

XII-105 - COMPARAÇÃO DOS DIFERENTES MÉTODOS DE CÁLCULO DA TAXA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA, PARA O ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Pedro Freitas Ferreira ⁽¹⁾

Acadêmico do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Daniel Gustavo Allasia Piccilli

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA)/UFSM.

Denise Ester Ceconi

Pós-Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Professora Substituta do DESA/UFSM.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Heitor Campos, 30, ap. 302 – Bairro Medianeira – Santa Maria - RS - CEP: 97060290-Brasil - Tel.: (55) 99855124 - e-mail: pedroferreira.esa@gmail.com

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo comparar diferentes metodologias de estimativa da taxa de evapotranspiração de referência para o estado do Rio Grande do Sul, com o intuito de demonstrar as melhores e, conseqüentemente, as mais aptas a substituir o método padrão (Penman-Monteith) que possui a limitação de requerer muitos dados para sua estimativa. Os métodos estudados foram: Hargreaves-Samani, Priestley-Taylor, Camargo, Mccloud, McGuinness-Bordne, Romanenko, Radiação-Temperatura e Tanner-Pelton. A comparação dos resultados em relação ao método padrão de Penman-Monteith foi realizada através de índices estatísticos: Coeficiente de Correlação de Pearson (R), Erro Padrão de Estimativa (EPE), Índice de Concordância (D), Coeficiente de Confiança (C). O resultado mostra uma tendência semelhante para a maioria dos municípios, sendo que o método que mais se aproxima do resultado obtido pela metodologia padrão foi o da Radiação-Temperatura, enquanto que o mais distante foi o de Priestley-Taylor, salvo algumas exceções como os municípios de Passo Fundo, Rio Grande e Torres.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração, Penman-Monteith, Métodos.

INTRODUÇÃO

A combinação de dois processos separados, por um lado a água perdida da superfície do solo por evaporação e por outro lado a água perdida pelas culturas através da transpiração é chamada de evapotranspiração (EVT) (ALLEN et al., 1998).

A taxa de evapotranspiração é de grande importância na determinação da necessidade de água das culturas e, com isso, torna-se um parâmetro imprescindível para o planejamento e gestão hídrica de uma região. Como seu cálculo é trabalhoso, torna-se inviável calcular a EVT para cada espécie da flora de uma região, em função disso, se trabalha com a taxa de evapotranspiração de referência (ETO), que corresponde à EVT de uma grama hipotética com uma altura de 12 cm sem limitações de água.

Como a medida da ETO é custosa, realizada em lisímetros, e, em geral, não se dispõem de informações medidas, seu cálculo é normalmente realizado por equações ajustadas em diversos locais do mundo. A equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) é amplamente recomendada pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (ONUAA – no entanto, mais conhecida como FAO, sigla de Food and Agriculture Organization) como o método com a estimativa mais precisa da ETO.

No entanto, esta metodologia requer muitas informações hidroclimáticas para sua estimativa, que nem sempre estão disponíveis. Nesse sentido, existem outros modelos de estimativa da ETO, que, no entanto, não são normalmente empregados devido às incertezas quanto ao seu ajuste em regiões diferentes daquelas em que inicialmente foram concebidos. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi comparar e avaliar o grau de

exatidão de alguns desses modelos, quando comparados ao método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) para o estado do Rio Grande do Sul, no período de 1º de Janeiro de 2010 até 1º de Janeiro de 2014.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados hidrometeorológicos foram obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), onde selecionou-se os municípios que possuíam dados históricos de suas estações, sendo estes apresentados na figura 1.

