



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros **Comparação dos métodos de estimativa de ETP para o RS**



*Larissa Silva Braga*¹; *Santiago Vianna Cuadra*²; *Luciana Barros Pinto*³

¹Bacharelado em Meteorologia, UFPel, Fone: (53)9158-6588, larissinhbraga@gmail.com

²Meteorologista, Pesquisador, Embrapa Clima Temperado – Embrapa - RS

³Meteorologista, Professora, UFPel, Pelotas

RESUMO: O Estado do Rio Grande do Sul (RS) apresenta, em termos médios anuais, a precipitação pluviométrica superior a evapotranspiração potencial (ETP), com um regime pluviométrico bem distribuído ao longo do ano. Entretanto, em termos sazonais, em grande parte do Estado, observam-se valores negativos da diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial, o que representa um déficit hídrico nessa região, principalmente nos meses de verão. Dessa forma, a estimativas de ETP são de extrema importância, por exemplo, para o planejamento das atividades agrícolas. O presente trabalho apresenta os resultados das comparações entre as estimas da ETP de diferentes modelos com os resultados obtidos pelo método de Penman-Monteith (padrão indicado pela FAO) sobre o RS. Foram utilizados onze métodos para estimar a ETP mensal, no período de 1975 a 2004, sendo eles: Thorthwaite, Romanenko, Turc, Thorthwaite e Camargo (Th&CM), Linacre, Camargo, Jensen-Haise, Hargreaves e Samani, Penman, Priestley-Taylor e Penman-Monteith (PM), onde cada método é função de um conjunto diferente de variáveis. Foi considerado como indicador de desempenho o Erro Médio Absoluto (EMA), obtido entre os diversos métodos e o de PM, para seis municípios do RS, distribuídos de forma a considera os diversos padrões climáticos do estado, sendo eles: Bom Jesus, Iraí, Pelotas, Santa Maria, São Luiz Gonzaga e Uruguaiana. Em geral, os desvios foram de aproximadamente 22,98%, com desvios variando entre 5,86% e 144,26%. O método de Thorthwaite e Camargo foi o que apresentou menor EMA médio (8,21%) e, o que apresentou maior EMA médio foi o de Priestley-Taylor. Em relação às diferentes localidades estudadas, o método que mais se aproximou do PM foi o método de Thorthwaite e Camargo apresentando um melhor desempenho em quatro de seis estações, o que simplifica a estimativa de ETP para as localidades estudadas uma vez que o método de Th&CM depende apenas a temperatura efetiva (função apenas das temperaturas mínimas e máximas), expressando a amplitude térmica, do local.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração potencial, Rio Grande do Sul.

Comparison of ETP estimation methods for RS

SUMMARY: The State of Rio Grande do Sul (RS) presents in annual average terms, the rainfall exceeds Potential Evapotranspiration (PET), with rainfall well distributed throughout the year. However, in seasonal terms, in most of the state, there are negative values of the difference between precipitation and potential evapotranspiration, which means a water deficit in the region, especially in the summer time. This paper presents the results of comparisons between the estimations of Potential Evapotranspiration (PET) of different models with the results obtained by the Penman-Monteith' method (pattern indicated by the FAO) in Rio Grande do Sul, Brazil. Eleven methods were used to estimate the Potential Evapotranspiration (PET) monthly from 1975 to 2004, which are: Thorthwaite, Romanenko, Turc, Thorthwaite and Camargo (Th & C), Linacre, Camargo, Jensen-Haise, Hargreaves and Samani, Penman, Priestley-Taylor and Penman-Monteith (PM), where each method is a function of a different set of variables. It was considered as a performance indicator the Mean Absolute Error (MAE) obtained between the various methods and the (PM) for six municipalities in the RS, distributed in order to consider the various climatic state standards, such as: Bom Jesus, Iraí, Pelotas, Santa Maria, São Luiz



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Gonzaga and Uruguaiana. In general, the deviations were approximately 22.98%, with deviations ranging between 5.86% and 144.26%. The method of Thornthwaite and Camargo showed the lowest average of (MAE), approximately (8.21%), and the highest mean (MAE) was the Priestley-Taylor. For the different study sites, the method that is closer to (PM) was the Thornthwaite and Camargo, presenting better performance method in the four of six stations, which simplifies the estimation of (PET) to the localities studied since the method of Th & C depends only on the effective temperature of the place.

