

APLICAÇÃO DE UM MODELO ECOLÓGICO PARA OS FLUXOS DE ENERGIA EM ÁREAS DE FLORESTA TROPICAL

NARA L. R. ANDRADE¹, ALBERTO D. WEBLER², LUCIANA SANCHES³, RENATA G. AGUIAR⁴

1 Eng. Sanitária Ambiental, doutoranda do PPG em Física Ambiental – UFMT e Profa.do Depto. de Engenharia Ambiental, UNIR, Ji-Paraná - RO, Fone: (0 xx 69) 8127-0201, naraluisar@gmail.com.

2 Graduando de Engenharia Ambiental, Depto. de Engenharia Ambiental, UNIR, Ji-Paraná - RO.

3 Eng. Sanitarista, Prof°. Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT, Cuiabá, MT.

4 Matemática, doutoranda do PPG em Física Ambiental – UFMT e Profa.do Depto. de Engenharia Ambiental, UNIR, Ji-Paraná - RO.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011
– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

RESUMO: Devido à importância das trocas de energia entre os ecossistemas tropicais e a atmosfera, e as dificuldades inerentes para essas medidas, esse trabalho foi destinado para o estudo da aplicabilidade do modelo SITE para a simulação dos fluxos de energia na floresta tropical semi-decíduas no nordeste de Mato Grosso, Brasil (SINOP) e floresta Amazônica Tropical no sudoeste da Amazônia, Rondônia (Rebio JARU), os dados foram coletados em dois sítios pertencentes ao LBA na Amazônia no ano de 2007. As variáveis para os dados de entrada do modelo SITE para cálculo dos fluxos de energia foram a velocidade do vento(u), temperatura do ar(T), umidade específica do ar(q_a), radiação incidente de onda curta (S_{in}), radiação de onda longa(L_{in}) e precipitação(ppt). Os dados de saída do modelo calibrado foram comparados com dados observados nos sítios, para validação. Para SINOP, houve uma tendência à subestimação de H e R_n ($R^2=0,87$ e $R^2=0,98$ respectivamente), e LE apresentou uma superestimação ($R^2=0,94$). Na Rebio JARU os resultados foram satisfatórios para as simulações de R_n ($R^2=0,99$) e LE ($R^2=0,81$) com tendência de subestimar R_n e superestimar LE . Para a simulação de H , o modelo apresentou forte tendência a subestimar essa variável.

PALAVRA CHAVE: fluxos de energia, floresta tropical e modelo de ecossistema.

IMPLEMENTATION OF AN ECOLOGICAL MODEL FOR ENERGY FLUXES IN RAINFOREST AREAS

ABSTRACT: Because of the importance of energy exchanges between the tropical ecosystems and the atmosphere, and difficulties inherent to these measures, this study was designed to study the applicability the model SITE for the simulation of energy flows in the rainforest semi-deciduous forest in northern Mato Grosso, Brazil (SINOP), and in a tropical Amazonian forest in eastern Rondônia (REBIO JARU), the data were collected at two sites belonging to the LBA in the year of 2007. The variables for the model input data for calculation of the SITE energy flows were through the wind speed(u), air temperature(T), specific humidity (q_a), incident shortwave radiation(S_{in}); longwave radiation(L_{in}) and precipitation(PPT). The output data of the calibrated model were compared with observed data on the sites, this validation to occur. For Sinop, an underestimation of H and R_n ($R^2=0,87$ and $R^2=0,98$ respectively), and has LE showed an overestimation ($R^2=0,94$) and Rebio JARU, the results were satisfactory for the simulation of R_n ($R^2=0,99$) and LE ($R^2=0,81$) with a tendency to underestimate LE and overestimate R_n . For this simulation of H , the model underestimation occurring.

KEYWORDS: Energy flows, tropical forest and ecosystem model.