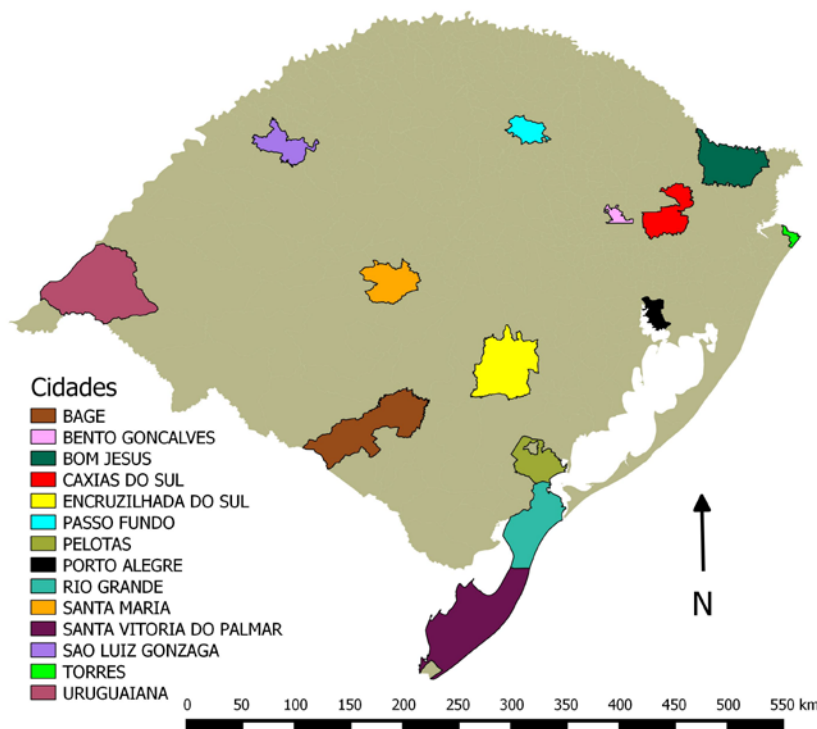


Figura 1: municípios do estado do Rio Grande do Sul com dados hidrometeorológicos

Com o auxílio de uma planilha de cálculo e possuindo esses parâmetros climáticos, foi possível calcular as taxas de evapotranspiração de referência baseado nas fórmulas de: Penman-Monteith (conforme descrito na publicação FAO56, ALLEN et al., 1998), Hargreaves-Samani (ALLEN et al., 1998), Priestley-Taylor (PRIESTLEY; TAYLOR, 1972), Camargo (CAMARGO, 1971), Mccloud (JACOBS e SATTI, 2001) McGuiness-Bordne, Romanenko e Radiação-Temperatura (OUDIN et al., 2005) e Tanner-Pelton (BERLATO; MOLION, 1981).

Posteriormente estimaram-se os parâmetros estatísticos relacionados: Coeficiente de correlação de Pearson (R) (COHEN, 1988), Índice de concordância (D) (WILLMOTT et al., 1985) e Coeficiente de confiança (C) (equação 1), além do Erro Padrão de Estimativa (EPE) para a comparação dos resultados entre Penman-Monteith e cada uma das metodologias.

$$C = R * D \quad \text{equação (1)}$$

Sendo C, R e D os coeficientes de confiança, correlação de Pearson e índice de concordância, respectivamente.

O coeficiente C, proposto por Camargo e Sentelhas (1997) é calculado para cada um dos métodos avaliados e as classificações são mostradas na tabela 1.

Tabela 1: classificação segundo o (C) calculado

Ótimo	$C > 0,85$
Muito bom	$0,76 < C < 0,85$
Bom	$0,66 < C < 0,75$
Mediano	$0,61 < C < 0,65$
Sufrível	$0,51 < C < 0,60$
Mau	$0,41 < C < 0,50$
Péssimo	$C < 0,40$

Por outro lado, para o caso do EPE, Allen et al. (1989) indicam que o melhor método para estimativa da ETO em comparação com o método padrão é aquele que apresentar o menor valor de EPE.

Na Tabela 2 encontram-se listados os métodos e abreviações utilizadas neste trabalho, com suas respectivas fontes bibliográficas, e ainda o dados necessários para o calculo.

Tabela 2: métodos e respectivos dados necessários para sua utilização

Método	Abreviação	Fonte bibliográfica	Dados necessários
Penman-Monteith	PM	(ALLEN et al., 1998)	S, RN, G, γ , t, U2, eS, e
Hargreaves-Samani;	H	(ALLEN et al., 1998)	R_o (mm/dia), tmax, tmin, t
Priestley-Taylor	PT	(PRIESTLEY; TAYLOR, 1972)	S, γ , RN, G
Camargo	C	(CAMARGO, 1971)	R_o (mm/dia), t
Mccloud	M	(JACOBS e SATTI, 2001)	t
McGuinness-Bordne	MB	(OUDIN et al., 2005)	R0, λ , t
Romanenko	R	(OUDIN et al., 2005)	t, eS, e
Radiação-Temperatura	RT	(OUDIN et al., 2005)	λ , RG, tmax
Tanner-Pelton	TP	(BERLATO; MOLION, 1981)	RN

