



AVALIAÇÃO DE DIFERENTES METODOLOGIAS NO PREENCHIMENTO DE FALHAS NA ESTIMATIVA DA ETO NO ESTADO DE ALAGOAS

Allan Cunha Barros¹, Ricardo Barros Silva², Matheus Batista da Silva³, John Kennedy dos Santos³

RESUMO: O cálculo da ETo necessita de várias variáveis meteorológicas que, em muitas vezes, não estão disponíveis. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar algumas alternativas para a falta de dados na estimativa da ETo em algumas cidades do estado de Alagoas, Brasil. Foram utilizados uma série histórica de oito anos de dados para 14 cidades do estado de Alagoas. Os tratamentos foram: T1 - Quando todos os dados estão disponíveis, o modelo de Penman-Monteith (PM); T2 - Faltam dados de umidade relativa (UR); T3 - Faltam dados de Radiação Solar (RS); T4- Faltam dados de Umidade relativa e de Radiação Solar (UR e RS); T5 - Somente os dados de temperatura do ar estão disponíveis, foi utilizada a equação de Hargreaves-Samani (HS). Verificou-se que a a resposta dos tratamentos variou em função das localizações. No entanto, na maioria das cidades, a falta o T4 e T3 foram as maiores fontes de erro na estimativa e a menor foi o T2. O município de Coruripe apresentou os piores ajustes para o modelo de Penman-Monteith com ausência de Umidade Relativa e Radiação Solar (PM – UR e RS) e para o modelo de Hargreaves e Samani (HS), sendo classificado com desempenho mediano. Conclui-se que apesar dos dados faltantes, os modelos apresentaram comportamento de muito bom a ótimo, possibilitando seu uso.

PALAVRAS-CHAVE: Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, Evapotranspiração.

ESTIMATE OF DAILY ETO FOR ALAGOAS USING MISSING DATA

ABSTRACT: The Eto equation requires several meteorological variables that are often not available. Thus, the objective of this work was to evaluate some alternatives for the lack of data in the estimation of ETo and, some cities in the state of Alagoas, Brazil. A historical series of

¹ Prof. Doutor, Professor da Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, CEP 57309-005, Arapiraca, AL. Fone (82) 3482-1800. E-mail: allan.cunha@arapiraca.ufal.br

² Doutor, Técnico em Agropecuária, Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Arapiraca, AL

³ Eng. Agrônomo, Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Arapiraca, AL

08 years of data for 14 cities in the state of Alagoas were used. The treatments were: T1 - When all data are available, the Penman-Monteith (PM) model was used to estimate evapotranspiration; T2 - Missing relative humidity data; T3 - Missing Solar Radiation data; T4 - Relativity Humidity and Solar Radiation data are missing; T5 - Only air temperature data are available, Hargreaves-Samani approval was used. It was verified that the treatment response varied according to the locations. However, in most cities, missing T4 and T3 were the biggest sources of error in the estimate and the smallest was T2. The municipality of Coruripe presented the worst configurations for the Penman-Monteith model with absence of Relative Humidity and Solar Radiation (PM – UR and RS) and for the Hargreaves and Samani model (HS), being classified with medium performance. It is concluded that despite the missing data, the models presented very good to excellent behavior, facilitating their use.

KEYWORDS: Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, Evapotranspiration.

INTRODUÇÃO

Em áreas irrigadas, o conhecimento dos dados de evapotranspiração é uma das principais formas de evitar o desperdício de água no momento que for irrigar. O estudo da evapotranspiração é usado para conclusão de projetos e manejos de irrigação, simulação de culturas, planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos (LIMA, 2005). Para ter um manejo de irrigação eficiente e racional, deve-se determinar o consumo de água de cada cultura, mais precisamente em cada fase de seu desenvolvimento.