KEYWORDS : Potential evapotranspiration methods, Rio Grande do Sul.

INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Sul apresenta, em termos médios anuais, um regime pluviométrico bem distribuído ao longo do ano. Entretanto, em termos sazonais, grande parte do Estado, principalmente na Metade Sul, apresenta valores negativos da diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial, o que representa um déficit hídrico na região, principalmente nos meses de verão, crítico para as atividades agrícolas (WREGE, 2011, GROSS, 2012). Apesar de o problema ser mais efetivo na Metade Sul, outras regiões do Estado sofrem com secas recorrentes e, dependendo da intensidade, todas as áreas agrícolas podem ser afetadas (TEIXEIRA, 2013).

Uma das principais metodologias, provavelmente a mais amplamente empregada, para avaliação da disponibilidade hídrica para os diversos fins é o balanço hídrico climatológico (BHC) (AMORIM NETO, 1989; SENTELHAS, 1999; VAREJÃO-SILVA, 2006). O BHC expressa matematicamente, de forma simplificada, a relação solo-planta-atmosfera através, principalmente, do balanço entre a precipitação pluviométrica e evapotranspiração potencial (ETP), estando diretamente relacionados com as medidas ou estimativas destas.

Com relação à ETP, as incertezas estão associadas não só às estimativas e medições, mas também do método empregado em seu cálculo, pois existem diversas formulações, com ampla gama de complexidade, em função de diferentes variáveis climáticas. A variedade de métodos vai dos que consideram apenas a temperatura média do ar (método Thornthwaite), a outros que consideram uma gama maior de variáveis climáticas, como temperatura do ar, umidade relativa e saldo de radiação solar (método de Penman-Monteith - PM).

Dentro deste contexto, o objetivo geral deste trabalho é avaliar a influência das incertezas das estimativas da ETP sobre o Estado do Rio Grande do Sul RS.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho foram consideradas seis cidades, onde buscou-se considerar ao menos uma estação representativa das diferentes regiões climáticas do RS, foram considerados os seguintes municípios: Pelotas (Região Sul), Uruguaiana (Região Sudoeste), Santa Maria (Região Central), São Luiz Gonzaga (Região Centro-Oeste), Iraí (Região Norte) e Bom Jesus (Região Nordeste) (Figura 1).



Figura 1. Localização das seis cidades utilizadas no estudo. Fonte: GOOGLE MAPS, 2014.

Com base nos dados climáticos das estações meteorológicas dessas localidades foram utilizados os dados de precipitação (mm. dia^{-1}), temperatura máxima e mínima ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa (%), vento (m s^{-1}) e radiação solar incidente (W m^{-2}), obtido junto ao BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa) das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2014), para o período de 1975 a 2004.

Para se determinar as incertezas associadas com as estimativas da ETP foram utilizados onze diferentes métodos para estimar a ETP, em função das diferentes forçantes, apresentados na Tabela 1:

Tabela 1. Métodos implementados para o cálculo da ETP.