Onde: S = declividade da curva de pressão (kPa °C⁻¹); RN = saldo de radiação (MJ m⁻² dia⁻¹); G = fluxo de calor (MJ m⁻² dia⁻¹); γ = constante psicrométrica (kPa °C⁻¹); t = temperatura média (°C); U2 = velocidade do vento (m s⁻¹); eS = pressão de saturação de vapor (hPa); e = pressão de vapor (hPa); R_o mm/dia = radiação extraterrestre (mm dia⁻¹); tmax = temperatura máxima (°C); tmin = temperatura mínima (°C); λ = calor latente de vaporização (MJ kg⁻¹); RG = radiação global (MJ m⁻² dia⁻¹); R0 = radiação extraterrestre (MJ m⁻² dia⁻¹).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta as evapotranspirações médias (mm.dia⁻¹) calculadas para os municípios selecionados no RS, conforme as diferentes metodologias avaliadas. A Tabela 4 apresenta o desempenho estatístico, das diferentes metodologias usadas para o cálculo da evapotranspiração, em relação ao método de Penman-Monteith. Segundo o coeficiente de confiança (C), em comparação com o padrão para o estado do RS, Hargreaves-Samani e Radiação-Temperatura foram os únicos métodos a apresentar resultados “ótimos” para todas as cidades analisadas, seguidos por Camargo e Tanner-Pelton que tiveram seus resultados variando entre “ótimo”, “muito bom” e “bom”. Enquanto que os demais métodos apresentaram resultados menos satisfatórios para pelo menos uma das cidades, pois Priestley-Taylor, Mccloud, McGuinness-Bordne e Romanenko chegaram a apresentar resultados “sofríveis” e “mau”.

Dentre todos esses considerados “ótimos”, então para a escolha da melhor metodologia foi levado em conta a análise do EPE. Radiação temperatura apresentou o menor EPE na maioria das cidades sendo assim a melhor metodologia, com exceção de Passo Fundo e Rio Grande que apresentaram a formula de Hargreaves-Samani como sendo a melhor. Enquanto que a pior metodologia foi a de Priestley-Taylor, com exceção de Rio Grande e Torres que apresentaram McGuinness-Bordne como sendo a pior.

A análise da figura 2 mostra o desempenho geral dos métodos em relação ao método de Penman-Monteith. No eixo vertical estão os valores referentes a faixa de variação, onde os valores acima de zero estão superestimados enquanto que os abaixo de zero são valores subestimados. Percebe-se que para Radiação Temperatura esses valores encontram-se com uma pequena variação, sendo o erro máximo 12,6% e o mínimo 1,2%, o que confirma esse método como o melhor para cálculo da Evapotranspiração em relação do método padrão. Essa figura confirma também o método de Priestley-Taylor como sendo o pior, pois tem seu erro na faixa de 49.1% até 81.4%.

É válido ressaltar como alternativas para o cálculo da evapotranspiração: Hargreaves-Samani e Camargo, que apresentaram erros menores que 25%.

Tabela 3 - Evapotranspirações médias (mm dia⁻¹) de cada município do estado do RS, conforme as diferentes metodologias de estimativa.

Municípios	PM	H	PT	C	M	MB	R	RT	TP
Bagé	3.24	3.59	5.12	2.76	2.93	4.63	3.87	3.02	4.16
Bento Gonçalves	2.95	3.41	5.07	2.58	2.60	4.57	3.21	2.79	4.13
Bom Jesus	2.90	3.37	5.26	2.23	2.03	4.20	2.49	2.71	4.30
Caxias do Sul	2.82	3.25	4.91	2.54	2.54	4.52	3.13	2.60	4.00
Encruzilhada do Sul	2.87	3.56	5.15	2.77	2.90	4.67	3.52	2.98	4.19
Passo Fundo	3.47	3.72	5.36	2.76	2.84	4.75	3.82	3.15	4.37
Pelotas	2.83	3.38	4.96	2.75	2.92	4.64	2.60	2.78	4.02
Porto Alegre	3.25	3.75	5.21	3.26	3.80	5.13	3.70	3.21	4.23
Rio Grande	2.77	3.05	4.50	2.79	2.99	4.68	3.05	2.42	3.64
Santa Maria	3.22	3.85	5.42	3.16	3.60	5.03	3.43	3.34	4.40
Santa Vitoria do Palmar	2.77	3.14	4.67	2.55	2.63	4.42	2.80	2.52	3.78
São Luiz Gonzaga	3.73	4.12	5.56	3.42	4.10	5.28	4.72	3.65	4.53
Torres	2.52	3.01	4.52	2.90	3.10	4.88	2.38	2.37	3.65
Uruguaiana	3.42	4.00	5.40	3.16	3.60	5.02	4.89	3.50	4.39

