

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DOIS MÉTODOS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO PARA QUATRO CIDADES PARAIBANAS

Fagna Maria Silva Cavalcante¹; Igor Bruno Machado dos Anjos²; Mariana Lima Figueredo³;
Renata Luana Gonçalves Lourenço⁴; Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira⁵

*1-Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande -
email:cavalcante.fagna@gmail.com*

*2-Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande -
email:ibrunoanjos@gmail.com*

*3-Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande -
email:mariana.lima.figueredo@gmail.com*

*4-Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande -
email:rlgl.goncalves@gmail.com*

*5- Professora do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina
Grande - CCTA/UFCG – email: virginia.fbnogueira@gmail.com*

RESUMO: Para se entender o balanço hídrico de uma região é fundamental ter o conhecimento sobre a evapotranspiração potencial (ETP) na mesma. A ETP é um parâmetro importante a ser estudado, pois exerce influência direta sobre a umidade atmosférica, regime de chuvas, determinação da capacidade de reservatórios, entre outros. Dessa maneira o estudo foi desenvolvido para analisar a estimativa de evapotranspiração potencial obtida através de dois métodos, o de Thorntwaite-Camargo e o de Hargreaves & Samani, calculados com os dados de temperatura da estação pluviométrica dos municípios de Areia, Campina Grande e Patos, para a cidade de Sousa usou-se a estação, São Gonçalo. Os dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o período de 2016. Estes foram organizados em intervalos máximos e mínimos. Para comparação dos valores de ETP estimada nos dois métodos, utilizou-se o modelo de Thorntwaite-Camargo como variável dependente, tendo em vista que foi desenvolvido para ser empregado em qualquer condição climática, e o de Hargreaves & Samani como variável independente, desenvolvido somente para clima seco. Para o cálculo por meio destes modelos aplicou-se a temperatura do ar e a amplitude térmica local da área. A avaliação do ajuste dos parâmetros dos dois modelos foi realizada por regressão linear simples. Observando os resultados tem-se maiores valores de ETP para as cidades do sertão, isso por apresentarem as maiores temperaturas. As cidades do agreste apresentaram menor ETP que as do sertão nos dois modelos empregados, porém comparandos os valores resultantes nos dois nota-se uma melhor representação para estas cidades. Os municípios de Campina Grande e Areia tiveram a ETP superestimada pelo método de Hargreaves & Samani, principalmente no período úmido, enquanto o método de Thorntwaite-Camargo subestimou a ETP para as cidades do sertão, principalmente no período seco.

Palavras-chave: Thorntwaite-Camargo, Hargreaves & Samani, Evaporação.

INTRODUÇÃO

O balanço hídrico nas regiões paraibanas é um problema de difícil solução, por ser uma área com baixo índice pluviométrico. Segundo Mendonça et al. (2003) a evapotranspiração (ETo) é definida como a transferência de água para o meio atmosférico (evaporação da água do solo e transpiração das plantas), ou a passagem do meio líquido para o gasoso, esse processo requer fornecimento de energia e a única fonte disponível para tal processo é a radiação solar.

De acordo com Fernandes *et al.* (2009), a determinação da evapotranspiração é um problema compartilhado por várias ciências que estudam o sistema solo-planta-atmosfera. Devido à necessidade de se conhecer a perda d'água de superfícies vegetadas, vários pesquisadores desenvolveram métodos de estimativa. Existem vários métodos para estimativa de ETo, sendo que muitos têm aceitação quase que uniforme, enquanto outros são bastante criticados e até desprezados.

Esta diversidade de métodos ocorre devido à complexidade da transferência de água do sistema solo-planta para a atmosfera, aos diferentes climas presentes no mundo e à dificuldade de obtenção dos elementos meteorológicos necessários para a alimentação destes métodos (CARVALHO, et al., 2011).

