IV CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS COINTER - PDVAgro 2019

**EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA ENTRE OS MÉTODOS DE
PENMAN E THORTHWAITE, NOS MUNICÍPIOS DE NOVO REPARTIMENTO E
SANTANA DO ARAGUAIA, PA.**

**EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA ENTRE MÉTODOS DE
PENMAN Y THORTHWAITE, EN LA CIUDAD DE NUEVO REPARTIMENTO Y
SANTANA DE ARAGUAIA, PA.**

**EVAPOTRANSPIRATION OF REFERENCE BETWEEN METHODS OF PENMAN
AND THORTHWAITE, IN THE CITY OF REPARTIMENTO AND SANTANA OF
ARAGUAIA, PA**

Apresentação: Comunicação Oral

Mariele Correia Alves¹; Joycilene Teixeira do Nascimento²; Maria do Bom Concelho Lacerda Medeiros³; Ayesha Souza Tavares⁴; Paulo Jorge de Oliveira Ponte De Souza⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IVCOINTERPDVAgro.2019.0059>

Resumo

A quantificação da água evapotranspirada pelo sistema solo-planta-atmosfera é de grande importância, pois trata-se de um parâmetro de referência da realização de balanços hídricos, dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação, a escolha de um método de estimativa da ETo depende de uma série de fatores, tais como, a disponibilidade de dados meteorológicos e a escala de tempo desejada. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de métodos de estimativa da evapotranspiração de Penman em comparação com o método de Thorthwaite nas cidades de novo Repartimento e Santana de Araguaia, PA. O trabalho foi desenvolvido a partir de dados meteorológicos coletados no período compreendido entre os meses de janeiro e dezembro de 2016, junto à estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A área do estudo está inserida na região Mesorregião Sudeste Paraense e à Microrregião do Araguaia. Santana do Araguaia e Novo Repartimento um município brasileiro do estado do Pará. Observou-se que as estimativas de evapotranspiração pelo método de de PEN, em relação à TH, tiveram comportamento semelhante, em ambas as cidades. Observou-se que houve maiores valores de evapotranspiração do ar no período seco e menores valores no período chuvoso tanto no município de Santana do quanto em Novo Repartimento. O componente aerodinâmico contribuiu em maior parte, enquanto que o energético contribuiu em menor parte, no valor a evapotranspiração nas duas cidades. Os métodos de Penman e

¹ Graduação em agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, marielealves114@gmail.com

² Mestrado em agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, joycilene.ufra@gmail.com

³ Doutorado em agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, melmeirosagro@gmail.com

⁴ Graduação em engenharia ambiental, Universidade Federal Rural da Amazônia, ayeshasouza01@gmail.com

⁵ Doutorado, Universidade Federal Rural da Amazônia, paulo.jorge@ufra.edu.br

Thortwaite são adequados para estimar a evapotranspiração de referência em escala diária, independentemente da época do ano, nas regiões de Santana do Araguaia e novo Repartimento.

Palavras-Chave: Evapotranspiração; Penman; Thornthwaite.