A metodologia de estimativa da evapotranspiração, via modelo Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), possui a capacidade de ser utilizada em diversas regiões e em diversas escalas temporais, para isso, segundo Ravazzani et al. (2012), são necessários uma gama de dados, dentre eles: temperatura, radiação solar, umidade reativa, e velocidade do vento. Essa grande quantidade de dados torna o modelo Penman-Monteith (PM) muitas vezes pouco aplicável em regiões nas quais esse tipo de informação é incipiente, e onde se verifica deficiência na coleta de todas as variáveis meteorológicas envolvidas na determinação da ETo (CAMARGO & CAMARGO, 2000). O modelo da FAO56 recomenda o uso de diversas metodologias quando ocorre dados faltantes.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar alternativas de determinação da ETo quando ocorre a falta de dados na estimativa da ETo e, algumas cidades do estado de Alagoas, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado para o estado de Alagoas, que possui uma área de 27.778,506 km² com diferentes condições climáticas em todo o estado. Segundo Koppen, o Leste do estado tem a classificação climática como As', que significa tropical e quente, com chuvas junto com o outono/inverno em quantidade entre 1000 - 1500 mm. Por outro lado, o Oeste, que significa Agreste e Sertão, apresenta condições semiáridas, e o clima é classificado como BSh, quente e seco, com baixas chuvas entre 400 - 600 mm para o Sertão e 600-900 mm para o Agreste (EMBRAPA, 2012).

Foram selecionadas 14 cidades espalhadas pelo território e foram coletados dados meteorológicos como temperatura máxima e mínima (°C), relatividade do ar úmido (%), radiação solar (MJ m⁻² dia⁻¹) dos Centros Nacionais de Previsão Ambiental (NCEP) - www.globalweather.tamu.edu.

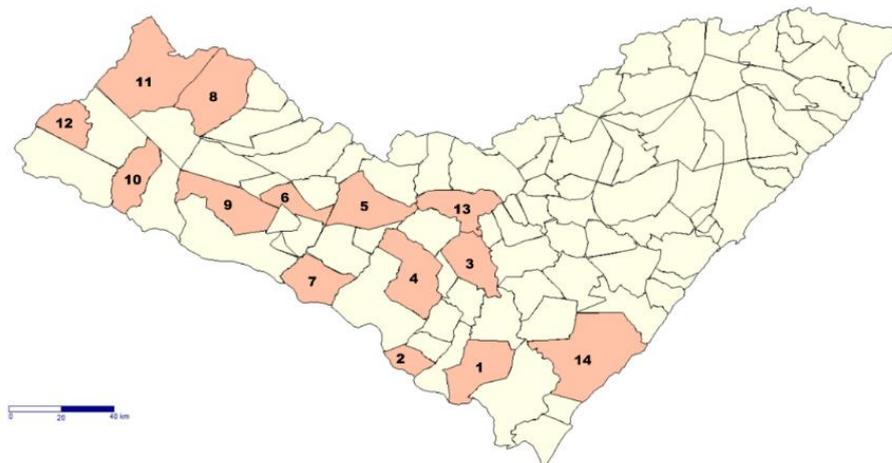


Figura 1. Mapa com a distribuição das cidades utilizadas no projeto.

A velocidade do vento foi adotada como 2 m s⁻¹ (ALLEN et al., 1998). A série histórica foi coletada dos anos de 2006 a 2013 e registrada em planilha eletrônica.

Os tratamentos são baseados nos dados disponíveis. T1 - Quando todos os dados estão disponíveis, o modelo de Penman-Monteith (PM) foi usado para estimar a evapotranspiração (Equação 1); T2 - Faltam dados de umidade relativa (UR); T3 - Faltam dados de Radiação Solar (RS); T4- Faltam dados de Relatividade Húmida e de Radiação Solar (UR e RS); T5 - Somente os dados de temperatura do ar estão disponíveis (HS).

Tabela 1. Dados climáticos médios, localização e altitude das cidades usadas no estudo.

ID	ESTAÇÃO	LAT.	LONG.	ALT.	Tm °C	UR	Koppen
1	Igreja Nova	-10,1474	-36,5625	138m	25,84	74,67	As
2	São Brás	-10,1474	-36,875	49m	25,76	73,43	As
3	Arapiraca	-9,8352	-36,5625	235m	25,57	73,69	As
4	Girau do Ponciano	-9,8351	-36,875	386m	25,97	70,95	As
5	Major Isidoro	-9,5229	-36,875	329m	25,69	69,89	BS
6	O. d'água das flores	-9,5229	-37,1875	222m	26,42	66,51	BS
7	Belo Monte	-9,8352	-37,1875	158m	26,38	68,44	BS
8	Canapi	-9,2107	-37,5	361m	26,41	63,9	BS
9	São José da Tapera	-9,5229	-37,5	255m	26,8	64,52	BS
10	O.d'água do Casado	-9,5229	-37,8125	483m	26,65	64,09	BS
11	Mata Grande	-9,2107	-37,8125	454m	26,36	63,6	As
12	Pariconha	-9,2107	-38,125	233m	26,34	62,7	BS
13	Igaci	-9,5229	-36,5625	404m	25	73,39	As
14	Coruripe	-10,1474	-36,25	37m	26,06	74,95	As

Utilizou-se o modelo Penman-Monteith (PM) com os dados meteorológicos completos (Eq. 1) atendendo a recomendação da FAO, que informa a aplicabilidade do modelo para diferentes escalas de tempo e variação climática ao redor do mundo (ALLEN et al., 1998).