INTRODUÇÃO: Há uma considerável incerteza acerca de como os ecossistemas permanecerão mediante os efeitos nas mudanças do clima sobre a estrutura e composição da vegetação com o passar do tempo (COCHRANE e BARBER, 2009). Diante a complexidade e o custo de instalar experimentos para avaliar o impacto potencial de mudanças ambientais no funcionamento de um ecossistema, a modelagem torna-se uma alternativa viável para responder às questões mencionadas anteriormente (SANTOS, 2001). Existe uma série de modelos consolidados para utilização em áreas de Florestas Tropicais, como por exemplo, o LSX, o LSM e o IBIS.

Porém, esses exigem uma grande quantidade de dados de entrada, fazendo com que haja o direcionamento de pesquisas para a busca por modelos mais simples, que possam ser aplicados, sem detrimento da qualidade do modelo, à áreas de Floresta tropical, como é o caso das áreas de estudos em questão, uma Floresta de Transição madura e intacta, ecótono entre a Floresta Amazônica e o Cerrado, próximo à cidade de Sinop – MT, e uma Floresta Tropical situada no estado de Rondônia, próximo a cidade de Ji-Paraná, RO (sítio REBIO JARU).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o modelo simplificado de ecossistema tropical – SITE, para estimativa de fluxos de energia em dois ecossistemas distintos da Amazônia.

MATERIAL E MÉTODOS:

Áreas de estudos: As áreas em estudo estão inseridas na região Amazônica, sendo que a área 1 (denominada SINOP) localiza-se a aproximadamente 60 km ao norte de Sinop, Mato Grosso (55°19'O; 11°25'S), e é composta por uma área de floresta tropical de transição entre Amazônia e Cerrado, com altura média do dossel de 28m e algumas árvores emergentes alcançando 42m. Nos últimos 30 anos, a temperatura média anual foi 24 °C com pequena variação sazonal.

A área 2 (denominada REBIO JARU), está localizada na Reserva Biológica do Jaru (10,08°S; 61,93°W), é uma área protegida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e está situada no Estado de Rondônia, a aproximadamente 80km da cidade de Ji-Paraná. Essa região possui uma vegetação com características de terra-firme, com altura média do dossel de aproximadamente 35m e temperatura média anual registrada de 25°C.

Instrumentação e conjunto de dados: No presente trabalho foram analisadas séries de dados referentes aos dois sítios em questão: REBIO JARU e SINOP, durante a estação seca (J-J-A) do ano de 2007, de acordo com o critério adotado anteriormente em estudos de VOURLITIS et al. (2004). Foram utilizados dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar global incidente, radiação solar líquida, precipitação e fluxos de calor latente e sensível, medidos durante o ano de 2007, previamente filtrados de acordo com valores limites pré-estabelecidos (AGUIAR, 2005). Dessa série de dados foram selecionados períodos para serem utilizados na modelagem sendo o critério para seleção dos períodos o fato de possuírem medidas de todas as variáveis de entrada do modelo agrupadas por estação, de modo que os períodos equivalentes foram dos dias julianos 182 a 213 (meses JJ) e dos dias julianos 235 a 243 (mês A), respectivamente para Sinop e Rebio Jaru.

Na tabela, são apresentados os sensores utilizados nos dos dois sítios experimentais. Como pode ser observado, ocorre similaridade entre os sistema de aquisição de dados e coleta, ambos os sítios apresentam medidas a cada 30s para dados de baixa frequência e 10hz para os dados para cálculos de fluxos turbulentos e armazenamentos a cada 30min.

