

COMPARAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO ESTIMADA PELO MÉTODO DE THORNTHWAITE E PELO MÉTODO DE EDDY CORRELATION EM ÁREAS DE FLORESTA TROPICAL E PASTAGEM EM RONDÔNIA.

KÉCIO G. LEITE¹, HEMERSON P. S. CASTRO², AILTON M. LIBERATO³

1. Matemático, Pesquisador, Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia - LBA, Universidade Federal de Rondônia, UNIR, Ji-Paraná - RO, Fone: (0 xx 69) 34236797, keciogoncalves@yahoo.com.br.

2. Graduando em Física, Assistente de pesquisa, LBA, UNIR, Ji-Paraná – RO.

3. Mestrando em Meteorologia, Pesquisador, LBA, UFCG, Campina Grande – PB.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

RESUMO: Neste trabalho foram comparadas as estimativas de evapotranspiração obtidas pelo método de Thornthwaite e pelo método de correlação de vórtices turbulentos (Eddy Correlation) em áreas de floresta tropical e de pastagem. As medidas para alimentar os modelos foram obtidas nas torres micro-meteorológicas do LBA (Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia) em Rondônia no ano de 2001. No sítio de floresta, a diferença das estimativas durante a estação chuvosa foi de 9%, enquanto na estação seca foi de 32%. O modelo de Thornthwaite mostrou-se mais sensível à redução das chuvas. No sítio de pastagem, a diferença nas estimativas durante a estação chuvosa foi de 34%, enquanto que, na estação seca, a diferença foi de 18,21%. Considerando-se as estimativas geradas para o ano inteiro, nos dois sítios, a diferença ficou em torno de 13%. Isto sugere que a opção por uma das duas metodologias pode gerar resultados bastante distintos no estudo de evapotranspiração na região amazônica.

PALAVRAS-CHAVE: Amazônia. evapotranspiração. estimativa.

COMPARISON OF THE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATE BY THE METHOD OF THORNTHWAITE AND THE METHOD OF EDDY CORRELATION IN AREAS OF TROPICAL FOREST AND PASTURE IN RONDONIA.

ABSTRACT: In this work the estimates of evapotranspiration had been compared gotten by the model of Thornthwaite and the method of Eddy Correlation in areas of tropical forest and pasture. The measures to feed the models had been gotten in the micrometeorological towers of the LBA (The Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment In Amazonia) in Rondonia in the year of 2001. In the forest site, the difference of the estimates during the rainy station was of 9%, while in the dry station it was of 32%. The model of Thornthwaite revealed more sensible to the reduction of rains. In the pasture site, the difference in the estimates during the rainy station was of 34%, whereas, in the dry station, the difference was of 18,21%. Considering the estimates generated in the entire year, in the two sites, the difference was around 13%. This suggest that the option for one of the two methodologies can generate distinct results in the study of evapotranspiration in the amazon region.

KEYWORDS: Amazonia. evapotranspiration. estimate.

INTRODUÇÃO: Nas últimas décadas, a Amazônia tem sofrido profundas perdas de floresta conseqüente da rápida expansão de atividades madeireiras, de mineração e, principalmente, de criação de gado. Isto, associado ao pobre cumprimento das leis ambientais existentes e ao aumento da pressão populacional, tem dificultado limitar os impactos ambientais na Amazônia Brasileira (FEARNSIDE e LAURENCE, 2002). Neste contexto, necessita-se investigar as conseqüências da mudança de cobertura do solo de floresta para outro tipo de vegetação, quanto aos impactos regionais e globais na disponibilidade de água para evapotranspiração e precipitação. Cerca de 50% da precipitação na Amazônia é proveniente da água evapotranspirada pela vegetação (SALATI, 1978), sendo que a quantidade de vapor exportado da Amazônia por ano para outras regiões pelos “jatos de baixa altitude sul-americanos” é de cerca de 3,4 trilhões de metros cúbicos (FEARNSIDE, 2004). Redução na transferência de vapor para atmosfera, portanto, poderia alterar o ciclo hidrológico não só da região amazônica, como também de outras regiões. Estimativas de evapotranspiração de bacias inteiras têm sido feitas através de métodos indiretos que exigem poucas variáveis meteorológicas, geralmente obtidas em estações convencionais, ou mesmo por sensores remotos (VICTORIA, BALLESTAR, PEREIRA et al., 2003). O objetivo deste estudo é o de comparar os valores de evapotranspiração obtidos pelo método de Thornthwaite e pelo método de correlação de vórtices turbulentos (Eddy Correlation) em sítios de floresta tropical e de pastagem em Rondônia no ano de 2001.

