



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

Análise de Sensibilidade da Evapotranspiração de Referência em uma Área de Floresta no Sudoeste da Amazônia



Robson Prata Frota¹; Roziane Sobreira dos Santos²; Adenis de Oliveira Silva³

¹ Grad. em Estatística, Depto. de Matemática e Estatística, UNIR, Campus Ji-Paraná – RO, Fone: (69) 9275-2841, robson.pf@hotmail.com

² Estatística, Profª. Adjunta, Depto. de Matemática e Estatística, UNIR, Campus Ji-Paraná – RO

³ Estatístico

RESUMO: A evapotranspiração (ET) exerce grande influência no ciclo hidrológico. Para compreender os mecanismos que influenciam a ET, é importante entender a variação da evapotranspiração de referência (ET_o) e as condições climáticas da região. Objetivou-se neste estudo analisar a sensibilidade da temperatura do ar, radiação, umidade relativa e velocidade do vento, na equação da ET_o para uma área de floresta no sudoeste da Amazônia. Foram utilizados dados diários do ano de 2008 medidos na torre micrometeorológica instalada na REBIO JARU, representando o período chuvoso e seco. A sensibilidade foi realizada variando cada elemento climático em uma amplitude de $\pm 20\%$, isto é (-5% , -10% , -15% , -20% , $+5\%$, $+10\%$, $+15\%$, $+20\%$), mantendo os demais fixos. A maior sensibilidade foi observada na temperatura do ar quando alterada em $\pm 20\%$, com o impacto na ET_o superior a 20% nos dois períodos. O vento apresentou menor influência na variação da ET_o, não ultrapassando em 5% de variação. Verificou-se um padrão inversamente proporcional entre o saldo de radiação e a umidade relativa. Com exceção da temperatura do ar, as demais variáveis têm o mesmo impacto quando alterada positivamente ou negativamente e este comportamento é similar entre os períodos seco e chuvoso. Para uma região de floresta tropical a sensibilidade das variáveis são altamente expressivas no valor da ET_o.

PALAVRAS-CHAVE: Penman-Monteith FAO, sensibilidade ET_o, elementos climáticos

Reference Evapotranspiration Sensitivity Analysis in a Forest Area in Southwestern Amazon

ABSTRACT: Evapotranspiration (ET) has great influence on the hydrological cycle. To understand the mechanisms that influence ET, it is important to understand variation of the reference evapotranspiration (ET_o) and the climatic conditions of the region. The objective of this study is to analyze the sensitivity of the air temperature, radiation, relative humidity and wind speed, in the equation of ET_o to a forest area in southwestern Amazonia. Was used daily data in year 2008 measured in micrometeorological tower installed in REBIO Jaru, representing the rainy and dry seasons. The sensitivity was performed by varying each climatic element in a range of $\pm 20\%$, i.e. (-5% , -10% , -15% , -20% , $+5\%$, $+10\%$, $+15\%$, $+20\%$) while maintaining the others fixed. The highest sensitivity was observed in air temperature when changed by $\pm 20\%$, the impact on upper ET_o 20% in both periods. Wind showed less influence on the variation of ET_o, for not more than 5% variation. There was an inverse pattern of the between net radiation and relative humidity. With the exception of the air temperature, the others variables have the same impact when changed positively or negatively and this behavior is similar between the dry and rainy seasons. For a region of tropical forest the sensitivity of the variables are highly significant in the value of ET_o.

KEY WORDS: FAO Penman-Monteith, ET_o sensitivity, climatic elements

A evapotranspiração (ET) é um dos componentes mais importantes no ciclo hidrológico exercendo grande influência no mesmo, sendo a principal responsável pela perda de água nas bacias hidrográficas (ALENCAR et al., 2011), interferindo diretamente os processos a recarga dos aquíferos, o escoamento superficial e à dinâmica da umidade do solo (LIANG et al., 2008).

A ET é definida como a combinação de dois processos distintos em que a água é perdida, diretamente da superfície do solo por evaporação e a partir da transpiração plantas por meio dos estômatos (ALLEN et al., 1998, ALLEN et al., 2006).