Resumen

La cuantificación del agua evapotranspirada por el sistema suelo-planta-atmósfera es de gran importancia porque es un punto de referencia para el equilibrio del agua, el tamaño y la gestión de los sistemas de riego, la elección de un método de estimación ETo depende de una serie de factores, como la disponibilidad de datos meteorológicos y la escala de tiempo deseada. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de los métodos de estimación de evapotranspiración de Penman en comparación con el método Thorthwaite en las ciudades de New Repartimento y Santana de Araguaia, PA. El trabajo se desarrolló a partir de datos meteorológicos recopilados entre los meses de enero y diciembre de 2016, junto a la estación meteorológica del Instituto Nacional de Meteorología (INMET). El área de estudio se encuentra en la región Mesorregião Sudeste Paraense y la Microrregión. De Araguaia Santana do Araguaia y Novo Repartimento, un municipio brasileño en el estado de Pará. Se observó que las estimaciones de evapotranspiración por el método de PEN en relación con el TH tuvieron un comportamiento similar en ambas ciudades. El trabajo se desarrolló a partir de datos meteorológicos recopilados. Entre enero y diciembre de 2016, junto a la estación meteorológica del Instituto Nacional de Meteorología (INMET), el área de estudio se ubica en la región Mesorregión Paraense del Sureste y Microrregión de Araguaia. Santana do Araguaia y Novo Repartimento, un municipio brasileño en el estado de Pará, se observó que las estimaciones de evapotranspiración por el método de PEN en relación con el TH tuvieron un comportamiento similar en ambas ciudades. Se observó que había valores más altos de evapotranspiración del aire en la estación seca y valores más bajos en la temporada de lluvias tanto en Santana do Novo como en Novo Repartimento. El componente aerodinámico contribuyó más, mientras que el componente energético contribuyó menos, el valor de evapotranspiración en ambas ciudades. Los métodos de Penman y Thortwaite son adecuados para estimar la evapotranspiración de referencia a escala diaria, independentemente de la época del año, en las regiones de Santana do Araguaia y New Repartimento.

Palabras Clave: Evapotranspiración; Penman; thornthwaite.

Abstract

The quantification of water evapotranspirada by the soil-plant-atmosphere system is of great importance, because it is a benchmark when it comes to water balances, scaling and management of irrigation systems, choosing an eto estimation method depends on a number of factors, such as the availability of weather data and the desired time scale. The objective of this work was to evaluate the behavior of estimation methods of the evapotranspiration of Penman in comparison with the method of Thorthwaite in the cities of new Repartimento and Santana de Araguaia, PA. The work was developed from meteorological data collected in the period from January to December 2016, next to the meteorological station of the National Institute of

Meteorology (INMET), the area of the study is inserted in the region Region Southeast Pará and the Araguaia region. Santana do Araguaia and new Repartimento is a municipality is a municipality in the state of Pará in Brazil. It was observed that the estimates of evapotranspiration by the method of De PEN, in relation to TH, had similar behavior in both cities. It was observed that there were higher values of air evapotranspiration in the dry period and lower values in the rainy period both in the municipality of Santana as in new reparting. The aerodynamic component contributed mostly to the evapotranspiration, while the energy contributed to a lesser part in both cities. The methods of Penman and Thortwaite are suitable for estimating the reference evapotranspiration on a daily scale, regardless of the time of year, in the regions of Santana do Araguaia and new Repartimento.

Keywords: evapotranspiration; Penman; Thornthwaite.

Introdução

A quantificação da água evapotranspirada pelo sistema solo-planta-atmosfera é de grande importância, pois trata-se de um parâmetro de referência quando da realização de balanços hídricos, dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação. A evapotranspiração é o processo combinado da evaporação pela superfície do solo e transpiração pelas plantas. (MANTOVANI, 1993).

Allen et al. (1998) expressam a evapotranspiração de referência (ET_o) como sendo a água evaporada do solo e transpirada pelas plantas em uma superfície coberta por vegetação rasteira, uniformemente distribuída, em fase de crescimento ativo, em solo com perfeita condutibilidade hídrica e mantido sempre úmido, próximo à capacidade de campo.

A escolha de um método de estimativa da ET_o depende de uma série de fatores, tais como, a disponibilidade de dados meteorológicos e a escala de tempo desejada (Mendonça, 2008). Esses modelos podem ser simples, como o de Thornthwaite (TH), onde sua estimativa é baseada somente na temperatura do ar, até os mais complexos, que envolvem o balanço de energia, como de Penman-Monteith. Em 1998, o método de Penman-Monteith (PM) foi estabelecido pela FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) como o modelo padrão para estimativa de evapotranspiração de referência. Porém, sua estimativa nem sempre é possível devido à ausência de variáveis meteorológicas nas estações de coleta necessárias para tal. Na agricultura, informações da evapotranspiração são de grande importância na avaliação da severidade, distribuição e frequência dos déficits hídricos, na elaboração de projetos e no manejo de sistemas de irrigação e drenagem. (LORENZI, 2013).