Tabela 4 - Desempenho estatístico, das diferentes metodologias usadas para o cálculo da evapotranspiração, em relação à metodologia padrão de Penman-Monteith

Município	Índice	H	PT	C	M	MB	R	RT	TP
Bagé	(R)	0.97	0.94	0.86	0.75	0.90	0.87	0.96	0.94
	(EPE)	0.55	2.14	1.02	1.30	1.73	1.20	0.50	1.16
	(D)	0.97	0.76	0.90	0.85	0.81	0.89	0.98	0.90
	(C)	0.94	0.72	0.77	0.63	0.73	0.77	0.94	0.85
	Resultado	Ótimo	Bom	Muito bom	Mediano	Bom	Muito bom	Ótimo	Ótimo
Bento Gonçalves	(R)	0.97	0.93	0.86	0.77	0.88	0.75	0.97	0.93
	(EPE)	0.59	2.36	0.82	0.99	1.89	1.36	0.41	1.40
	(D)	0.96	0.66	0.91	0.86	0.72	0.82	0.98	0.82
	(C)	0.93	0.61	0.78	0.66	0.64	0.62	0.95	0.76
	Resultado	Ótimo	Mediano	Muito bom	Bom	Mediano	Mediano	Ótimo	Muito bom
Bom Jesus	(R)	0.97	0.92	0.85	0.75	0.86	0.79	0.97	0.92
	(EPE)	0.58	2.59	0.96	1.23	1.60	1.00	0.39	1.60
	(D)	0.95	0.61	0.84	0.73	0.76	0.86	0.98	0.77
	(C)	0.92	0.56	0.72	0.54	0.66	0.68	0.95	0.72
	Resultado	Ótimo	Sofrível	Bom	Sofrível	Bom	Bom	Ótimo	Bom
Caxias do Sul	(R)	0.97	0.93	0.87	0.77	0.89	0.72	0.97	0.93
	(EPE)	0.55	2.32	0.74	0.95	1.95	1.40	0.40	1.38
	(D)	0.96	0.65	0.92	0.86	0.70	0.79	0.98	0.81
	(C)	0.94	0.61	0.80	0.66	0.62	0.56	0.95	0.76
	Resultado	Ótimo	Mediano	Muito bom	Bom	Mediano	Sofrível	Ótimo	Muito bom
Encruzilhada do Sul	(R)	0.99	0.98	0.90	0.78	0.94	0.73	0.98	0.98
	(EPE)	0.78	2.50	0.71	1.10	2.01	1.53	0.43	1.47
	(D)	0.94	0.69	0.94	0.87	0.74	0.78	0.98	0.84
	(C)	0.93	0.67	0.85	0.67	0.70	0.57	0.96	0.82
	Resultado	Ótimo	Bom	Ótimo	Bom	Bom	Sofrível	Ótimo	Muito bom
Continuação Tabela 4...									
Município	Índice	H	PT	C	M	MB	R	RT	TP