Métodos Implementados	Equação
Thorthwaite	Se $0 < T_a < 26,5^{\circ}\text{C}$; $ETP = 16 (10 T_m/I)^a$ Se $T_a \geq 26,5^{\circ}\text{C}$; $ETP = -415,85 + 32,24 T_m - 0,43 T_m^2$
Romanenko	$ETP = 0,0018 * (25 + T_m)^2 * (100 - UR)$
Turc	$ETP = a_t * 0,013 * [T_m / (T_m + 15)] * \{ [R_s / (0,02388 + 50)] / \lambda \}$
Thorthwaite & Camargo	$0 \leq T_{ef} < 26,5^{\circ}\text{C}$, $ETP = 16(10 \times T_{ef}/I)^a$ $T_{ef} \geq 26,5^{\circ}\text{C}$; $ETP = -415,85 + 32,24 T_{ef} - 0,43 T_{ef}^2$
Linacre	$ETP = \{ [(T_m + 0,006 h) / (100 - f)] + 15(T_m - T_d) \} / (80 - T_m)$
Camargo	$ETP = 0,01 * R_a * T_m * NDP$
Jensen-Haise	$ETP = [R_s (0,0252 T_m + 0,78)] * NDP$
Hargreaves & Samani	$ETP = 0,0023 * R_a * (T_{max} - T_{min})^{0,5} * (17,8 + T_m) * NDP$
Penman	$ETP = \{ [(W * R_n) / 2,45] + [(1 - W) * E_a] \} * NDP$
Priestley-Taylor	$ETP = \{ [(0,57 * W) * (R_n - G)] / 2,45 \} * NDP$
Penman-Monteith	$ETP = \{ [(0,408 * \Delta) * (R_n - G)] + [\gamma * 900 / (T + 273) * U^2 * \Delta E] \} / [\Delta + \gamma * (1 + 0,34 * U^2)]$

Com base nos dados do INMET, calculou-se a ETP média mensal para as diferentes localidades do RS, considerando 30 anos de dados climáticos (1975 a 2004). Para comparação entre as estimativas de ETP, foi considerado como indicador de desempenho o Erro Médio Absoluto (EMA), obtido entre os vários métodos de ETP, calculados para cada mês de cada ano, e os valores obtidos pelo Método de Penman-Monteith, que foi adotado como valor de referência por ser o método indicado pela FAO.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise sazonal das estimativas de ETP, para as seis regiões do RS (Figura 2), observou-se que todos os métodos analisados apresentam variação sazonal da ETP bem definida, com exceção do método de Linacre, que apresenta valor praticamente constante ao longo do ano em todas as regiões. Comparando o comportamento dos diferentes métodos dentro de cada cidade (Figura 2 a-f), nota-se que em todas elas os valores mais altos de ETP foram estimados pelo método de Jensen-Haise (J&H), nos meses mais quentes (novembro à março), e nos meses mais frios pelo de Hargreaves-Samani (H&S) (abril à outubro). Isso pode estar ligado ao fato do método de J&H ser função apenas da radiação global e da temperatura média, já o método de H&S, inclui a variação entre temperatura máxima e mínima, o que pode gerar os maiores valores no inverno. Já os menores valores de ETP foram sempre os estimados pelo método de Priestley-Taylor (P&T), que considera o saldo de radiação, e não só a radiação solar global, além de temperatura média e fluxo de calor no solo.

Entre as cidades, observou-se que as regiões de Iraí (Figura 2b), Pelotas (Figura 2c), São Luíz Gonzaga (Figura 2d), Santa Maria (Figura 2e) e Uruguaiana (Figura 2e), apresentam sazonalidade bem definida em todos os métodos. A cidade de Bom Jesus (Figura 2a) é a que apresenta menores valores e menor variação sazonal da ETP.