De acordo com Sedyama (1996), Thornthwaite tinha a preocupação de explicar as variações sazonais do balanço de água no solo e tentar definir as diferenças regionais do clima. Por esta razão, este método é apenas uma função da temperatura média do ar e da duração do dia, em média mensal. Penman preocupou-se com os processos físicos envolvidos na evaporação e com o desenvolvimento de um método, que, a partir de elementos meteorológicos, expressasse a estimativa da taxa de evaporação da água em contato livre com a atmosfera, da umidade da superfície do solo e da vegetação.

Muitos trabalhos, em diferentes partes do mundo, vêm avaliando o desempenho dos diferentes métodos de estimativa da ETo (CAMARGO; SENTELHAS, 1996; MACHADO; MATTOS, 2000; MENDONÇA et al., 2003; MENDONÇA; DANTAS, 2010). As conclusões variam muito segundo cada autor, o que dificulta ao usuário decidir qual método adotar. Desta forma, Pereira et al.(2009) recomendam que antes de aplicar um método para determinado local, é necessário verificar o desempenho deste e, quando necessário, fazer calibrações a fim de minimizar erros de estimativa.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de métodos de estimativa da evapotranspiração de Penman em comparação com o método de Thornthwaite nas cidades de novo Repartimento e Santana de Araguaia, PA.

Fundamentação Teórica

O termo "evapotranspiração" (ET) foi introduzido por Thornthwaite & Wilm (1944) e, ao final da década de 1940, surgiram duas importantes contribuições científicas, não somente para a agricultura, mas, também, para a climatologia e hidrologia: "An approach towards a rational classification of climate", de Warren Thornthwaite (1948) e "Natural evaporation from open water, bare soils and grass", de Howard Penman (1948).

De acordo com Sedyama (1996), Thornthwaite tinha a preocupação de explicar as variações sazonais do balanço de água no solo e tentar definir as diferenças regionais do clima. Por esta razão, este método é apenas uma função da temperatura média do ar e da duração do dia, em média mensal. Penman preocupou-se com os processos físicos envolvidos na evaporação e com o desenvolvimento de um método, que, a partir de elementos meteorológicos, expressasse a estimativa da taxa de evaporação da água em contato livre com a atmosfera, da umidade da superfície do solo e da vegetação.

Havendo a indisponibilidade de dados de entrada, para o método PM-FAO, justifica-se a utilização de métodos alternativos. Verifica-se, na maioria dos trabalhos presentes na literatura, que os métodos mais estudados são o TW, HG, BC, PT, TC, MK, LN, HM, HD, RS, JH, TCA e, evidentemente, o método PM-FAO. Diferentes métodos são desenvolvidos ou recomendados para diferentes condições climáticas, dependendo da disponibilidade de dados locais, precisão exigida e/ou escala temporal. Contudo, para adequá-los a uma condição específica, muitos deles passam por ajustes (calibrações), evidenciando-se, portanto, que, para a adoção de um método, deve-se atentar para as condições e/ou semelhanças climáticas em que ele foi desenvolvido.

Durante todos esses anos, muitos métodos foram desenvolvidos para estimativa da ETo. Isto ocorre em razão de três importantes situações: adequação do método às condições climáticas da região, simplicidade de uso e limitação de elementos meteorológicos ou climáticos que alimentam estes métodos. Devido à diversidade destes métodos, em razão da grande variabilidade dos parâmetros que influenciam o fenômeno, e também ao empirismo, em muitos deles, é comum haver estudos utilizando artifícios estatísticos para comparar os métodos e, assim, avaliar aquele que tem maior aplicabilidade ao local de estudo. Portanto, este artigo apresenta uma revisão fundamentada nos avanços da modelagem da ETo, na última década, propondo apresentar os resultados de desempenhos dos diversos métodos e as possibilidades e limitações de uso, complementados por uma visão crítica, para responder à seguinte pergunta: “Qual o melhor método a ser aplicado?”

