

ESTIMATIVA DO BALANÇO DE ENERGIA UTILIZANDO O MODELO DE INTERAÇÃO BIOSFERA-ATMOSFERA - CABLE

Leonardo de Oliveira Neves¹; José Maria Nogueira da Costa²; Débora Regina Roberti³; Flavio Barbosa Justino⁴; Williams Pinto Marques Ferreira⁴; Evandro Chaves de Oliveira⁶; Leonardo José Gonçalves Aguiar⁷; Paulo Henrique Gonçalves⁸; Helton Fernandes Higel⁹; Maurício Paulo Rodrigues¹⁰

¹ Meteorologista, Professor, Instituto Federal Catarinense – Campus Rio do Sul (IFC). Fone: (0xx47) 3531-3700, ds_neves@hotmail.com

² PhD. Professor titular – Universidade Federal de Viçosa – (UFV). Fone: (0xx31) 3899 1898, jmncosta@yahoo.com

³ DSc. Professor adjunto – Universidade Federal de Santa Maria – (UFSM). Fone (0xx55), d_r_roberti@yahoo.com.br

⁴ PhD. Professor adjunto – Universidade Federal de Viçosa – (UFV). Fone: (0xx31) 3899 1898, fjustino@ufv.br

⁵ DSc. Pesquisador EMBRAPA. Fone: (0xx19) 3256 6030, williams@cpms.embrapa.br

⁶ Meteorologista, Professor, Instituto Federal do Espírito Santo, IFES, Campus Itapina – ES, evandro.oliveira@ifes.edu.br

⁷ Matemático, Doutorando em Meteorologia Agrícola – Universidade Federal de Viçosa – (UFV), veraneiro@hotmail.com

⁸ Meteorologista, Doutorando em Meteorologia Agrícola – Universidade Federal de Viçosa – (UFV), paulociclone@yahoo.com

⁹ Graduando em Física – Universidade Federal de Viçosa – (UFV), rodrigues.mp@hotmail.com

¹⁰ Graduando em Ciência da Computação – Instituto Federal Catarinense – Campus Rio do Sul (IFC) – helton.fernandes@hotmail.com

XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia
18 a 21 de julho de 2011

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho do modelo CABLE (Csiro Atmosphere Biophysic Land Exchange) na estimativa do saldo de radiação, para três dias consecutivos acima da cultura da soja. Foram realizadas medições contínuas dos fluxos de massa e energia para um ciclo completo da cultura da soja durante o período de novembro de 2008 a abril de 2009, no município de Cruz Alta, RS, Brasil. Para simulação do saldo de radiação foi utilizado o modelo Biofísico de interação solo-planta-atmosfera “CABLE”. Foram realizados quatro testes estatísticos para testar o modelo CABLE, o qual conseguiu reproduzir os valores dos dados observados dos componentes do balanço de energia durante os três dias analisados, obtendo índice de correlação “r” e índice de concordância “d” de 0,98 e 0,97, respectivamente.

PALAVRAS CHAVES: Soja, Saldo de Radiação.

ESTIMATE OF ENERGY BALANCE USING THE INTERACTION THE BIOSPHERE-ATMOSPHERE MODEL - CABLE

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the performance of the CABLE (Csiro Atmosphere Biophysic Land Exchange) model in estimating the net radiation, for three consecutive days above the soybean crop. Were performed continuous measurements of mass and energy flows for a complete cycle of soybeans during the period November 2008 to April 2009, in Cruz Alta, RS, Brazil. To simulate the net radiation was used the interaction soil-plant-atmosphere CABLE model. Four statistical tests were performed to test the model CABLE, which successfully reproduce the observed data values of the components of energy balance during the three analyzed days, the correlation index “r” and agreement of index “d” of 0.98 and 0.97, respectively were obtained.

KEYWORD: Soybean, net radiation, CABLE model.

INTRODUÇÃO: A soja (*Glycine max* (L) Merrill), constitui-se uma das principais culturas da agricultura brasileira, com relevante papel socioeconômico, além de se constituir em matéria prima indispensável para impulsionar diversos complexos agroindustriais. Nos últimos anos pesquisas têm buscado respostas à dinâmica de interações do sistema solo-planta-atmosfera para auxiliar no planejamento e condução no cultivo da soja. Nas últimas