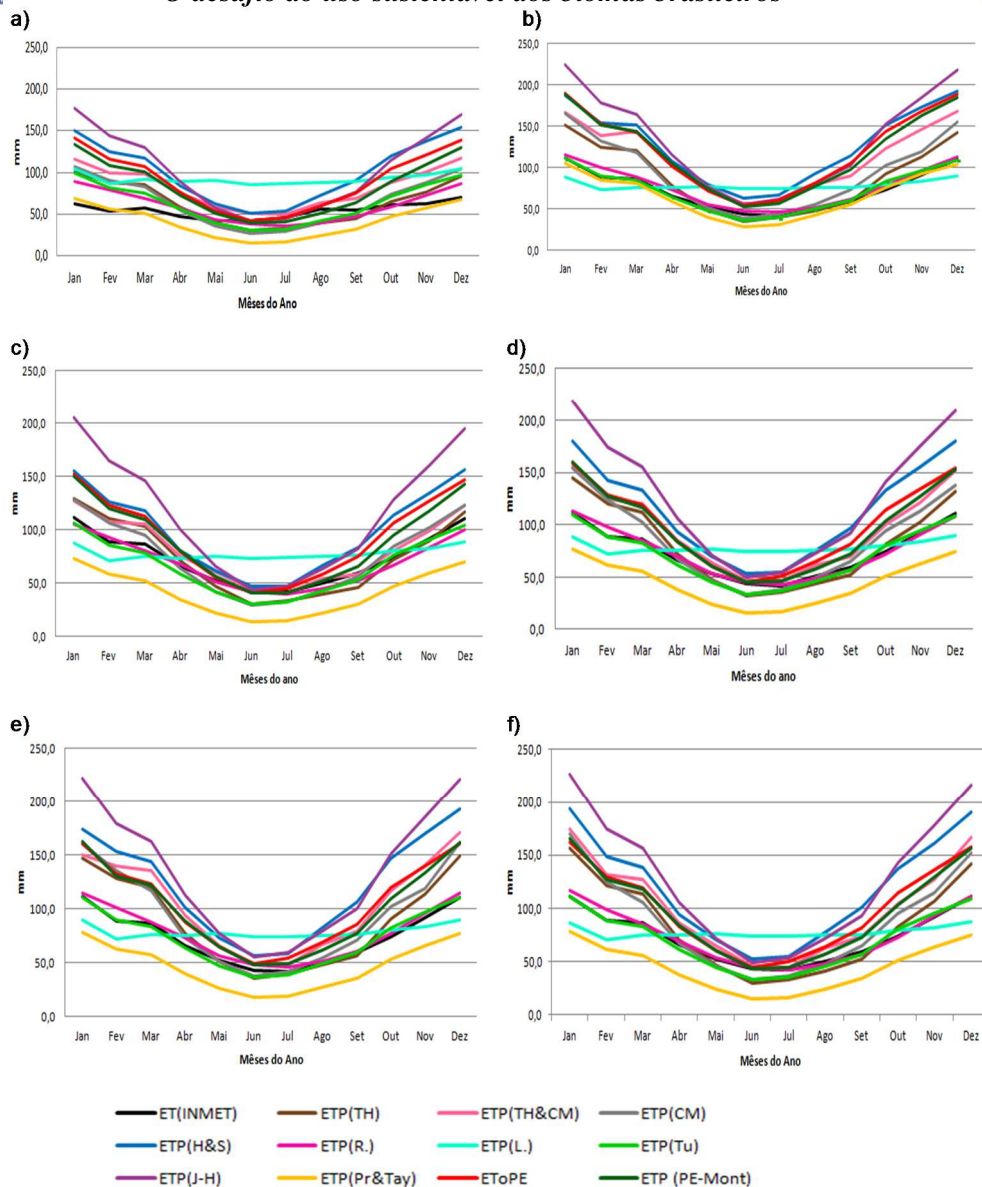


Figura 2. Estimativas de evapotranspiração para as cidades de (a) Bom Jesus, (b) Iraí, (c) Pelotas, (d) São Luiz Gonzaga, (e) Santa Maria e (f) Uruguaiana pelos métodos de: Thornthwaite (TH), Thornthwaite&Camargo (TH&CM), Camargo (CM), Hargreaves&Samani (H&S), Romanenko (R.), Linacre (L.), Turc (Tu), Jensen-haise (J-H), Priestley-Taylor (Pr&Tay), Penman (PE) e Penman-Monteith (PE&Mont).