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900 \times U_2}{T + 273} \right) \times (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

Em que: ET_o(PM) - evapotranspiração de referência pelo método de PM, em gramado, mm d⁻¹; R_n - radiação líquida, MJ m⁻² d⁻¹; G - fluxo de calor no solo, MJ m⁻² d⁻¹; T - temperatura média do ar, °C; U₂ - velocidade média do vento a 2 m de altura, m s⁻¹; (e_s - e_a) - déficit de pressão de vapor, kPa; Δ - curva de pressão de vapor, kPa °C⁻¹; γ - constante psicrométrica, kPa °C⁻¹, e 900 - fator de conversão.

Para a substituição da UR e da R_s foram utilizados dados de temperatura. A UR é utilizada para calcular o déficit de pressão de vapor (e_s - e_a), o cálculo foi feito pelas equações 2 e 3. A R_s foi estimada através da equação 4

$$e_s = \frac{0,6108 \times \exp\left(\frac{17,27 \times T_{max}}{T_{max} + 237,3}\right) + 0,6108 \times \exp\left(\frac{17,27 \times T_{min}}{T_{min} + 237,3}\right)}{2} \quad (2)$$

$$e_a = 0,6108 \times \exp\left(\frac{17,27 \times T_{med}}{T_{min} + 237,3}\right) \quad (3)$$

$$R_s = 0,16 \times (T_{max} - T_{min})^{0,5} \times R_a \quad (4)$$

Em que: e_s - pressão de saturação de vapor, Kpa; e_a - pressão real de vapor, Kpa; R_s - Radiação Solar, $\text{MJ m}^{-2} \text{s}^{-1}$; R_a - radiação no topo da atmosfera, $\text{MJ m}^{-2} \text{s}^{-1}$; $T_{\text{máx}}$ - temperatura máxima do ar, ° C; $T_{\text{mín}}$ - temperatura mínima do ar, ° C.

Utilizou-se o modelo de Hargreaves e Samani, proposto em 1985, onde se utiliza apenas os valores das temperaturas máxima, mínima e média do ar, além da radiação no topo da atmosfera para estimar E_{To} . Dado pela equação abaixo:

$$E_{To} = a \times \frac{R_a}{2,45} \times (T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}})^b \times (T_{\text{méd}} + c) \quad (5)$$

Em que: E_{To} - Evapotranspiração, mm dia^{-1} ; $T_{\text{média}}$ - temperatura média do ar, ° C.

A análise da qualidade das calibrações foi feita através do cálculo do erro-padrão de estimativa (EPE), o índice de “d” de Willmott (d), coeficientes de determinação (R^2) e no coeficiente de confiança ou desempenho “c” introduzidos por Camargo & Sentelhas (1997).

O índice “d” é descrito em Willmott et al. (1985) e seus valores variam entre zero (nenhuma concordância) e 1 (concordância perfeita). Já o índice de desempenho “c” é descrito em Camargo & Sentelhas (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos coeficientes da equação de regressão (b_0 e b_1) e do coeficiente de determinação (R^2) para a comparação entre os dados gerados pelos modelos de PM e os métodos faltantes e equação de HS são vistas na Tabela 3. De acordo com Venancio et al. (2019) o melhor ajuste do método é observado quando os valores de B_0 tendem a 0 e os valores de B_1 tendendo a 1.

Assim, é possível observar que a os melhores ajustes foram obtidos com o uso da UR, com valores médios de B_0 de 0,43 e b_1 de 0,92. As cidades com pior ajuste (PM-UR) foram Girau do Ponciano, Major Isidoro e Belo Monte, localizada na porção central do estado, região de transição do Agreste para o Sertão. As de melhor ajuste foram as cidades de Coruripe e Igreja Nova, localizadas na região mais litorânea.