A ET é influenciada por vários elementos climáticos: como radiação, temperatura do ar, umidade e velocidade do vento. Qualquer variação nesses elementos afeta diretamente a ET. Segundo Costa et al. (2010), identificar as diferentes influências na ET é importante na compreensão da dinâmica da água das florestas tropicais e tem implicações significativas para o desenvolvimento futuro de modelos vegetação-atmosfera e uso da terra e planejamento de conservação na região.

Para calcular evapotranspiração, Allen et al. (1998), definiu o conceito de evapotranspiração de referência (ET_o), como taxa de evapotranspiração de uma cultura de referência considerada livre de estresse hídrico e doenças com altura e resistência superficial fixa, e padronizou a equação de Penman-Monteith (PM) no boletim FAO 56 (ALLEN et al., 1998; ALLEN et al., 2006).

A ET_o expressa a demanda evaporativa da atmosfera independente da cobertura vegetal do local, sendo afetada somente por fatores climáticos. Sendo assim, avaliar a sensibilidade dos elementos climáticos que compõem a equação de cálculo da ET_o é grande relevância, pois fornece uma análise geral da importância relativa dessas variáveis na variação da ET_o.

Estimativas quantitativa do efeito das diferentes variáveis meteorológicas na ET_o é um passo importante no estudo do impacto das alterações climáticas sobre os componentes de evapotranspiração e balanço hídrico, além de possibilitar determinar a acurácia necessária dos elementos climáticos utilizados nas estimativas da evapotranspiração de referência (IRMAK et al., 2006).

Diante do exposto, este estudo objetiva avaliar a sensibilidade às variações dos elementos do clima que compõem equação de PM (FAO 56) de evapotranspiração de referência em uma região de floresta no sudoeste da Amazônia.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no centro-leste do estado de Rondônia em um sítio experimental, pertencente à rede de torres do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (Projeto LBA), situado na Reserva Biológica Jaru (REBIO Jaru), uma área de floresta nativa, localizada a aproximadamente 80 km do município de Ji-Paraná (10°4'48''S; 61°55'48''W).

Foram utilizados dados diários do ano de 2008 representando os períodos caracterizados como chuvoso e seco. Informações adicionais com relação ao sítio e os dados medidos podem ser encontradas em Von Randow et al. (2004).

A ET_o foi estimada pela equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) dada por:

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{900}{T_{media} + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (1)$$

em que,

ET_o = Evapotranspiração de referência [mm dia⁻¹]; Δ = Declividade da curva de pressão do vapor [kPa °C⁻¹]; Rn = Saldo de Radiação à superfície da cultura [MJ m⁻² dia⁻¹]; G = Densidade do fluxo de

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

calor do solo [$\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$]; γ = Constante psicrométrica [$\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$]; U_2 = Velocidade do vento a 2 metros de altura [m s^{-1}]; $T_{\text{média}}$ = Temperatura média diária do ar a 2 metros de altura [$^\circ\text{C}$]; $(e_s - e_a)$ = Déficit de pressão do vapor de saturação [kPa].

A análise de sensibilidade da equação de será realizada para os elementos climáticos: temperatura do ar, radiação, umidade relativa e velocidade do vento. A sensibilidade será avaliada simulando diferentes cenários de possíveis variações nesses elementos, correspondentes a $\pm 5\%$, $\pm 10\%$, $\pm 15\%$ e $\pm 20\%$, em cada elemento, assumindo que os outros se mantêm fixos.

Inicialmente, a ET_o será calculada com os dados meteorológicos originais sem qualquer mudanças. Em seguida, cada variável listada acima foi aumentada ou diminuída individualmente e posteriormente a ET_o será recalculada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o comportamento dos principais elementos que compõem a equação de Penman-Monteith, variando-os em + 20% no período chuvoso. Observa-se que a temperatura do ar exerce a maior influência na ET_o , elevando-a em aproximadamente 23%. A radiação solar é o segundo componente com maior influência. A umidade relativa do ar e velocidade do vento exercem a terceira e quarta influência, respectivamente, apresentado um comportamento inverso em relação a temperatura e radiação, com influência negativa na ET_o quando alterada em +20%.

Quando os elementos são variados em -20% (Figura 2), também no período chuvoso, verificou-se um comportamento similar ao de +20%, porém inverso, com a umidade relativa, sendo a variável de maior influência positiva de +16% já a temperatura do ar com tem uma influencia negativa de -20%.