Analisando as comparações entre os métodos com o de PM, o percentual do EMA, considerando o resultado de todos os modelos, foram de aproximadamente 22,98%, variando entre 5,86% e 144,26%, em Iraí pelo H&S e Linacre, respectivamente (Tabela 2). O método de Thornthwaite e Camargo (Th&C) foi o que apresentou menor EMA médio (8,31%) e, o que apresentou maior EMA médio foi o de Priestley-Taylor (Pr&Tay) (58,46%), o que indica que o Th&C aproxima-se mais do método de PM do que os outros, e o que tem maior variação é o de Pr&Tay (Tabela 2). Em relação às diferentes localidades estudadas, o método que mais se aproximou do PM foi o método de Thornthwaite e Camargo apresentando um melhor desempenho em quatro de seis estações (Tabela 2).

Tabela 2. Valores de erro médio absoluto (%) de cada método em relação ao método de Penman-Monteith, para Uruguaiana (URU). Bom Jesus (BJ), Pelotas (PEL), Santa Maria (SM), Iraí (IRAI) e São Luíz Gonzaga (SLG).

Cidades	EMA (%)									
	ETP (TH)	ETP (TH&CM)	ETP (CM)	ETP (H&S)	ETP (R.)	ETP (L.)	ETP (Tu)	ETP (J-H)	ETP (Pr&Tay)	ETP (EToPE)
URU	22,48	8,14	17,68	8,19	11,21	31,01	36,40	18,04	60,27	14,37
BJ	19,46	6,45	17,63	18,70	30,42	33,29	22,04	30,52	49,17	13,62
PEL	20,55	11,73	18,31	9,80	18,06	33,18	29,88	24,23	56,42	7,16
SM	21,32	8,27	18,28	10,19	16,50	32,03	32,04	22,53	57,44	7,19
IRAI	33,38	15,11	29,30	5,86	130,50	144,26	22,84	12,40	60,93	30,60
SLG	11,55	8,34	17,14	7,07	12,45	31,01	36,18	18,83	59,48	11,74
Média	20,94	8,31	17,98	9,00	17,28	32,61	30,96	20,68	58,46	12,68
Média Geral	22,98									

CONCLUSÕES

Existe diferença entre os modelos de estimativa da ETP. Tendo o método de Thornthwaite e Camargo apresentado o melhor desempenho em quatro de seis estações, o que mais se aproxima das estimativas pelo método de PM, que é o recomendado pela FAO. O resultado indica que a ETP média mensal sobre o Estado do Rio Grande do Sul pode ser derivada por um método relativamente simples, que faz uso apenas das temperaturas máximas e mínimas, uma vez que o método de Th&CM depende apenas da temperatura efetiva do local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM NETO, M. S. **Balanco hídrico segundo Thornthwaite & Mather**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1989. 18 p. (EMBRAPA-CPATSA. Comunicado Técnico, 34).

GROSS, J.A.; REIS, J.T.; SAUSEN, T.M. Avaliação socioeconômica dos municípios afetados pela estiagem no rio grande do sul de 2000 a 2010. Congresso Brasileiro Sobre Desastres Naturais. **Anais**, Rio Claro, SP, 2012.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <www.inmet.gov.br/>. Acesso em: 20 abr. 2014.

SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R.; MARIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; ALFONSI, R.R.; CARAMORI, P.H.; SWART, S. **Balancos Hídricos Climatológicos do Brasil - 500 balanços hídricos de localidades brasileiras**. Piracicaba: ESALQ, 1999. P. 1-7.

TEIXEIRA, C.F.A; DAMÉ,R,C,F; BACELAR,L,C,S; DA SILVA,G,M; COUTO,R,S..Intensidade da seca utilizando índices de precipitação. **Revista Ambiente e Água**, v.8, n.3, p.203-213, 2013.

VAREJÃO-SILVA, M.A. Meteorologia e Climatologia. **Versão Digital**, 2006. p. 449.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

WREGE, M.S.; STEINMETZ, S.; REISSER, C.J.; DE ALMEIDA, I.R. **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011. 336 p.