Metodologia

No presente trabalho foram considerados dois municípios no Estado do Pará: Santana do Araguaia, e Novo Repartimento. O trabalho foi desenvolvido a partir de dados meteorológicos coletados no período compreendido entre os meses de janeiro e dezembro de 2016, junto à estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A quantidade de dias significativos ao longo dessa série histórica foi: 365 dias.

Área de estudo

A área do estudo está inserida na região Mesorregião Sudeste Paraense e à Microrregião do Araguaia. Santana do Araguaia Localiza-se a uma latitude 9°32'23.98" sul e a uma longitude 50°51'35.54" oeste, estando a uma altitude de 160 metros. Figura 1, tem um clima que está inserida na categoria de equatorial super-úmido, tipo Ami, na classificação de Köppen, o clima encontra-se na faixa de transição para AW. Possui temperatura média anual de 26.2° C, com a

média máxima, em torno de 32.0° C e, mínima, 20.4° C. O índice pluviométrico anual está em torno de 2.000 mm, sendo que o período chuvoso ocorre notadamente, de novembro a maio, enquanto de junho a outubro é o período mais seco. É elevada a umidade relativa, apresentando oscilações entre a estação mais chuvosa e a mais seca, sendo que a média real é de 77%. (CLIMATE-DATA.ORG, 2018).

Neste trabalho foram utilizados dados diários de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (UR; %) e velocidade do vento (U; m s⁻¹), temperatura máxima (Tmax; °C), temperatura mínima (Tmin; °C), Rn (resultante energética) correspondente ao período 2016. Os dados meteorológicos foram utilizados na análise comparativa dos métodos meteorológicos: Penman e utilizando o método de Thornthwaite. Para análise do dados foi retirada uma média mensal dos parâmetros, analisados seu comportamento ao longo do ano de 2016.

Figura 1 – Localização geográfica da cidade de Santana do Araguaia –PA.

Fonte: Google imagem

O município Novo Repartimento é um município brasileiro do estado do Pará. Localiza-se a uma latitude 04°19'50" sul e a uma longitude 49°47'47" oeste, altitude de 75 m Novo Repartimento apresenta um clima tropical. Na maioria dos meses do ano existe uma pluviosidade significativa. Só existe uma curta época seca e não é muito eficaz. De acordo com a Köppen e Geiger o clima é classificado como Am. 27.1 °C é a temperatura média. A média anual de pluviosidade é de 2330 mm. (CLIMATE-DATA.ORG, 2018).

Figura 2 – Localização geográfica da cidade de Novo Repartimento –PA.

Fonte: Google imagem

O método de Thornthwaite requer como dados de entrada a temperatura média (Thornthwaite, 1948). O de Penman-Monteith é o método padrão recomendado pela FAO (Allen et al. 1998) e requer dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar.

Descrição dos métodos para estimativa da evapotranspiração

Método Penman-Monteith

O método de Penman-Monteith, parametrizado pela FAO para o cálculo da evapotranspiração em mm d^{-1} , pode ser expresso por:

$$ET = (\Delta / (\Delta + \gamma)) * (\Delta / \lambda) + (\gamma / (\Delta + \gamma)) * E_a$$

Em que:

ET – evapotranspiração, mm d^{-1}

Δ – gradiente da curva pressão vapor vs temperatura, $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$

γ – constante psicrométrica, $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$

λ – Essa energia é chamada de calor latente de vaporização, que em média corresponde a: $\lambda E = 2,45 \text{ MJ/}$

E_a o poder evaporante do ar em mm d^{-1} dado por:

$$E_a = f(U) \cdot \Delta e$$

Sendo: Δe o déficit de pressão de vapor em kPa e $f(U)$ dado pelo modelo:

$$f(U) = m(a + b \cdot U)$$

Que, segundo Penman (1948), assume os seguintes valores:

$$f(U)=2,62(1+0,526U)$$

Onde: U é a velocidade do vento a 2,0 m de altura em $m s^{-1}$, m em $mm d^{-1} kPa^{-1}$, a é adimensional e b em $s m^{-1}$.