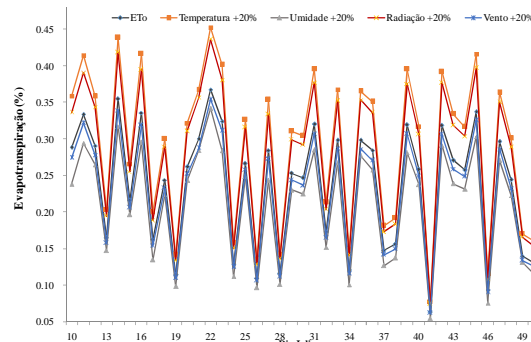


Figura 1 – Variação da ET_o em +20% no período chuvoso

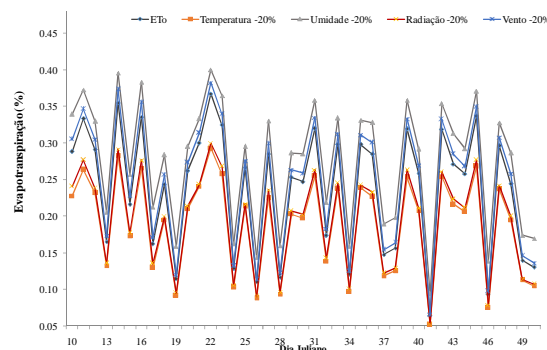


Figura 2 – Variação da ET_o em -20% no período chuvoso

A Figura 3 apresenta as variáveis no período seco, com comportamento similares aos das figuras 1 e 2, a temperatura do ar tem a maior influencia quando variada em +20% alterando o resultado final da ETo em +24%, o saldo de radiação exerce a segunda maior influencia. A umidade relativa do ar e velocidade do vento exerce um comportamento inverso, ficando com a terceira e a quarta maior influencia, respectivamente.

Observa-se na Figura 4 as variações dos elementos em -20% no período seco, eles tem um comportamento inversamente proporcional quando variados em +20% com a umidade relativa do ar e a velocidade do vento exercendo influencias positivas.

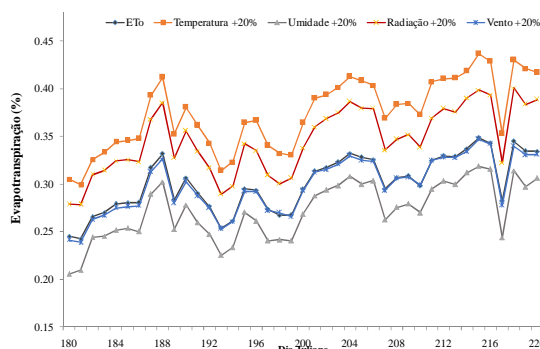


Figura 3 – Variação da ETo em +20% no período seco

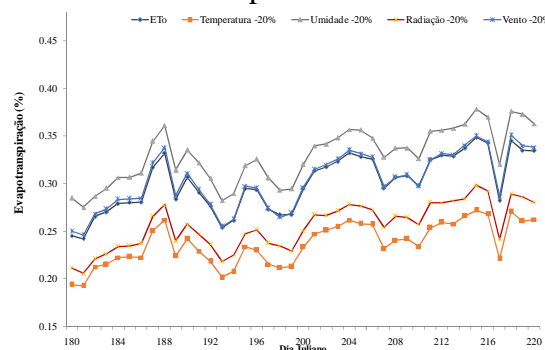


Figura 4 – Variação da ETo em -20% no período seco

Quando comparado os períodos seco com o chuvoso, observou-se um padrão de variação diferente. Com o cálculo das variâncias das variáveis, verificou-se que o saldo de radiação tem sua variância alterada nos períodos seco e chuvoso, sendo aproximadamente 28 vezes maior a variância no período chuvoso.

A sensibilidade, avaliada simulando diferentes cenários de possíveis variações da temperatura do ar, umidade relativa, saldo de radiação e velocidade do vento, correspondentes a $\pm 5\%$, $\pm 10\%$, $\pm 15\%$ e $\pm 20\%$, em cada elemento, assumindo que os outros se mantêm fixos, é apresentada nas tabelas 1 e 2.