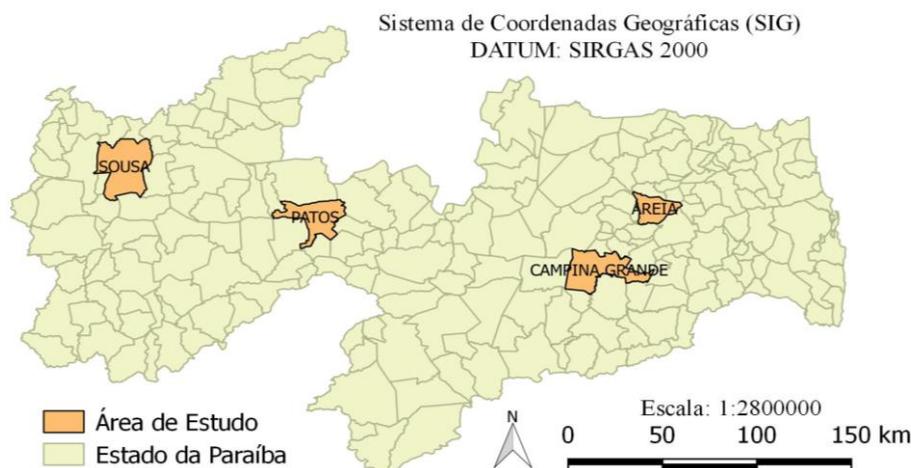
Neste contexto, o objetivo do presente trabalho é determinar a evapotranspiração potencial para quatro cidades paraibanas (Areia, Campina Grande, Sousa e Patos) através dos métodos de Thornthwaite-Camargo e o de Hargreaves & Samani, e comparar os resultados, definindo qual modelo se sobressai melhor para as diferentes condições climáticas e topográficas.

METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido em quatro municípios do estado da Paraíba (Figura 1). Onde dois deles encontra-se localizados no sertão, Sousa (Latitude 06° 45' 33'' S, Longitude 38° 13' 41'' W e altitude 220m) e Patos (Latitude 07° 01' 28'' S, Longitude 37° 16' 48'' W e altitude 242m) e os outros dois no agreste paraibano, Areia (Latitude 6° 57' 42'' S, Longitude 35° 41' 43'' W e altitude 573m) e Campina Grande (Latitude 07° 13' 50'' S, Longitude 35° 52' 52'' W e altitude 551m), sendo que os dois grupos possuem diferentes condições climáticas.

As cidades do agreste possuem clima Tropical Nordeste Oriental Quente Semiúmido e as do sertão Tropical Zona Equatorial Quente Semiárido, segundo a Classificação climática do IBGE (1978).

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Autores, 2017

A evapotranspiração para a comparação dos métodos de Thorntwaite-Camargo e o de Hargreaves & Samani, foi obtida através das séries históricas de temperaturas máximas e mínimas do ar mensal, do ano de 2016, provenientes das estações climatológicas dos municípios de Areia, Campina Grande e Patos, para a cidade de Sousa usou-se a estação, São Gonçalo, distrito do município, (6,75° latitude S, 38,21° longitude W, altitude 233,06m), dados estes disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Método de Thorntwaite-Camargo

O modelo de Thorntwaite-Camargo, utiliza uma temperatura efetiva (T_{ef}), que expressa a amplitude térmica local, ao invés da temperatura média do ar, e a evapotranspiração foi adquiridos por meio da equação 1:

$$ETP = ET_p * COR \quad (1)$$

em que: ETP - Evapotranspiração Potencial (mm/mês); ET_p - Evapotranspiração Padrão (mm/mês); e COR é obtido da equação 2;

$$COR = N/12 * NDP/3 \quad (2)$$

Sendo N = fotoperíodo do mês em questão (horas), equação 3; NDP = Período em questão (dias);

$$N = \frac{2H}{15^\circ} \quad (3)$$

Para o qual, faz-se necessário a utilização do modelo de Klein (1980), para obter a declinação solar, equação 4, e assim encontrar o parâmetro H, da equação 3.

$$\delta = 23,45^\circ \times \text{sen} \left[\frac{360^\circ}{365} (284 + D) \right] \quad (4)$$

$$H = \text{arc cos} (-\text{tg } \delta \times \text{tg } \phi) \quad (5)$$

Na qual, D – é quantidade de dias Julianos; ϕ – Latitude; δ - Declinação solar;

Por sua vez, o ETP, da equação 1, depende de duas condições relacionadas com a temperatura efetiva (Tef), equação 6:

$$\text{Tef} = 0,36 (3 \text{ Tmax} - \text{Tmin}) \quad (6)$$

Em que, Tmax – Temperatura máxima mensal (°C) e Tmin – Temperatura mínima mensal (°C).