Passo Fundo	(R)	0.96	0.91	0.82	0.76	0.85	0.86	0.96	0.91
	(EPE)	0.54	2.14	1.18	1.24	1.65	1.18	0.56	1.19
	(D)	0.97	0.74	0.85	0.82	0.80	0.90	0.97	0.89
	(C)	0.93	0.67	0.70	0.63	0.68	0.77	0.93	0.81
	Resultado	Ótimo	Bom	Bom	Mediano	Bom	Muito bom	Ótimo	Muito bom
Pelotas	(R)	0.96	0.94	0.84	0.72	0.90	0.82	0.94	0.94
	(EPE)	0.70	2.37	0.88	1.21	2.11	0.86	0.49	1.39
	(D)	0.94	0.67	0.91	0.82	0.70	0.90	0.97	0.83
	(C)	0.90	0.63	0.76	0.59	0.62	0.74	0.91	0.78
	Resultado	Ótimo	Mediano	Muito bom	Sufrível	Mediano	Bom	Ótimo	Muito bom
Porto Alegre	(R)	0.97	0.96	0.88	0.78	0.91	0.86	0.96	0.96
	(EPE)	0.64	2.16	0.86	1.48	2.13	1.09	0.47	1.15
	(D)	0.96	0.75	0.93	0.83	0.74	0.90	0.98	0.90
	(C)	0.94	0.72	0.82	0.65	0.67	0.78	0.94	0.86
	Resultado	Ótimo	Bom	Muito bom	Mediano	Bom	Muito bom	Ótimo	Ótimo
Rio Grande	(R)	0.95	0.94	0.84	0.72	0.89	0.80	0.93	0.94
	(EPE)	0.52	1.95	0.89	1.26	2.21	0.96	0.60	1.08
	(D)	0.96	0.72	0.90	0.81	0.67	0.87	0.94	0.87
	(C)	0.91	0.67	0.76	0.58	0.60	0.70	0.88	0.82
	Resultado	Ótimo	Bom	Muito bom	Sufrível	Sufrível	Bom	Ótimo	Muito bom
Santa Maria	(R)	0.97	0.94	0.88	0.78	0.90	0.87	0.96	0.94
	(EPE)	0.79	2.42	0.88	1.45	2.07	1.15	0.54	1.39
	(D)	0.95	0.71	0.93	0.84	0.75	0.90	0.97	0.86
	(C)	0.91	0.67	0.82	0.66	0.68	0.78	0.93	0.81
	Resultado	Ótimo	Bom	Muito bom	Bom	Bom	Muito bom	Ótimo	Muito bom
Santa Vitoria do Palmar	(R)	0.96	0.95	0.85	0.73	0.90	0.86	0.94	0.95
	(EPE)	0.58	2.17	0.84	1.13	1.96	0.78	0.54	1.24
	(D)	0.96	0.72	0.91	0.84	0.74	0.92	0.96	0.87
	(C)	0.92	0.68	0.78	0.61	0.66	0.79	0.91	0.82
	Resultado	Ótimo	Bom	Muito bom	Mediano	Bom	Muito bom	Ótimo	Muito bom
São Luiz Gonzaga	(R)	0.97	0.92	0.86	0.78	0.88	0.86	0.97	0.92
	(EPE)	0.61	2.10	1.01	1.56	1.89	1.85	0.47	1.12
	(D)	0.97	0.78	0.92	0.84	0.79	0.83	0.98	0.91
	(C)	0.94	0.71	0.79	0.66	0.70	0.71	0.95	0.84
	Resultado	Ótimo	Bom	Muito bom	Bom	Bom	Bom	Ótimo	Muito bom
Torres	(R)	0.95	0.94	0.81	0.69	0.86	0.64	0.93	0.94
	(EPE)	0.61	2.17	0.98	1.22	2.63	1.03	0.41	1.28
	(D)	0.92	0.59	0.84	0.74	0.50	0.77	0.96	0.77
	(C)	0.87	0.55	0.68	0.50	0.43	0.49	0.89	0.72
	Resultado	Ótimo	Sufrível	Bom	Mau	Mau	Mau	Ótimo	Bom
Uruguaiana	(R)	0.97	0.95	0.89	0.79	0.92	0.82	0.96	0.95
	(EPE)	0.73	2.20	0.89	1.39	1.89	2.15	0.52	1.17
	(D)	0.95	0.75	0.93	0.86	0.79	0.75	0.98	0.90
	(C)	0.93	0.71	0.83	0.68	0.72	0.61	0.94	0.85
	Resultado	Ótimo	Bom	Muito bom	Bom	Bom	Mediano	Ótimo	Ótimo