Tabela 1: Variáveis medidas e equipamentos utilizados, para os sítios experimentais SINOP E REBIO JARU.

| Variáveis Microclimáticas / Instrumentos utilizados | SINOP | Rebio JARU |
|--|---|-----------------------------------|
| Temperatura/Umidade | HMP-35C (Campbell) – 42m | HMP-45C (Campbell) – 62m |
| Radiação de onda curta | LI-200SA (Licor) – 42m | CM6 (kipp e Zonen) – 58m |
| Fluxos de calor latente, fluxos de calor sensível e velocidade do vento x,y e z. | LI-7500 (Licor) e CSAT-3 (Campbell) – 42m | LI-7500 (Licor) e R3 (Gill) – 63m |
| Aquisição dos dados | CR-10X (Campbell) | CR-23X (Campbell) |

Modelagem: Para simulação dos fluxos foi utilizado o modelo simplificado de dinâmica de vegetação de ecossistema tropical pontual - SITE (em inglês, Simple Tropical Ecosystem Model, versão atual 1.1-0d), desenvolvido por Santos e Costa (2004), disponível no endereço eletrônico: <http://madeira.dea.ufv.br> (último acesso: 14 de abril/2010). É um modelo pontual, que usa um intervalo de integração (dt) de uma hora, representando um ponto de terreno totalmente coberto por uma floresta tropical perene de folhas largas.

As variáveis do conjunto de dados de entrada utilizado para modelagem dos fluxos de energia pelo modelo SITE foram: velocidade horizontal do vento (u), temperatura do ar (T), umidade específica do ar (qa), radiação de onda curta incidente (Sin), radiação de onda longa incidente (Lin) e precipitação (Ppt). Os dados de Lin foram estimados por meio da equação:

$$Lin = Rn - Sin + \lambda \sigma T_a^4,$$

sugerida por Nunes et al. (2007), em que, se supõe que a temperatura efetiva da emissão do dossel é igual à temperatura absoluta do ar, em que λ é a emissividade do dossel e σ é a constante de Stephan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$). O valor de λ para o sítio de Sinop (0,997521) foi determinado pela equação:

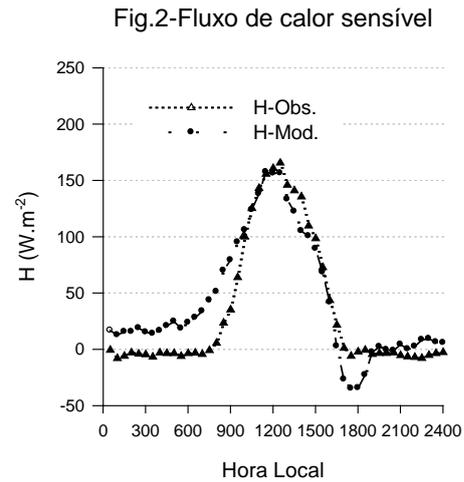
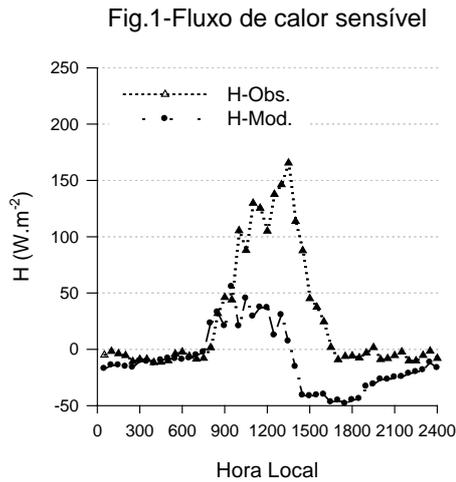
$$\lambda = 1 - e^{-LAI} \text{ (VILANI, 2007),}$$

em que, LAI é o índice de área foliar ($\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$).