O déficit de pressão de vapor foi obtido da seguinte forma:

$$\Delta e = e_s - e_a$$

Onde: Pressão de saturação de vapor (e_s) – representa a quantidade de vapor que pode existir em determinada atmosfera como função das temperaturas ($T_{méd}$, T_{min} , $T_{máx}$), a pressão de saturação do vapor pode ser calculada (em kpa), conhecendo a temperatura (T em °C)

$$e_s = 0,611 \cdot 10^{[(7,5 \cdot T)/(237,3 + T)]}$$

Pressão parcial de vapor (e_a) – obtida como função da umidade relativa média ($UR_{méd}$) e da pressão de saturação do vapor (e_s).

$$e_a = (UR \cdot e_s) / 100$$

Para o método da FAO utilizou-se para o cálculo da pressão de vapor d'água (e_s) os dados extremos, ou seja a (e_s) para temperatura máxima e (e_s) para temperatura mínima, e foi retirada a média desses (e_s), para utilizar na formula do E_a , (poder evaporante do ar.). O mesmo foi utilizado para a pressão (e), foi utilizado UR_{max} e UR_{min} .

U_2 - velocidade do vento a 2 m de altura, $m s^{-1}$

T - temperatura média do ar, °C

e_a - pressão de saturação do vapor d'água, kPa

e_s - pressão de saturação do vapor d'água, kPa

T_{max} - temperatura máxima do ar, °C

T_{min} - temperatura mínima do ar, °C

UR_{max} - umidade relativa máxima, %

UR_{min} - umidade relativa mínima, %

Método de Thornthwaite

O método foi estabelecido por Thornthwaite (1948) que obteve excelente correlação com dados de localidades dos Estados Unidos e República Dominicana. O modelo é expresso segundo as equações:

$$ET_o = ET^* \frac{N}{12} \frac{n}{30}$$

$$ET^* = C \left(\frac{10T_a}{I} \right)^a$$

$$a = 67,5 \cdot 10^{-8} I^3 - 77,1 \cdot 10^{-6} I^2 + 0,0179 I + 0,492$$

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j$$

$$i = \left(\frac{T_a}{5} \right)^{1,54}$$

Em que:

N – insolação máxima diária teórica, função da latitude e época do ano, h

n – número de dias do mês abordado, d

C – constante igual a 16 a – expoente função do índice anual

I i – índice mensal de calor para o mês j

I – índice anual, que corresponde ao somatório dos 12 índices i mensais

Resultados e Discussão

Os valores de evapotranspiração (ET) foram estimados para os diferentes modelos incluídos na pesquisa. Visualiza-se, na Figura 3 a variação mensal das médias de evapotranspiração obtidas por meio dos valores diários de ET. é apresentada a comparação entre as estimativas de ETo pelos métodos Penman (PEN), em relação ao método de Thorthwaite (TH) para o município de Santana do Araguaia. Pode-se observar que as estimativas de evapotranspiração pelo método de PEN, em relação à TH, tiveram comportamento semelhante. No entanto o método de Penman apresentou dados mais constantes, não havendo muitas variações bruscas, diferente do observado pelo método de Thorthwaite.

Assim como observado por Carvalho et al. (2008), no zoneamento ecológico-econômico, para o Estado de Minas Gerais, destacando que os parâmetros geoestatísticos indicaram melhor qualidade na interpolação dos resultados obtidos com a estimativa da ETp pelo método Penman, quando comparado ao cálculo da ETp, pelo método TW.

Observou-se na figura 3 que houve maiores valores de evapotranspiração do ar no período de junho a outubro que corresponde ao período seco do município de Santana do Araguaia, o pico máximo de evapotranspiração ocorreu no mês de setembro (6,63 mm dia⁻¹)

pelo método de Thornthwaite (TH) e (5,31 mm dia⁻¹) pelo método de Penman (PEN), respectivamente menores valores de evapotranspiração ocorreu nos períodos de Dezembro a Junho, que corresponde ao período chuvoso da região, esse efeito foi observado pelos dois métodos, apresentaram ao longo do ano um padrão semelhante de comportamento.