Com a falta dos dados de RS os valores possuem queda de qualidade no ajuste, demonstrado através do aumento de quase 102% na média dos valores de b_0 e redução de 11,59 dos valores de b_1 , em relação ao PM-UR. Essa queda na qualidade dos ajustes também foi seguida quando as duas variáveis (UR e RS) foram consideradas ausentes com média de 1,31 para b_0 e 0,79 para b_1 .

Apesar disso, em condições em que apenas as variáveis Temperatura foram utilizados os ajustes foram piores. A equação de HS é uma alternativa à equação de PM, em especial pela simplicidade na coleta dos dados necessários para seu cálculo, por isso, Hargreaves & Samani-HS (1985) afirmam que a equação proposta pode ser utilizada na forma original ou com o mínimo de ajustes possível. Na situação atual, recomenda-se a utilização de equações de HS ajustadas, como as desenvolvidas por Barros et al. (2019) para Alagoas, em que foi melhorar o ajuste dos coeficientes de b1, em média, de 0,76 para 0,8815, através dos ajustes dos coeficientes da equação de HS.

Mediante ao coeficiente de determinação (R^2), os modelos que apresentaram índices significativos, ficando ausência de dados da umidade relativa do ar, radiação solar, HS e ausência para umidade e radiação, com respectivas médias de 97,6%, 88,9%, 88,2% e 87,8%. Entre todos os modelos, a cidade de Coruripe apresentou os menores números e São José da Tapera os melhores. Dados similares são determinando por Barros et al. (2019) analisando HS com ênfase no modelo de PM foram altos (R^2), com média superior a 88%, tendo como valor mínimo 71,94%, para a cidade de Coruripe e o máximo de 90,84%, para São José da Tapera.

Tabela 3. Dados dos parâmetros da regressão linear b_0 e b_1 , coeficiente de determinação (R^2) para a regressão entre evapotranspiração de referência (ET_o) obtido através do método de PM comparado com os métodos de dados faltantes e Hargreaves-Samani em escala diária.

Estações	UR			RS			UR-RS			HS		
	b0	b1	R ²	b0	b1	R ²	b0	b1	R ²	b0	b1	R ²
Igreja Nova	0.37	0.94	0.98	0.84	0.73	0.86	1.22	0.67	0.83	1.38	0.72	0.84
São Brás	0.46	0.93	0.98	0.89	0.76	0.89	1.34	0.70	0.89	1.52	0.74	0.89
Arapiraca	0.53	0.92	0.98	0.76	0.79	0.88	1.28	0.71	0.88	1.45	0.75	0.89
Major I.	0.51	0.91	0.98	0.68	0.83	0.89	1.19	0.74	0.89	1.34	0.79	0.90
M. Grande	0.34	0.92	0.97	0.93	0.82	0.91	1.28	0.74	0.91	1.43	0.78	0.91
Pariconha	0.35	0.91	0.97	1.10	0.90	0.91	1.42	0.82	0.91	1.48	0.77	0.91
Igaci	0.32	0.91	0.97	0.95	0.82	0.91	1.29	0.73	0.89	1.44	0.77	0.89
Coruripe	0.25	0.93	0.97	1.01	0.81	0.91	1.71	0.73	0.90	1.45	0.77	0.90
Canapi	0.48	0.91	0.98	0.86	0.81	0.90	1.33	0.72	0.90	1.50	0.77	0.91
Girau	0,52	0,91	0,98	0,82	0,80	0,89	1,34	0,71	0,90	1,50	0,76	0,90
O. D. Flores	0,49	0,90	0,97	0,75	0,83	0,90	1,24	0,74	0,90	1,39	0,78	0,91
Belo Monte	0,52	0,91	0,98	0,82	0,80	0,89	1,34	0,71	0,90	1,50	0,76	0,90
S. J. Tapera	0,40	0,91	0,97	0,80	0,84	0,91	1,20	0,75	0,91	1,36	0,80	0,91
O. Casado	0,42	0,91	0,97	0,82	0,83	0,91	1,25	0,75	0,91	1,40	0,79	0,91

Analisando a estimativas dos valores, obtidas através de equações de regressão forçadas pela origem (Figura 2), observa-se que o uso de HS tende a superestimar a ET_o (PM), em média 4%, na maioria das cidades analisadas, com exceção de Igreja, em que ocorre subestimativa, de 0,91%. A variável Radiação Solar (Rs), quando ausente, proporcionou reação oposta nas cidades, gerando valores de ET_o em sua maioria subestimados, chegando a atingir 10,41% na

cidade de Igreja Nova, a única cidade com valores superestimados, foi a cidade de Pariconha (9,66%), essa mesma análise serve para a ausência dos valores de UR-RS. Quando ocorre ausência de apenas UR, o cálculo da ETo possui comportamento variável em relação às cidades, apesar de serem os menores erros (de -2,99 a 2,36%).