Se: $(0 \leq \text{Tef} < 26,5^\circ\text{C})$, utiliza-se a equação: $\text{ETp} = 16 (10 \text{ Tef}/I)^a$

Em que, I - é um índice de calor; $I = 12 (0,2 \text{ Ta})^{1,514}$ sendo Ta = temp. média anual normal (°C)

$$a = 0,49239 + 1,7912 \cdot 10^{-2} I - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 6,75 \cdot 10^{-7} I^3$$

i- $(\text{Tef} \geq 26,5^\circ\text{C})$, aplica a formula: $\text{ETp} = -415,85 + 32,24 \text{ Tef} - 0,43 \text{ Tef}^2$

Método de Hargreaves & Samani

Já o modelo de Hargreaves & Samani, baseia-se na temperatura média do ar e na amplitude térmica, e a evapotranspiração foram desenvolvido pelo equação 7:

$$\text{ETP} = \alpha * \text{Qo} * (\text{Tmax} - \text{Tmin})^\beta * (17,8 + \text{Tmed}) * \text{NDP} \quad (7)$$

Na qual: ETP – Evapotranspiração Potencial; α - um parâmetro empírico, sendo utilizado o seu valor original de 0,0023; Qo – Radiação solar extraterrestre (mm/d); Tmax – Temperatura máxima mensal (°C); Tmin – Temperatura mínima mensal (°C); β - é um parâmetro empírico exponencial, sendo seu valor original de 0,5; Tmed – Temperatura média mensal (°C); NDP – Dias do período em questão.

A radiação solar no topo da atmosfera (Qo) foi adquirida por meio da tabela de radiação solar global extraterrestre, fornecida pelo Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), de forma que os valores da mesma varia de acordo com a latitude do local e a declinação solar do período estudado, no caso, a declinação é tabelada mensalmente.

A avaliação do ajuste dos parâmetros dos dois modelos foi realizada por regressão linear simples, r^2 , obtida pelo quadrado da equação 8, verificando assim se o modelo proposto é ou não adequado para descrever o fenômeno.

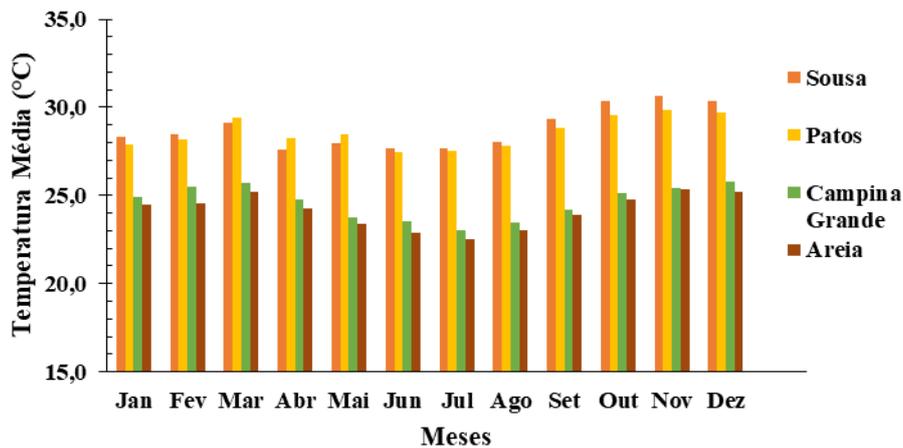
$$r = \frac{\sum (X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})}} \quad (8)$$

Na qual: X – valores observados; \bar{X} - valores médios observados; Y – valores estimados; \bar{Y} - valores médios estimados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cidade de Areia registrou as menores temperaturas, no entanto semelhante às apresentadas por Campina Grande. Já os municípios de Sousa e Patos apresentaram temperaturas mais elevadas, porém semelhantes entre si, conseqüentemente uma ETP maior, que as outras duas cidades analisadas (Gráfico 1).

Gráfico 1: Distribuição espaço temporal da temperatura média mensal do ar em 2016



Fonte: Autores (2017).

A situação apresentada pela cidade de Areia, a qual possui temperaturas mais baixa que as demais estações ocorre devido sua localização na parte serrana do estado na maior altitude e com clima tropical semiúmido. Apesar de Campina Grande ter o mesmo clima, mas com estação seca, apresenta temperaturas semelhantes a Areia. As duas estão situadas na Serra da Borborema com altitudes superiores a 500m, o que propicia as temperaturas moderadas. Sousa e Patos estão localizadas no sertão, com clima quente semiárido e a altitudes mais baixas que as anteriores, com temperaturas mais elevadas.