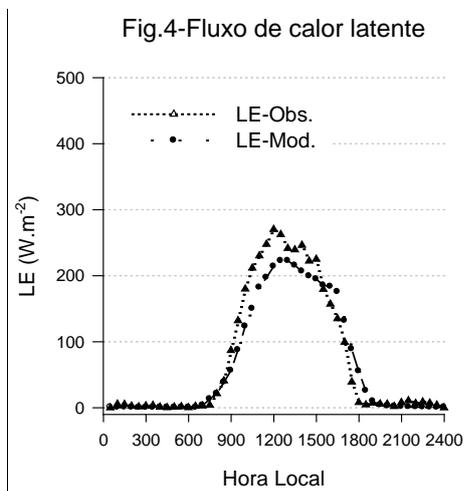
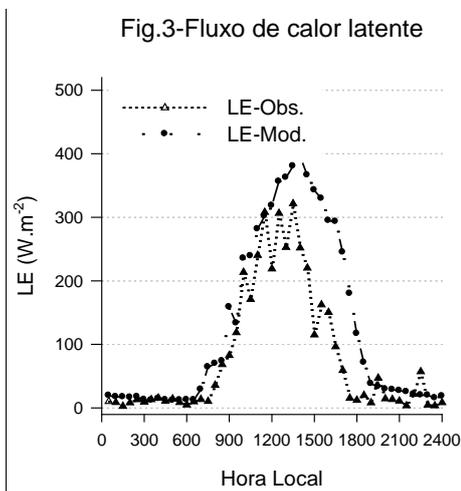
As variáveis de saída utilizadas para a avaliação do modelo foram H, LE e Rn. O desempenho do modelo foi analisado de acordo com os critérios estatísticos da análise de regressão, com determinação dos coeficientes de correlação (R^2) e de inclinação de reta de regressão (α) entre os dados medidos e simulados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Nas Figuras 1 e 2 podem ser observados os fluxos de calor sensível nos dois sítios experimentais estudados, REBIO JARU e SINOP respectivamente, durante os dias 182 a 213 (31 dias). Pode-se observar que o desempenho do modelo SITE foi melhor em SINOP apresentando um coeficiente de determinação com $R^2 = 0,87$, e inclinação da reta de regressão (α) de 1,03 enquanto a REBIO Jaru apresentou o $R^2 = 0,30$ e inclinação da reta de regressão (α) de 0,28. Assim mostra que o modelo simulou esse fluxo satisfatoriamente no período estudado em SINOP.

As Figuras 3 e 4 apresentam os fluxos de calor latente em ambos os sítios, é visível um desempenho próximo ao medido, onde SINOP apresentou melhor resultado, com o $R^2 = 0,94$ no qual o calor latente modelado foi pouco inferior ao medido, apresentando inclinação da reta de regressão (α) de 1,12 a REBIO com $R^2 = 0,81$, apresentou uma tendência a superestimação dos valores modelados (α) de 1,24 mas, em termos gerais, o modelo SITE mostrou uma boa aplicabilidade para essa variável.



Figuras 1 e 2: Dia médio do fluxo de calor sensível modelado (H-Mod.) e observado (H-Obs.) na Rebio Jaru (1) e Sinop (2).

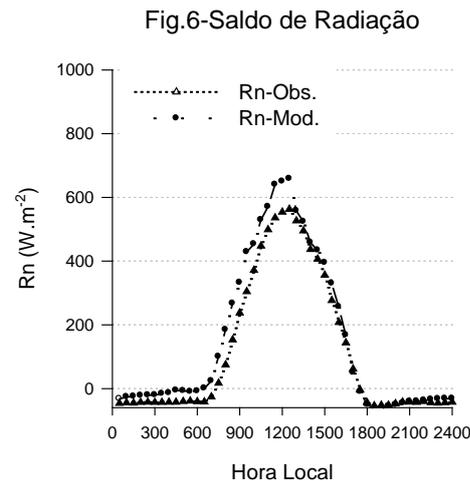
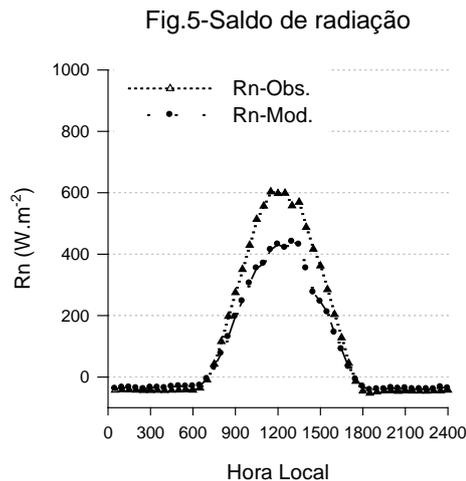