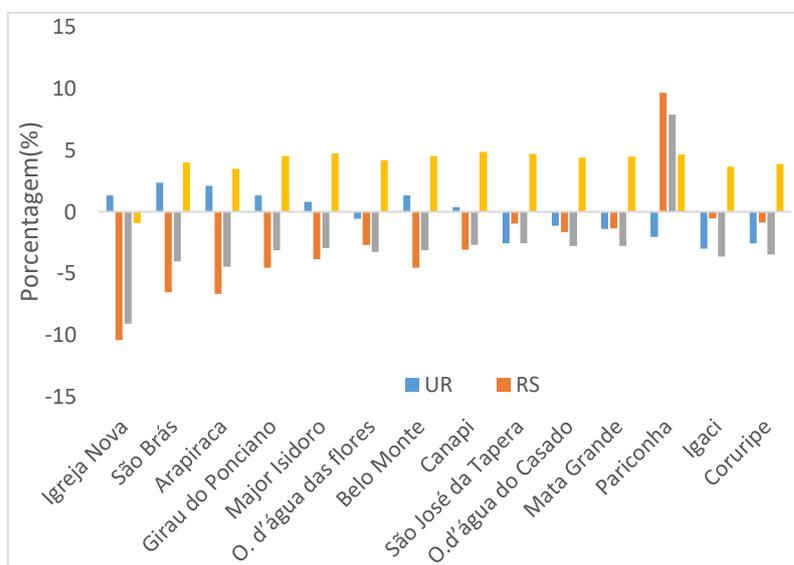


Figura 2. Porcentagem dos erros de super ou subestimativa do cálculo de ETo através dos modelos de Penman-Monteith com dados faltantes de Umidade Relativa (UR); Radiação Solar (RS), Umidade Relativa e Radiação Solar (UR-RS) e o modelo de Hargreaves-Samani em relação ao modelo Penman-Monteith para as cidades estudadas.

Os valores de erro padrão da estimativa (EPE) podem ser vistos na Figura 3. A ausência da UR foi a variável que menos influenciou a estimativa da ETo, seus erros (EPE) foram em média menores do que os erros encontrados nos outros tratamentos. O EPE com ausência de UR foi em média $0,290 \text{ mm dia}^{-1}$, o menor erro ficou com a cidade de Igreja Nova com $0,25 \text{ mm dia}^{-1}$ e o maior com a cidade de Igaci, apesar das cidades possuírem respectivamente as maiores e menores médias de UR, não é possível observar esse padrão para as outras cidades. Sentelhas et al. (2010) encontraram uma correlação aceitável entre a ETo estimada com dados completos e com a pressão de saturação de vapor, estimada pela temperatura, quando ocorre falta de dados de UR. Alencar et al. (2011) observou que a variável UR foi a segunda que mais sensível na estimativa da ETo na cidade de Uberaba, logo após temperatura máxima os autores ainda afirmam que um aumento nesses elementos climáticos acarreta uma redução da ETo.

Quando há ausência de RS, o maior EPE ficou restrito a cidade de Igreja Nova ($0,76 \text{ mm dia}^{-1}$) e o menor erro com a cidade de Coruripe. Com o modelo de PM - UR e RS, a média foi de $0,64 \text{ mm dia}^{-1}$, os piores valores ficaram com as cidades de Coruripe ($0,887 \text{ mm dia}^{-1}$) e Igreja Nova ($0,792 \text{ mm dia}^{-1}$), o mesmo repetiu como o modelo de HS onde Coruripe ficou com o pior valor $0,878 \text{ mm dia}^{-1}$, e a média de $0,672 \text{ mm dia}^{-1}$. As cidades com classificação de clima As apresentaram maiores valores EPE, em outras palavras, esse comportamento pode

estar relacionado com desequilíbrio de pluviosidade, onde nessas regiões chove muito mais no inverno do que no verão. Como descrito por Hargreaves & Samani (1985), o maior erro da cidade de Coruripe pode ter relação com a localização litorânea, espera-se que este método superestime a ETo em climas úmidos, sendo dessa forma o modelo menos eficiente.