MATERIAL E MÉTODOS: O sítio de floresta tropical fica no município de Ji-Paraná, e está localizado na Reserva Biológica do Rio Jaru (Rebio), protegida pelo IBAMA, a 10°05'S e 61°35'W, 150m acima do nível do mar. O sítio de pastagem se encontra na Fazenda Nossa Senhora (FNS), no município de Ouro Preto d'Oeste, a 40 km de Ji-Paraná. Localiza-se a 10°45'S e 62°22'W, a 293 m acima do nível do mar. As características do solo dos dois sítios estão descritas em HODNETT, OYAMA, TOMASELLA et al. (1996). O material utilizado compreende um anemômetro sônico tridimensional (Solent 1012R2, Gill Instruments, UK), um analisador de gás no infravermelho (IRGA, Li-6262, LICOR, EUA), um pluviômetro de balança (Didcot Instruments Company, Abingdon, UK), com resolução de 0,2mm, e um psicrômetro de resistência de platina (HI, Wallingford, UK), com uma precisão nas medidas de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, conectados a um gabinete contendo um datalogger CR10X (Campbell Scientific Instrument, Logan, Utah, USA) e um palmtop. Uma lista completa dos instrumentos instalados nos dois sítios encontra-se em VON RANDOW, MANZI, KRUIJT et al. (2004). As medidas de evapotranspiração foram obtidas a partir dos valores integrados dos fluxos de calor latente, através do método de correlação de vórtices turbulentos (Eddy Correlation), que se baseia no conceito de que o fluxo turbulento de uma determinada grandeza à superfície pode ser calculado através da covariância entre esta grandeza e a componente vertical de velocidade do escoamento (PINTO e ROCHA, 2000). Desta forma, o fluxo de calor latente pode ser dado por $\lambda E = \rho \lambda \overline{w'q'}$, em que λE é o fluxo de calor latente ($W m^{-2}$); ρ é massa específica do ar, λ é o calor latente de vaporização ($J kg^{-1}$), w' é a componente turbulenta da velocidade vertical do vento e q' é a componente turbulenta da umidade específica do ar ($kg kg^{-1}$). Este valor foi convertido então em mm de evapotranspiração, considerando-se que são necessários 4,5 MJ para evaporar 1 mm de água. Os valores médios mensais de temperatura do ar e de totais de precipitação foram utilizados para a estimativa da evapotranspiração real pelo método de Thornthwaite. Uma descrição do procedimento para se estimar a

evapotranspiração real pelo método de Thornthwaite pode ser encontrada em PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS (2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As medidas de evapotranspiração obtidas pela correlação de vórtices turbulentos apresentaram uma acentuada diferença na comparação entre a floresta e a pastagem (Figura 1) durante o ano. Porém, nos meses de junho e julho houve um aumento no fluxo de calor latente na pastagem, fazendo com que, neste período, floresta e pastagem apresentassem valores praticamente semelhantes.

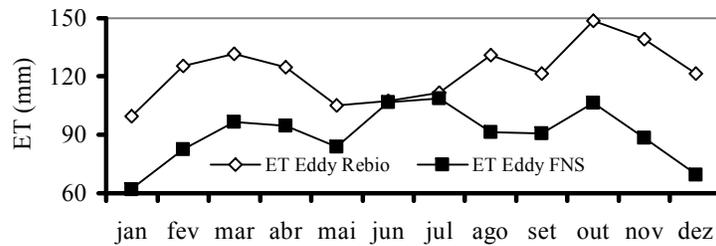


Figura 1: Medidas de evapotranspiração (ET) pela correlação de vórtices turbulentos (Eddy) na floresta (Rebio) e pastagem (FNS).

A evapotranspiração real estimada pelo método de Thornthwaite foi bastante semelhante nos dois sítios nos primeiros e nos últimos meses do ano, diferenciando-se principalmente em abril/maio e julho/agosto (Figura 2), quando a pastagem apresentou valores menores de evapotranspiração.