Os resultados de evapotranspiração potencial obtidos pelos modelos matemáticos estão apresentados na Tabela 1, mostrando que quando comparados mensalmente os valores dentro de cada método o coeficiente de determinação, $r^2 \geq 76$ indicando que os modelos descrevem bem a quantidade de água transferida para a atmosfera. Observa-se na Tabela 1 que durante os meses

úmidos, de janeiro a junho, o método de Hargreaves & Samani superestima a ETP, principalmente para as cidades do agreste, já para as cidades do sertão a diferença entre os modelos é menor.

Tabela 1: Evapotranspiração Potencial (mm/mês) e Coeficiente de Determinação (r^2) para cada método

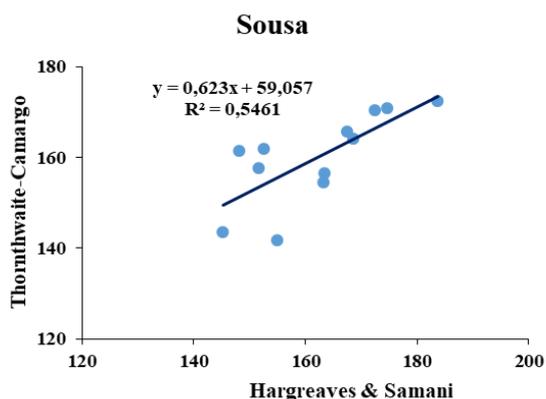
MÊS	Thornthwaite-Camargo					Hargreaves & Samani				
	CIDADES					CIDADES				
	Sousa	Patos	Campina Grande	Areia	R^2	Sousa	Patos	Campina Grande	Areia	R^2
Jan	141,7	151,3	95,2	77,8	0,81	154,8	173,5	135,6	115,1	0,81
Fev	156,5	160,6	110,2	84,5	0,87	163,4	172,0	134,5	115,1	0,87
Mar	154,4	170,9	117,3	92,2	0,76	163,1	184,3	141,6	123,0	0,76
Abr	143,5	153,2	95,7	73,7	0,82	145,2	150,0	118,7	100,0	0,82
Mai	157,6	159,4	80,5	64,8	0,85	151,6	146,5	106,2	92,1	0,85
Jun	161,4	147,1	87,3	65,6	0,94	148,1	127,2	103,7	91,0	0,94
Jul	161,8	156,2	96,1	70,1	0,92	152,5	142,5	117,8	100,5	0,92
Ago	165,8	160,0	109,1	85,9	0,93	167,4	157,0	133,3	119,8	0,93
Set	170,8	165,8	117,2	93,5	0,92	174,6	168,3	142,3	125,9	0,92
Out	172,4	169,6	136,3	106,0	0,92	183,7	184,5	157,7	139,9	0,92
Nov	170,5	169,6	136,2	111,2	0,91	172,5	177,7	151,5	135,0	0,91
Dez	164,2	167,2	137,2	102,7	0,85	168,5	180,9	155,2	132,7	0,85

Fonte: Autores (2017).

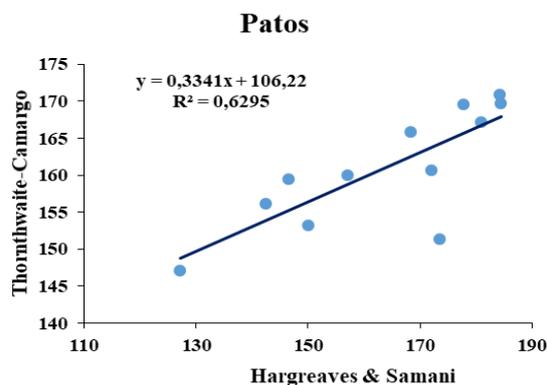
A evapotranspiração potencial dos métodos Thornthwaite-Camargo e Hargreaves & Samani utilizados apresentou resultados semelhantes para as cidades do agreste com um coeficiente de determinação elevado. O contrário ocorreu nos municípios do sertão quando comparados os valores obtidos nos dois modelos matemáticos, Figura 2, (A), (B), (C), (D).

Figuras 2 - Representação dos valores de Evapotranspiração Potencial para as cidades estudadas: (A) Sousa, (B) Patos, (C) Campina Grande e (D) Areia.