Figura 3 - Comportamento médio mensal da Evapotranspiração (mm dia⁻¹) durante o período de 2016 na região de Santana do Araguaia, PA.

Fonte: Própria (2019)

Foi constatado através dos dados representados na figura 4 que a maior contribuição para a evapotranspiração pelo método de Penman está relacionado ao componente aerodinâmico, onde é considerado a temperatura do ar e o saldo de radiação, mostrando que estes fatores são os que mais influenciam na evapotranspiração, contribuindo de maneira significativa no aumento da mesma, correspondendo um aumento de 63,9-79,12% da evapotranspiração, no entanto é possível observar também que no período de Maio a Setembro há uma queda da contribuição do aerodinâmico e um aumento do energético, que corresponde ao período seco da região em estudo, e nesse período o poder evaporante do ar é maior devido ao aumento da temperatura do ar, diminuição da umidade relativa do ar, e esses fatores climáticos são os principais componentes do energético.

Figura 4. Contribuição dos componentes aerodinâmica e energético na evapotranspiração pelo método de Penman, na cidade de Santana do Araguaia, Pa, 2016.

Fonte: Própria (2019)

Na Figura 5 apresenta a variação da ETo estimada pelos métodos estudados ao longo do ano, para Novo Repartimento. Pode-se verificar que os métodos de PEN e TH proporcionaram estimativas de um comportamento sazonal semelhante de ET ao longo de todo o ano, com maiores valores de ET nos meses de setembro ($5,45 \text{ mm dia}^{-1}$), outubro ($5,46 \text{ mm dia}^{-1}$) e novembro ($5,39 \text{ mm dia}^{-1}$) para o método de Thornthwaite e agosto ($4,88 \text{ mm dia}^{-1}$), setembro ($4,85 \text{ mm dia}^{-1}$) e outubro ($4,78 \text{ mm dia}^{-1}$) para o método de Penman que corresponde ao período seco da região, e menores valores de dezembro a junho que corresponde ao período chuvoso. No entanto pode-se observar que o método de Thornthwaite apresentaram tendência de superestimar os valores de ET.

Resultado semelhante foi obtido Camargo e Sentelhas (1996) em que o método de Thornthwaite, na maioria das medidas, superestimaram tais valores. Assim como Conceição e Mandelli (2005) verificaram desempenho semelhante para os métodos de Camargo e Thornthwaite na região de Bento Gonçalves, RS.

Para Conceição (2003), os métodos de estimativa de ET que usam apenas a temperatura do ar como variável climática limitam a representatividade das condições climáticas para efeito de estimativas da evapotranspiração de referência porque conforme as condições de umidade e vento, a demanda hídrica atmosférica será diferente para os mesmos valores de temperatura do ar. Pelos dois métodos avaliados (figura 5). Nota-se que no período seco das regiões em estudo

que vai de julho a novembro tem maiores valores de evapotranspiração, este fato está relacionada provavelmente a altas temperatura e baixa umidade desse período.

Uma explicação complementar para esse comportamento pode ser atribuída à partição da energia disponível na superfície. Se esta estiver umedecida, a maior parte da energia é convertida em calor latente de vaporização, condição observada na estação chuvosa. Se, por outro lado, a superfície apresentar restrição hídrica, condição inerente à estação seca, a maior parte da energia será usada para aquecimento do ar. (PEREIRA, 2009).

Apesar do comportamento pelos dois métodos terem se mostrado semelhantes, pelo método de Penman foi possível observar melhores resultados com comportamento mais padronizado que o método de Thorthwaite, para a cidade de Novo Repartimento.

Figura 5- Comportamento médio mensal da evapotranspiração durante o período de 2016 na região Novo Repartimento PA.