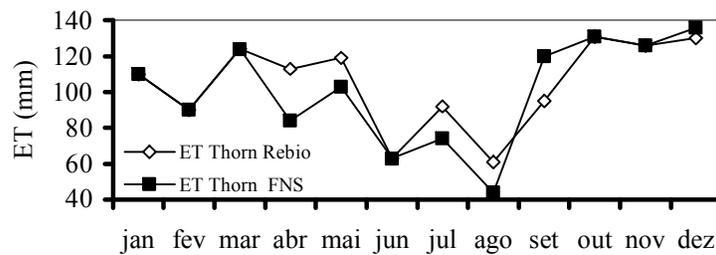


Figura 2: Estimativa da evapotranspiração real (ET) pelo método de Thornthwaite (Thorn) para floresta (Rebio) e pastagem (FNS).

Comparando-se os valores medidos e estimados pelos dois métodos na pastagem (Figura 3), observa-se que o método de Thornthwaite foi mais sensível à disponibilidade de água pelas chuvas, apresentando os maiores valores de evapotranspiração nos meses mais chuvosos.

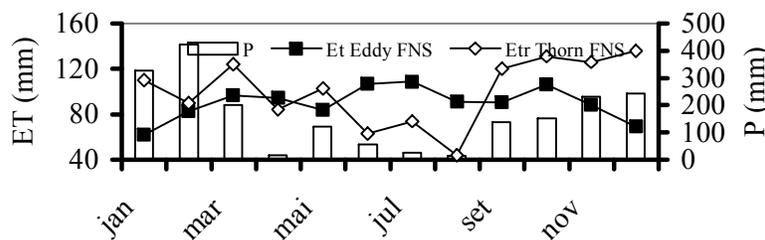


Figura 3: Comparação da evapotranspiração (ET) obtida pelo Eddy e pelo método de Thornthwaite para pastagem (FNS) e os totais mensais de precipitação (P).

Quanto às medidas do Eddy, o que se observa é que há um aumento dos fluxos de calor latente na medida em que diminui a precipitação. Na floresta, os valores estimados seguiram a disponibilidade de água pelas chuvas. No entanto, diferentemente do que se observa na

pastagem, a tendência observada é a de que nos meses mais chuvosos há uma evapotranspiração obtida pelo Eddy maior do que nos meses com menos chuva (Figura 4).

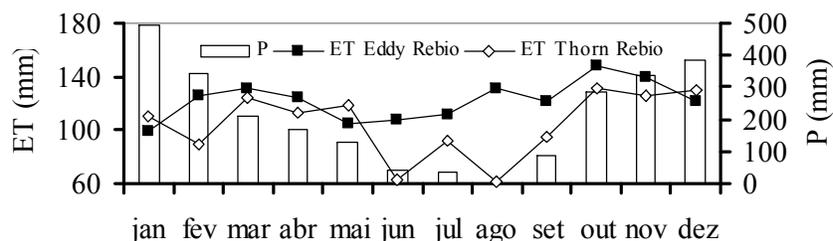


Figura 4: Comparação da evapotranspiração (ET) obtida pelo Eddy e pelo método de Thornthwaite para floresta (Rebio) e os totais mensais de precipitação (P).

Comparando os resultados obtidos pelos dois métodos na floresta (Tabela 1), e tomando-se as medidas do Eddy como referência, observa-se que para a estação chuvosa (jan, fev, mar) os valores obtidos pelo método de Thornthwaite foram 9% menores. Já na estação seca, a diferença se amplia, sendo de 32%. Porém, a diferença no total anual cai para 14%. Para os resultados obtidos na pastagem (Tabela 2), os valores estimados na estação chuvosa foram superestimados em relação ao Eddy em 34%, ocorrendo o inverso na estação seca, quando as medidas do Eddy foram 18% superiores à estimativa de Thornthwaite.

<i>Método</i>	<i>Estação chuvosa</i>	<i>Estação seca</i>	Total Anual
Eddy	356	364	1466
Thornthwaite	324	248	1254
Ed – Thor/Ed	0,09	0,32	0,14

Tabela 1: Comparação dos valores obtidos pelo Eddy e pelo método de Thornthwaite em mm para floresta.

<i>Método</i>	<i>Estação chuvosa</i>	<i>Estação seca</i>	Total Anual
Eddy	241	291	1081
Thornthwaite	324	238	1205
Ed – Thor/Ed	-0,34	0,18	-0,11

Tabela 2: Comparação dos valores obtidos pelo Eddy e pelo método de Thornthwaite em mm para pastagem.

