. De maneira inversa, janeiro de 2019, ano com menor precipitação acumulada para este

mês, apresentou maior valor da evapotranspiração de referência padrão em relação aos outros anos. Janeiro é o mês com maiores médias nos valores de evapotranspiração e, entre maio e julho, temos os menores valores durante o período analisado. Os dados de evapotranspiração de referência apresentaram comportamento semelhante aos dados de temperatura média diária e radiação global corrigida, variáveis que influenciam diretamente no cálculo da evapotranspiração. Alencar et al. (2011) observaram comportamento semelhante dos valores médios da evapotranspiração de referência em análise do período de 1968 a 2008 para a região de Viçosa-MG.

Figura 7 – Média da evapotranspiração de referência padrão (Penman-Monteith), por estações, entre os anos de 2016 e 2020 para o município de Viçosa-MG



Fonte: Autor.

Comparando a distribuição das médias diárias mensais da evapotranspiração de referência, pelos dois métodos de estimativa, entre os anos de 2016 e 2020 (Figura 8), observa-se que os dados por Hargreaves e Samani são distribuídos de forma similar aos dados por Penman-Monteith. Contudo, os valores por Hargreaves e Samani superestimam em todos os momentos os valores do método padrão, com um erro médio absoluto de $1,092 \text{ mm d}^{-1}$ (Tabela 3). Apesar da superestimação, os valores são mais próximos em épocas que apresentaram menor temperatura média e baixa precipitação. Tendência similar de superestimação dos valores pelo método de Hargreaves e Samani em relação ao padrão foi observada por Palaretti et al. (2014), em regiões citrícolas paulistas e por Batista et al. (2007) nos estados de Minas Gerais e Sergipe.

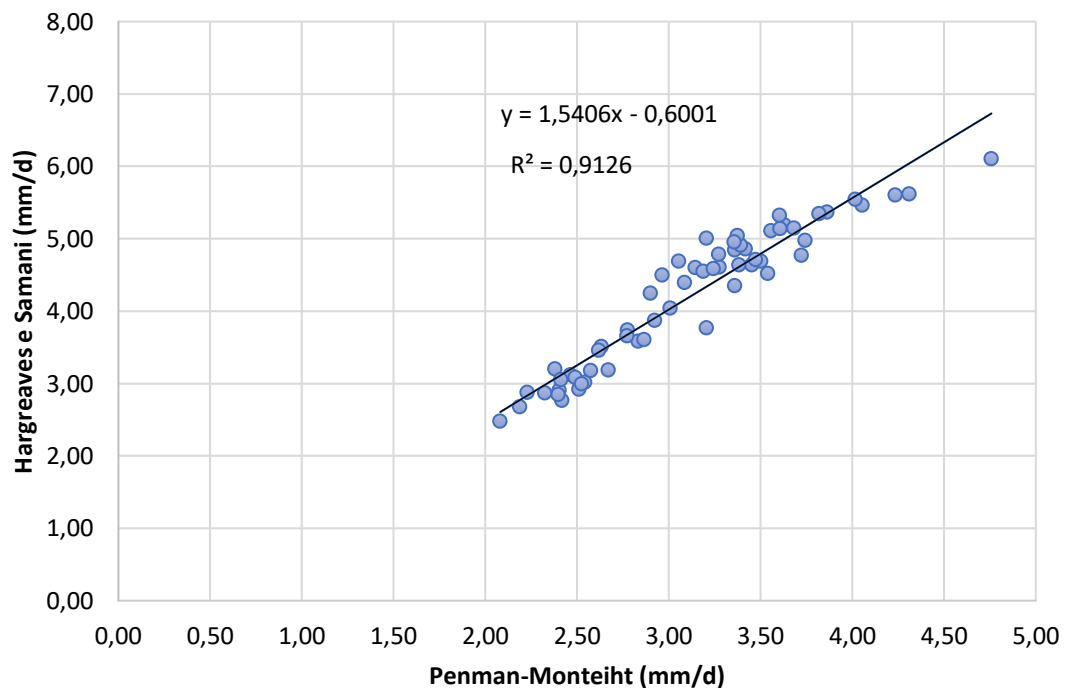
Figura 8 – Médias diárias mensais da evapotranspiração de referência por Penman-Monteith e por Hargreaves e Samani (Hargreaves), entre os anos de 2016 e 2020, para o município de Viçosa-MG



Fonte: Autor.