Fonte: Própria (2019)

Na figura 6 demonstra a contribuição do componente aerodinâmico e do energético na evapotranspiração pelo método de Penman, na cidade de Novo Repartimento. Notou-se que o aerodinâmico contribuiu em maior parte na evapotranspiração em torno de 73,89-82,02%, enquanto que o energético contribuiu em menor parte com 17,98-26,11%, este último é afetado principalmente pelo poder evaporante do ar. Em relação ao obtido no aerodinâmico deve-se provavelmente ao fato de que na sua obtenção a temperatura do ar e a radiação solar são os principais fatores que afetam, e vários autores relatam que estes são uns dos componentes que mais influenciam na evapotranspiração.

Foi observado que no período de julho a novembro o aerodinâmico apresentou menores contribuição na evapotranspiração, sendo o período seco da região em estudo, e o energético

nesse mesmo período obteve um aumento na sua contribuição na evapotranspiração diária pelo método de Penman, mostrando que nesse período o poder evaporante do ar aumentou a sua contribuição devido provavelmente ao fato de esse período o poder evaporante do ar ter sido maior, pelas condições de alta temperatura e baixa umidade relativa do ar.

Figura 6. Contribuição do termo aerodinâmica e do energético na evapotranspiração pelo método de Penman, na cidade de Santana do Araguaia, Pa, 2016.

Fonte: Própria (2019)

Conclusões

- A ET estimada por ambos os métodos apresentaram comportamento semelhante ao longo do ano em estudo.
- Os métodos de Penman e Thortwaite são adequados para estimar a evapotranspiração de referência em escala diária, independentemente da época do ano, nas regiões de Santana do Araguaia e novo Repartimento.
- O método de Thortwaite apresenta uma leve tendência de superestimação da ET.

Referências

ALLEN, R.G. et al. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 299p.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Equação para a estimativa da evapotranspiração potencial baseada no método de Hargreaves – 1974. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 77-81, 1996.

CONCEIÇÃO, M. A. F.; MANDELLI, F.; Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência em Bento Gonçalves, RS. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 303-307, 2005.

CONCEIÇÃO, M. A. F. Estimativa da evapotranspiração de referência com base na temperatura do ar para as condições do Baixo Rio Grande, SP. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 229-236, 2003.

CARVALHO, L. G. de et al. Clima. In: SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T. de; OLIVEIRA, A. D. de. Zoneamento ecológico-econômico do Estado de Minas Gerais: componentes geofísico e biótico. Lavras: UFLa, 2008. p. 89-102.

CLIMATE-DATA.ORG; Clima: Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/43940>>. Acessado em: 08/05/2018.

LORENZI, K. S. de et al. Evapotranspiração de referência entre os métodos de penman-monteith e thorthwaite no estado de santa catarina. Florianópolis, SC. (2013).

MACHADO, R. E.; MATTOS, A. Avaliação do desempenho de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 193-197, 2000.

MANTOVANI, E.C. Desarrollo y evaluacion de modelos para el manejo del riego: estimacion de la evapotranspiracion y efectos de la uniformidad de aplicacion del riego sobre la produccion de los cultivos. Universidad de Cordoba, Cordoba, España, 1993. 184 p.

MENDONÇA, E. A.; Dantas, R. T. Estimativa da evapotranspiração de referência no município de Capim, PB. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.196-202, 2010.

MENDONÇA, J.C. et al. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense, RJ. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.7, n.2, p.275-279, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S141543662003000200015&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em 25 out. 2008.

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, Campina Grande, v.7, n.2, p.275-279, 2003.

PEREIRA,D.R. dos et al. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira, MG. Ciência Rural, v.39, n.9, dez, 2009.

SEDIYAMA, G. C. Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 1-7, 1996.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, Nova Iorque, v.38, n.1, p.55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; WILM, H. G. Report of the committee on evapotranspiration and transpiration, 1943-1944. *Transactions of the American Geophysical Union*, Washington, DC, v. 25, n. 5, p. 686-693, 1944.