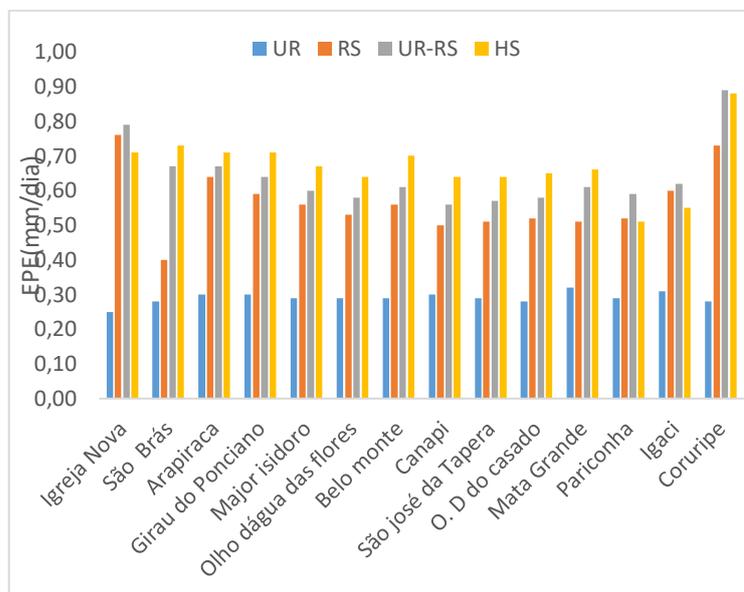


Figura 3. Erro Padrão da Estimativa (EPE) do cálculo de ETo através dos modelos de Penman-Monteith com dados faltantes de Umidade Relativa (UR); Radiação Solar (RS), Umidade Relativa e Radiação Solar (UR-RS) e o modelo de Hargreaves-Samani em relação ao modelo Penman-Monteith para as cidades estudadas.

A avaliação do índice de qualidade das estimativas através dos valores de “d” de Willmott (d) (Tabela 4), com UR todas as cidades indicaram valores (0,99) próximos a 1, mostrando o quão bom o modelo estima o afastamento dos dados da média observada Willmott (1981). No entanto, de forma similar foram os valores das cidades com PM-RS, sendo o maior valor com a cidade de Coruripe (0,992) e o menor com a cidade de Igreja Nova (0,933). Tanto no modelo de UR e RS e de HS, a cidade com o menor valor foi Coruripe com 0,90 para respectivos casos. As demais cidades obtiveram valores consideráveis, ficando com a média em 0,95 para ambos modelos. Esse comportamento pode ser justificado pela quantidade de dados ausentes, ou seja, quanto mais dados ausentes houver menor será os valores de “d”, implicando em maior afastamento da média de ETo.

Os valores “c” foram identificados como “ótimo” quando usou o modelo UR em todas as cidades, demonstrando o potencial do uso do modelo quando houver ausência de umidade relativa. Com o modelo de RS às maiorias das cidades foram identificadas como “ótimo”, exceto Igreja Nova, São Brás, Arapiraca, Igaci e Coruripe que obtiveram classificação “muito bom”. Com o UR e RS, todas as cidades com o clima de BS e G. do Ponciano obtiveram desempenho “ótimo”, as demais cidades obtiveram desempenho “muito bom”, a exceção da cidade de Coruripe com desempenho “Mediano”. Com o modelo de HS, todas as cidades com

o clima de BS e exceto M. Isidoro obtiveram desempenho "ótimo", as demais cidades desempenho "muito bom", com exceção da cidade de Coruripe com desempenho "Mediano". Barros et al. (2019) estimando a evapotranspiração de referência por Hargreaves-Samani com ajustando os parâmetros para Alagoas, constatou que todas as cidades analisadas tanto de clima BS e As foram classificadas como "ótima", exceto Coruripe ("bom"), enaltecendo o uso do modelo com a ajuste de parâmetros.

O melhor modelo é o de Penman-Monteith com ausência de umidade relativa (UR), que apresentou os maiores índices de "d" de Willmott, coeficiente de confiança "c" e coeficiente de determinação (R^2), e o menor erro-padrão de estimativa (EPE). O mesmo foi descrito por Sentelhas et al. (2010), Alencar et al. (2011) onde verificaram que o método de Penman-Monteith, na ausência de dados de umidade relativa, apresentou os melhores resultados para as localidades analisadas.