Quanto aos totais anuais, os valores obtidos pelo método de Thornthwaite foram 11% maiores do que as medidas obtidas pelo método de Eddy Correlation. O método de correlação de vórtices turbulentos apresentou uma redução de 26% na evapotranspiração da pastagem em relação à floresta, durante todo o ano. Essa diferença foi pequena comparando-se os valores estimados para os dois sítios pelo método de Thornthwaite, sendo de apenas 3,9% para todo o ano. Em totais anuais de evapotranspiração, os valores obtidos pelos dois métodos estão próximos dos constantes na literatura para a região:

Fonte	Evapotranspiração anual em mm
Leopoldo et al., 1995	1493
Victoria et al., 2003 (Modelado)	1158
Victoria et al., 2003 (Balanço de massa)	1231

Tabela 3: Valores de evapotranspiração da região encontrados na literatura.

CONCLUSÃO: Os dois métodos mostraram menor evapotranspiração na área de pastagem em relação à floresta. A evapotranspiração medida e estimada para floresta apresentou-se bastante semelhante na estação chuvosa, com uma diferença de 9%. No entanto, as medidas do Eddy mostraram valores 14% maiores no total anual, sendo que o método de Thornthwaite foi mais sensível à redução de chuva durante a estação seca, ficando a diferença de valores de

evapotranspiração nesta estação em 32%. Já na pastagem, tanto na estação seca como na chuvosa, os valores dos dois métodos foram bem distintos, sendo que para a estação chuvosa o método de Thornthwaite apresentou valores 34% superiores ao Eddy, e 18% menores na estação seca, sendo a diferença anual de 11%. Os resultados obtidos mostram que numa escala anual, para os dois tipos de vegetação, os métodos apresentam valores com uma diferença em torno de 13%, estando, entretanto próximos aos citados na literatura. Porém divergem quanto à sazonalidade do comportamento da evapotranspiração, sendo que para floresta houve divergência de valores na estação seca, e para pastagem durante as estações seca e chuvosa. Isto sugere que a opção por uma das duas metodologias pode gerar resultados bastante distintos no estudo da evapotranspiração na região amazônica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

FEARNSIDE, P. M.. A água de São Paulo e a floresta amazônica. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v.34, n.203, p.63-65, 2004.

FEARNSIDE, P. M.; LAURANCE, W.F.. O futuro da Amazônia: Os impactos do Programa Avança Brasil. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v.31, n.182, p.61-65, 2002.

HODNETT, M. G.; OYAMA, M. D.; TOMASELLA, J.; MARQUES FILHO, A. O.. Comparison of long term soil water storage behaviour under pasture and forest in three areas of Amazonia. In: John Gash. (Org.). *Amazonian Deforestation and Climate*, p.57-77, 1996.

LEOPOLDO, P.R., FRANKEN, W.K., VILLA NOVA, N.A.. Real evapotranspiration and transpiration through a tropical rain forest in central Amazônia as estimated by the water balance method. *Forest Ecology and Management*, n.73, p.185-195, 1995.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. *Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas*. Guaíba: Agropecuária, 2002.

PINTO, L. D. V. O. ; ROCHA, H. R. . Cálculo dos fluxos turbulentos de energia e CO₂ pelos métodos de eddy correlation e do co-espectro. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Rio de Janeiro, 2000.

SALATI, E.. Origem e distribuição das chuvas na Amazônia. *Interciência*, v.3, n.4, p.200-206, 1978.

VICTORIA, D. C.; BALLESTAR, M. V. R.; PEREIRA, A. R.; e VILLA NOVA, N. A. Estimativa do balanço hídrico da Bacia do rio Ji-Paraná através de sensoriamento remoto e geoprocessamento. *Anais da XI SBSR*, Belo Horizonte, 2003.

VON RANDOW, C.; MANZI, A. O.; KRUIJT, B.; OLIVEIRA, P. J.; ZANCHI, F. B.; SILVA, R. L.; HODNET, M. G.; GASH, J. H. C.; ELBERS, J. A.; KABAT, P.; Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon exchange over forest and pasture in South West Amazonia. *Theoretical and Applied Climatology*, Austria, v.78, n.3, 2004.