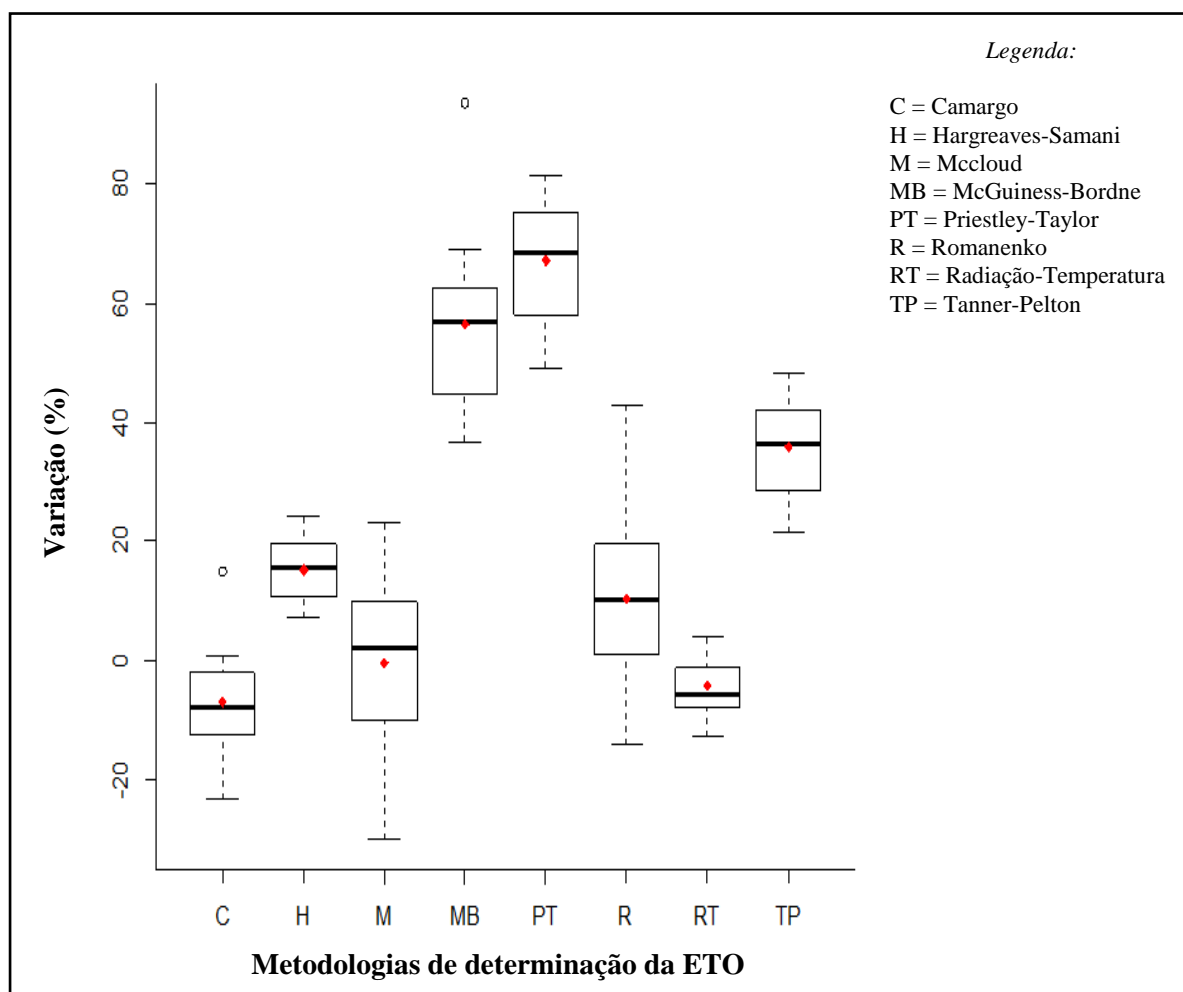


Figura 2: desempenho geral dos métodos em relação ao método de Penman-Monteith.

A metodologia da **Radiação-Temperatura** além de ter sido a melhor ainda apresenta uma facilidade pois necessita de poucos dados para o cálculo de ETO, sendo estes: temperatura máxima, calor latente de vaporização e radiação global.