Tabela 3. Análise da qualidade das calibrações através do cálculo do erro-padrão de estimativa (EPE), o índice de "d" de Willmott (d), e no coeficiente de confiança ou desempenho "c".

	UR		RS		UR e Rs		HS		Classificação
	d	c	d	c	d	c	d	c	
Igreja Nova	0.99	0.98	0.93	0.8	0.92	0.76	0.94	0.79	O/MB/MB/MB
São Brás	0.99	0.98	0.96	0.85	0.95	0.84	0.94	0.84	O/MB/MB/MB
Arapiraca	0.99	0.97	0.96	0.84	0.95	0.83	0.95	0.84	O/MB/MB/MB
Girau do Ponciano	0.99	0.97	0.96	0.86	0.95	0.86	0.95	0.85	O/O/O/MB
Major isidoro	0.99	0.97	0.97	0.86	0.96	0.89	0.95	0.85	O/O/O/MB
Olho d'água das flores	0.99	0.96	0.97	0.87	0.96	0.87	0.95	0.86	O/O/O/O
Belo monte	0.99	0.97	0.97	0.87	0.96	0.87	0.95	0.86	O/O/O/O
Canapi	0.99	0.96	0.97	0.88	0.96	0.87	0.95	0.86	O/O/O/O
São José da Tapera	0.99	0.96	0.97	0.88	0.96	0.87	0.95	0.87	O/O/O/O
O. D do casado	0.99	0.97	0.97	0.88	0.96	0.87	0.95	0.86	O/O/O/O
Mata Grande	0.99	0.96	0.97	0.88	0.95	0.85	0.95	0.84	O/O/MB/MB
Pariconha	0.99	0.96	0.97	0.88	0.96	0.86	0.97	0.87	O/O/O/O
Igaci	0.99	0.97	0.96	0.85	0.96	0.85	0.97	0.86	O/MB/MB/O
Coruripe	0.99	0.96	0.99	0.79	0.9	0.63	0.9	0.65	O/MB/ME/ME

CONCLUSÕES

A adoção de metodologia de PM, com a ausência de dados faltantes, demonstrou melhores resultados para UR, HS demonstrou o pior desempenho, seguido pelo método na ausência de UR-RS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, L. P.; DELGADO, R. C.; ALMEIDA, T. S.; WANDERLEY, H. S. Comparação de diferentes métodos de estimativa diária da evapotranspiração de referência para a região de Uberaba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.2, p.337-343, 2011.
- ALLEN, R. G. PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. **Irrigation and Drainage Paper 56**. p. 300, 1998.
- BARROS, A. C.; SILVA, F. F.; ARAUJO, P. H. V.; MEDEIROS, P.R.F.; LELIS NETO, J. A. Estimativa diária da ETo por Hargreaves-Samani e ajuste de parâmetros para o estado de Alagoas. **Irriga** (UNESP Botucatu), v. 24, p. 527-537, 2019.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, v. 59, n. 2, p. 125-137, 2000.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Rev. Bras. Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- EMBRAPA. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 211**. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892; 211) Recife, PE 2012.
- HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature. **Journal of Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v.1, n.2, p.96-99, 1985.
- LIMA, P. E. **Evapotranspiração de referência de Penman-Monteith, padrão FAO (1998), a partir de temperaturas máximas e mínimas de Minas Gerais**. 2005. 66p. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- RAVAZZANI, G., CORBARI, C., MORELLA, S., GIANOLI, P., & MANCINI, M. Modified Hargreaves-Samani equation for the assessment of reference evapotranspiration in Alpine river basins. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 138, n. 7, p. 592- 599, 2011.
- SENTELHAS, P. C., T. J. GILLESPIE, E. A. SANTOS. "Evaluation of FAO Penman-Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada." **Agricultural water management 97**. 5 (2010): 635-644.
- VENANCIO, L. P.; CUNHA, F. F.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; EUGENIO, F. C.; ALEMAN, C. C. Penman-Monteith with missing data and Hargreaves-Samani for ETo

estimation in Espírito Santo state, **Brazil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande. v. 23, n. 3, p. 153-159, 2019.

WILLMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, 1985.