Figuras 3 e 4: Dia médio do fluxo de calor latente modelado (LE-Mod) e observado (LE-Obs) na Rebio Jaru (3) e Sinop (4)

Nas Figuras 5 e 6 pode-se observar o saldo de radiação nos dois sítios. Os valores modelados na REBIO JARU apresentaram um bom ajuste aos modelos observados ($R^2 = 0,99$), contudo durante o período com valores de maior R_n apresentou uma diferença maior que nos demais horários. Apresentou também tendência à subestimação de 29% em relação aos valores medidos.

Em SINOP os valores modelados e os observados apresentaram $R^2 = 0,98$, com uma superestimação de 14%, onde essa diferença foi observada apenas durante a primeira parte do dia, apresentando no período restante valores muito próximos ao observado.

Nos períodos estudados, pode-se observar que o modelo SITE apresentou-se, de um modo geral, adequado para estimativas de médias diárias, especialmente no que se refere a R_n e LE. As dificuldades em ajustar H, observadas neste trabalho especialmente para o sítio REBIO JARU, são similares às observadas anteriormente por SANTOS (2001), sugerindo uma necessidade de calibração de algumas variáveis do modelo (como por exemplo, a capacidade máxima da enzima rubisco - V_{max} , e fração de umidade no solo - θ_g/θ_d) com dados medidos para este sítio, uma vez que essas características podem ser bem distintas do ecossistema para o qual o modelo SITE foi originalmente calibrado (Floresta Nacional do Caxiuanã).



Figuras 5 e 6: Dia médio da Radiação líquida modelada (Rn-Mod) e observada (Rn-Obs.) na Rebio Jaru (5) e Sinop (6)

CONCLUSÃO: O modelo de estudo SITE apresentou em geral boa aplicabilidade, apresentando maiores dificuldades para estimativas do fluxo de calor sensível, principalmente na Rebio JARU e melhores resultados para a radiação líquida, com coeficientes de determinação próximos à unidade. Assim é possível utilizar o modelo para preenchimento de falhas nas séries temporais e, também para estimar fluxos em regiões onde os sistemas para medidas de fluxos são inexistentes.

REFERÊNCIAS:

AGUIAR, R.G. **Fluxos de massa e energia em uma floresta tropical no sudoeste da Amazônia.**

Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT, 56 f, 2005.

COCHRANE, M. A.; BARBER, C. P.; Climate change, human land use and future fires in the Amazon. **Global Change Biology**, v. 15, p. 601–612, 2009.

NUNES, E. L.; IMBUZEIRO, H. M. A.; COSTA, M. H. **Uso do modelo site para simular fluxos de calor sensível, calor latente e carbono em um sítio de mata atlântica.**

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

SANTOS, S. N. M. **Modelo de fluxos de energia, água e CO₂ aplicado em ecossistema de floresta tropical.** Viçosa, MG, 2001. 80p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. 2001.

SANTOS, S. N. M.; COSTA, M. H. A simple tropical ecosystem model of carbon, water and energy fluxes. **Ecological Modelling**, v. 176, p. 291-312. 2004.

VILANI, M. T.). **Estimativa da fapar utilizando três métodos para uma floresta de transição amazônia-cerrado.** 2004. 88f. Dissertação de mestrado (Física Ambiental) – Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá . 2007.

VOURLITIS, G. L.; PRIANTE FILHO, N.; HAYASHI, M. S.; NOGUEIRA, J. S.; RAITER, F.; HOEGEL, W.; CAMPELO JR, J. H. Effects of meteorological variations on the CO₂ exchange of a brazilian transitional tropical forest. **Ecological Applications**, v. 14, n. 4, p. S89-S100, 2004.