Já o método de **Camargo**, utiliza dados de radiação extraterrestre e Temperatura média, e funciona eficazmente para regiões de clima tropical e equatorial úmidos, por isso normalmente subestima a evapotranspiração em condições um pouco mais seco. Ao ser aplicado para o clima mais seco (subtropical) do RS seguiu essa tendência de subestimar o resultado, porém ainda apresentando uma variação máxima menor que 25% em relação ao método padrão. O mesmo se pode dizer sobre o método de **Hargreaves-Samani**: Método empírico, desenvolvido para a região de clima seco, baseado na temperatura média do ar, na amplitude térmica e radiação extraterrestre. A sua limitação de uso é apresentar superestimava em climas úmidos, porém essa superestimava para o clima do RS teve uma variação máxima menor que 25%, assim como o de Camargo.

Duas metodologias utilizam somente uma variável climática em sua fórmula, sendo assim a forma mais simples para calcular ETO: **Mccloud** utiliza apenas Temperatura média, enquanto que **Tanner-Pelton** necessita do saldo de radiação. Porém ambas não foram muito satisfatórias para o RS. Enquanto na equação de **Romanenko** utiliza-se a pressão de saturação de vapor, pressão de vapor e temperatura média, a equação de **McGuinness-Bordne** é baseada na radiação extraterrestre, calor latente de vaporização e Temperatura média.

O método que mais se afastou da metodologia padrão foi o método de **Priestley-Taylor**. Este método utiliza a declividade da curva de pressão, constante psicrométrica, saldo de radiação e fluxo de calor e ainda leva em consideração uma constante de correção empírica adotada pelos pesquisadores como sendo $\alpha = 1.26$ para a

região onde desenvolveu-se o método. Seu mal desempenho no RS mostra a necessidade de se ajustar essa constante para a realidade deste estado.

CONCLUSÕES

O método de **Penman-Monteith** necessita de muitas variáveis climáticas para seu cálculo que nem sempre estão disponíveis, tais como radiação líquida, densidade do fluxo de calor do solo, temperatura do ar média diária a 2 m de altura, velocidade do vento a 2 m de altura, pressão do vapor de saturação, pressão do vapor atual, déficit de pressão do vapor de saturação. Por isso a necessidade de se estudar formas alternativas, com menos requerimentos de dados para calcular as taxas de evapotranspiração para um local.

O resultado mostra uma tendência para a maioria dos municípios, sendo que o método que melhor se compara com o método de Penman-Monteith foi o da Radiação-Temperatura, enquanto que o de maiores diferenças foi o de Priestley-Taylor, salvo algumas exceções como os municípios de Passo Fundo, Rio Grande e Torres.

O estudo confirmou a compatibilidade de algumas fórmulas para o cálculo de evapotranspiração de referência, para o RS. Logo não se descarta o uso delas dependendo da precisão requerida, quando houver a falta de parâmetros climáticos necessários para a aplicação do método padrão. Então recomenda-se como alternativa, principalmente os métodos da Radiação-Temperatura, Hargreaves-Samani e Camargo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLEN, R. G.; et al. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
2. ALLEN, R. G.; et al. Operational estimates of reference evapotranspiration. Agronomy Journal, Madison, v.81, n.4, p.650-662, 1989.
3. BERLATO, M. A.; MOLION, L. C. B. Evaporação e evapotranspiração. Porto Alegre: IPAGRO/Secretaria de Agricultura, 1981. 95 p. (Boletim Técnico, 7).
4. CAMARGO, A. P. Balanço hídrico no estado de São Paulo. 3. ed. Campinas: IAC, 1971. 24p. (Boletim, n. 116).
5. CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.
6. COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1988. 569 p.
7. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Banco de dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em 20 de agosto 2014.
8. JACOBS, J. M.; SATTI, S. R. Evaluation of reference evapotranspiration methodologies and AFSIRS crop water use simulation model (Final Report). Gainesville: Department of Civil and Coastal Engineering, University of Florida, 2001. 114p
9. OUDIN, L.; MICHEL, C.; ANCTIL, F. Which potential evapotranspiration input for a lumped rainfall-runoff model Part 1—Can rainfallrunoff runoff models effectively handle detailed potential evapotranspiration inputs? Journal of Hydrology, Amsterdam, v.303, n.1-4, p.290-306, 2005.
10. PRIESTLEY, C. H. B.; TAYLOR, R. J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. Monthly Weather Review, Boston, v.100, n.2, p.81-92, 1972.
11. WILLMOT, C. J.; et al. Statistics for the evaluation and comparison of models. Journal of Geophysical Research, Ottawa, v.90, n.5, 1985.