As tabelas 1 e 2 apresentam as variações observadas na ETo no período seco e chuvoso, respectivamente. Observa-se um comportamento similar nos dois períodos, porém com variações mais expressivas, na temperatura do ar, no período seco.

Tabela 1 - Variabilidade da ETo no período seco

Variáveis	Seca				Seca			
	-5%	-10%	-15%	-20%	5%	10%	15%	20%
Temperatura do ar	-0.06	-0.11	-0.16	-0.21	0.06	0.12	0.18	0.24
Umidade Relativa	0.02	0.05	0.07	0.10	-0.02	-0.05	-0.07	-0.10
Saldo de Radiação (Rn)	-0.04	-0.08	-0.11	-0.15	0.04	0.08	0.11	0.15

Velocidade do Vento	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01
----------------------------	------	------	------	------	------	------	-------	-------

Tabela 2 - Variabilidade da ETo no período chuvoso

Variáveis	Chuva				Chuva			
	-5%	-10%	-15%	-20%	5%	10%	15%	20%
Temperatura do ar	-0.05	-0.10	-0.15	-0.20	0.06	0.11	0.17	0.23
Umidade Relativa	0.04	0.08	0.12	0.16	-0.04	-0.08	-0.12	-0.10
Saldo de Radiação (Rn)	-0.04	-0.09	-0.13	-0.18	0.04	0.09	0.13	0.18
Velocidade do Vento	0.01	0.02	0.03	0.05	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04

Entretanto, no período chuvoso, as alterações ocorrem por causa da demanda de água na atmosfera, uma vez que, em uma região tropical, umidade tem forte influencia negativa na ETo. Além disso, quando a umidade é variada positivamente acima de 15%, em determinados dias, atinge seu limite de saturação e não exerce mais influencia na ETo (Tabela 2).

Observou-se uma maior influência da radiação na ETo no período chuvoso, isso ocorre devido a maior variação no saldo de radiação por causa da maior cobertura de nuvens nesse período.

CONCLUSÕES

A temperatura do ar apresentou maior influencia relativa na ETo alterando-a em 24% e 23% nos períodos secos e chuvoso, respectivamente, quando aumentada em 20%. A velocidade do vento tem a menor influência na variação da ETo, não ultrapassando em 5% de variação. Verificou-se um padrão inversamente proporcional entre o saldo de radiação e a umidade relativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, L. P.; SEDIYAMA, G. C.; WANDERLEY, H. S.; ALMEIDA, T. S.; DELGADO, R. C. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades no norte de Minas Gerais. Engenharia na Agricultura, Viçosa - MG, v.19, n.5, p. 437-449. 2011.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration—guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56 FAO. 1998.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, J. Evapotranspiration del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: FAO, 298 p. (Estudio Riego e Drenaje Paper, 56). 2006.
- COSTA, MARCOS H.; BIAJOLI, MÁRCIA C.; SANCHES, L.; MALHADO, ANA C. M.; HUTYRA, LUCY R.; ROCHA, HUMBERTO R. DA; AGUIAR, RENATA G.; ARAÚJO, ALESSANDRO C. Atmospheric versus vegetation controls of Amazonian tropical rain forest evapotranspiration: Are the wet and seasonally dry rain forests any different?. Journal of Geophysical Research. v. 115, G04021. 2010.
- IRMAK, S.; PAYERO, J. O.; MARTIN, D. L.; IRMAK, A.; HOWELL, T. A. Sensitivity analyses and sensitivity coefficients of standardized daily ASCE Penman–Monteith equation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. v. 132, n. 6, p. 564–578. 2006.
- LIANG, L.; LIJUAN, L.; ZHANG, L.; LI, J. Sensitivity of Penman-Monteith reference crop evapotranspiration in Tao'er River Basin of northeastern China. Chinese Geographical Science, v. 18, n.4, p.340-347, 2008.
- VON RANDOW, C.; MANZI, A. O.; KRUIJT, B.; OLIVEIRA, P. J.; ZANCHI, F. B.; SILVA, R. L.; HODNETT, M. G.; GASH, J. H. C.; ELBERS, J. A.; WATERLOO, M. J.; CARDOSO, F. L.; KABAT, P. Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon exchange over forest and pasture in South West Amazonia. Theoretical and Applied Climatology. v. 78, n. 1-3, p. 5-26. 2004.