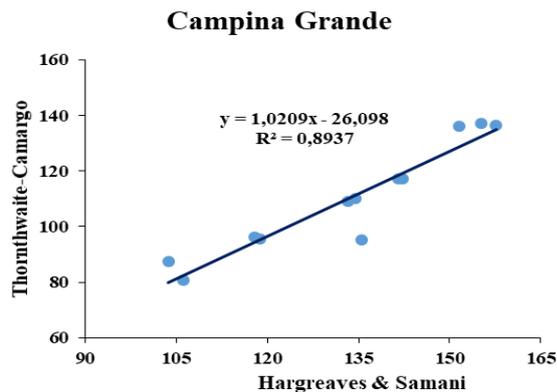
(A)



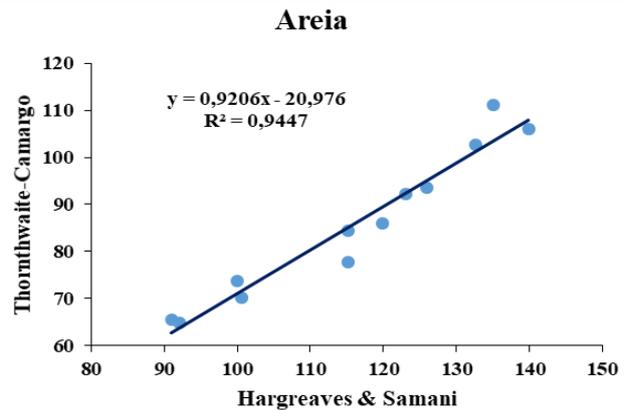
(B)



(C)



(D)



Fonte: Autores (2017).

Comparando-se os valores de ETP obtidos pelos modelos matemáticos utilizando regressão linear simples, tem-se melhores resultados para as cidades de Campina Grande (C) e Areia (D), isso se explica porque o método de Hargreaves & Samani é próprio para clima seco. Tendo Areia apresentado maior coeficiente de determinação. Os valores obtidos para estas cidades nos dois métodos apresentaram semelhança o que indica que os modelos utilizados descrevem adequadamente a evaporação e transpiração transferida para atmosfera nessas áreas. Isso ocorre devido ao fato do modelo Thornthwaite-Camargo servir para qualquer condição climática e o de Hargreaves & Samani foi desenvolvido para clima seco que é o clima de Sousa e Patos.

Os municípios do sertão também possuem clima semiárido, porém não obtiveram o mesmo resultado que as do agreste, pode ser influência do clima semiárido quente, já que Campina Grande e Areia possuem clima semiárido semiúmido, segundo a classificação climática do IBGE (1978).

CONCLUSÕES

Resultados mostram que os valores obtidos para ETP através dos métodos de Thornthwaite-Camargo de Hargreaves & Samani são bem similares para as cidades do Sertão, principalmente no período seco. O método de Hargreaves & Samani superestimou a evapotranspiração das cidades do agreste no período úmido, sendo mais indicado para as cidades do sertão.

A comparação da ETP obtido do métodos de Thornthwaite-Camargo em função do método de Hargreaves & Samani tem-se que o melhor ajuste da curva e, portanto, com melhor representação para a ETP ocorreu para os municípios do agreste. A cidade de Areia entre todas as analisadas foi a que apresentou um melhor resultado. O método de Thornthwaite-Camargo no geral subestima a ETP para as cidades do sertão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, L. G.; RIOS, G. F. A.; MIRANDA, W. L.; NETO, P. C.; **Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa.** Pesquisa Agropecuária Tropical, vol. 41, núm. 3, julho-setiembre, 2011, pp. 456-465.

FERNANDES, D. S. et al. (2009). **Comparação entre dois métodos de estimativa de evapotranspiração de referência para Santo Antônio de Goiás, GO: Hargreaves versus Penman-Monteith**

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Clima do Brasil.** IBGE Mapas 1978, com adaptações. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/tematicos>>. Acesso em: agosto de 2017.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Planilha com coordenadas dos municípios.** IBGE, 2010. Disponível por e-mail.~

INMET, **Instituto Nacional de Meteorologia.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: Setembro de 2017

IAPAR, Instituto Agrônomo do Paraná. **Tabela de Radiação Solar Global Extraterrestre.** Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/radiacao_solar.pdf>. Acesso em: Setembro de 2017

MENDONÇA, J.C.; SOUSA, E.F.; BERNARDO, S.; DIAS, G.P.; GRIPPA, S. **Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense, RJ.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 7, n. 2, p. 275-279, 2003.