O modelo proposto por Hargreaves e Samani apresentou ótimo ajuste (R^2) em relação ao modelo padrão de Penman-Monteith (0,9126) (Figura 9). Os parâmetros estatísticos (Tabela 3) revelam um coeficiente de correlação (r) alto. Barros et al. (2017) também apresentaram bons ajustes nos pares de valores (R^2 , r) por Hargreaves e Samani (0,9;0,95), assim como Palaretti et al. (2014), onde apenas o município de Casa Branca apresenta R^2 menor que 0,71.

Figura 9 – Regressão linear entre valores médios diários mensais da evapotranspiração de referência padrão (Penman-Monteith) (x) em relação ao método por Hargreaves e Samani (y)



Fonte: Autor.

Tabela 3 – Valores dos parâmetros estatísticos para as correlações entre o método de estimativa da evapotranspiração de referência por Hargreaves e Samani em relação ao método padrão de Penman-Monteith, para o município de Viçosa – MG

Correlação		Parâmetros Estatísticos						
Y	X	EMA	EMAX	r	R^2	d	c	Desempenho
Hargreaves e Samani	Penman-Monteith	1,092	1,802	0,955	0,913	0,621	0,566	Sofrível

Fonte: Autor.

Apesar da boa correlação entre os modelos, os valores de erro médio absoluto e erro máximo são elevados (1,092 mm d⁻¹ e 1,802 mm d⁻¹, respectivamente). Com isto, o coeficiente de exatidão (d) é baixo (0,621). Assim sendo, o índice “c” de desempenho de 0,566 classifica

o resultado do método por Hargreaves e Samani como “sofrível”. Valores bem maiores foram observados por Palaretti et al. (2014), onde o índice de desempenho foi classificado como “muito bom” na maioria das regiões avaliadas, e por Barros et al. (2017), obtendo uma classificação “ótima” para o índice de desempenho no perímetro irrigado Jacaré-Curitiba, Canindé-SE.

4 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados encontrados para o período de 2016 a 2020, no município de Viçosa-MG, conclui-se que a região apresenta grande variabilidade de precipitação nos meses mais quentes do ano. Os valores de evapotranspiração de referência média diária mensal são maiores nos períodos com maiores temperaturas médias e maiores médias diárias de radiação global, variáveis que influenciam no cálculo da evapotranspiração. Estes últimos três valores são acentuados quando relacionados à baixas precipitações. Os menores valores de evapotranspiração de referência ocorrem entre maio e julho.

A variabilidade observada da precipitação e da evapotranspiração de referência influencia em todos os aspectos da irrigação, do projeto ao manejo. A imprevisibilidade causada pela variação dos dados inviabiliza uma estimativa precisa da evapotranspiração de referência média e uma previsão do balanço hídrico para a região de Viçosa – MG.

Durante o período analisado, o método proposto por Hargreaves e Samani para estimativa da evapotranspiração de referência não se mostrou apropriado para a região, pois superestimou o método padrão de Penman-Monteith e, mesmo apresentando valores mais próximos em épocas com menor temperatura média e precipitação, não apresentou bom coeficiente de desempenho.

5 REFERÊNCIAS

- ALENCAR, Leonidas P. de et al. **Tendências recentes nos elementos do clima e suas implicações na evapotranspiração da cultura do milho em Viçosa - MG.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 631-642, 2011.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 301 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BARROS, Allan Cunha et al. **Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência em perímetro irrigado no baixo São Francisco.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.11, nº.8, p. 2183 - 2193, 2017.
- BATISTA, W.R.M.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, A.A.G. **Determinação e Comparação entre Métodos de Estimativa da Evapotranspiração de Referência para a região de Canindé do São Francisco – SE.** *Fapese*, Aracaju, v.3, n. 2, p. 71-76, jul./dez. 2007.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação.** 9. ed., Viçosa, MG, 2019.
- CAMARGO, A. P; SENTELHAS, P. C. **Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativas da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.
- DA SILVA, Gideon Ujacov et al. **Manejo de irrigação via solo e clima na cultura do milho (*Zea mays* L.) na região de Alegrete/RS.** Revista de Ciência e Inovação, v. 2 n. 1, p.101-112, 2017.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças, 2008.
- PALARETTI, Luiz F.; MANTOVANI, Everardo C.; SEDIYAMA, Gilberto C. **Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) em regiões citrícolas paulistas.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 38-47, fev. 2014.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G. **Evapotranspiração.** Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.
- SILVA, L. P.; SILVA, M. M.; CORREA, M. M.; SOUZA, F. C. D.; SILVA, E. F. F. **Desempenho de gotejadores autocompensantes com diferentes efluentes de esgoto doméstico.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB, v. 16, n. 5, p. 480–486, 2012.
- SOUSA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

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