décadas, muitos modelos têm sido desenvolvidos para descrever a interação entre a biosfera e a atmosfera, sendo que vários desses modelos de superfície são comumente acoplados em modelos de clima regional e global (DICKINSON et al., 1986; SELLERS et al., 1986, 1992, 1996, KOWALCZYK et al., 1991, 1994; GARRATT et al., 1993). Segundo Soares (2009) simulações computacionais são ferramentas importantes para o estudo do balanço de água e de energia na superfície. Simular as interações entre a biosfera, a atmosfera e o ciclo hidrológico é uma tarefa complexa devido a não linearidade dos processos de transferência de água e de calor, a gama de escalas envolvidas, que vão desde a microescala até a escala global, e as incertezas dos dados de entrada, que podem ocasionar diferentes erros. Dentre os vários modelos conhecidos, o modelo “two-leaf” CABLE (CSIRO Atmosphere Biosphere Land Exchange Model) destaca-se por seu grande detalhamento físico do sistema solo-planta-atmosfera (KOWALCZYK et al., 2006). Esse modelo vem sendo utilizado em diversas condições de clima e solo. O presente trabalho teve como objetivo estimar o balanço energia utilizando o modelo de interação solo-planta-atmosfera CABLE para três dias consecutivos acima da cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS: O sítio experimental considerado foi o da FUNDACEP (Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa Fecotrigo) cujas coordenadas geográficas são 28°36' S e 53°40' O; e altitude 409 m, localizado no município de Cruz Alta, no Estado do Rio Grande do Sul, conforme indicação em destaque na **Figura 1**. Para análise do desempenho do modelo CABLE em simular o saldo de radiação foram selecionados os dias 10, 11 e 12 de fevereiro representativos do estágio reprodutivo da cultura da soja.



Figura 1. Localização do sítio experimental no município de Cruz Alta, no Estado do Rio Grande do Sul.

Todos os elementos meteorológicos (exceto precipitação), juntamente com as medidas dos fluxos, foram coletados por instrumentos instalados em uma torre micrometeorológica de 6 m de altura do Laboratório de Micrometeorologia da Universidade Federal de Santa Maria (Lumet- UFSM). Os dados de precipitação foram obtidos a partir da estação do INMET (localizado aproximadamente a 400 m da torre). O clima em Cruz Alta é subtropical úmido, Cfa, conforme a classificação climática de Köppen. A precipitação média anual fica em torno de 1.774 mm, com chuvas bem distribuídas durante o ano. O mês mais quente do ano é janeiro, com o máximo normal de 30 °C, e julho o mês mais frio, com mínima normal de 8,6 °C. A série de dados utilizada no presente estudo corresponde ao período de novembro de 2008 a abril de 2009. Para medição das variáveis meteorológica, necessárias à caracterização do microclima do ecossistema da cultura da soja e também para utilização como dados de entrada no modelo biofísico CABLE, foram instalados sensores em uma torre micrometeorológica, onde as variáveis geradas a cada 30 minutos são apresentadas na Tabela 1. Todos os fluxos (calor sensível, calor latente e CO₂) foram medidos de acordo com o método da covariância dos vórtices turbulentos (BALDOCCHI et al., 1988). Foi utilizado

para medir as flutuações dos componentes da velocidade do vento um analisador de gás infravermelho (IRGA) (LI-7500, Licor, Inc., Lincoln, NE) acoplado a um anemômetro sônico tridimensional (CSAT-3, Campbell Scientific, Inc., Logan, UT). Os sinais digitais desses instrumentos foram obtidos na frequência de 10 Hz e, as médias obtidas em intervalos de 30 minutos usando o datalogger CR23X da Campbell Scientific, cujos dados foram armazenados para o posterior processamento. Foi utilizado o modelo CABLE, descrito por Kowalczyk et al., (2006), para simular os componentes do balanço de energia durante o ciclo da cultura, o qual necessita de certa quantidade mínima de variáveis de entrada, tais como: radiação solar global ($W.m^{-2}$), pressão (mba), vento ($m.s^{-1}$), precipitação (mm), umidade específica ($kg.kg^{-1}$) e temperatura do ar (K). O modelo CABLE calcula a evolução temporal dos fluxos de dióxido de carbono, de calor latente, de calor sensível e de radiação na superfície. Os fluxos turbulentos verticais de calor, vapor d'água e *momentum* são dependentes das propriedades médias dos fluxos multiplicado pelo uso das resistências aerodinâmicas. O desempenho do modelo CABLE aplicado para simular os balanço de energia, foi avaliado estatisticamente por meio da utilização de quatro testes estatísticos: A Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE); o Desvio Médio do Erro de Estimativa (MBE); precisão - Coeficiente de Correção (r), e exatidão - Índice de Concordância de Willmott (d) (WILLMOTT et al., 1985). Os valores de coeficientes de correlação encontrados foram classificados seguindo a metodologia de Hopkins (2009) (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação das correlações de acordo com o coeficiente de correlação

Coeficiente de correlação “r”	Correlação
0 – 0,01	Muito Baixa
0,1 – 0,3	Baixa
0,3 – 0,5	Moderada
0,5 – 0,7	Alta
0,7 – 0,9	Muito Alta
0,9 – 1,0	Quase perfeita

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As comparações entre as medições do saldo de radiação e as simulações obtidas pelo modelo CABLE para três dias consecutivos para o estágio de desenvolvimento da cultura da soja está ilustrada na Figura 2. De acordo com os resultados pode ser observado uma tendência similar entre o saldo de radiação observado e simulado, caracterizado o ótimo desempenho do modelo CABLE em reproduzir a variação diária do saldo de radiação.

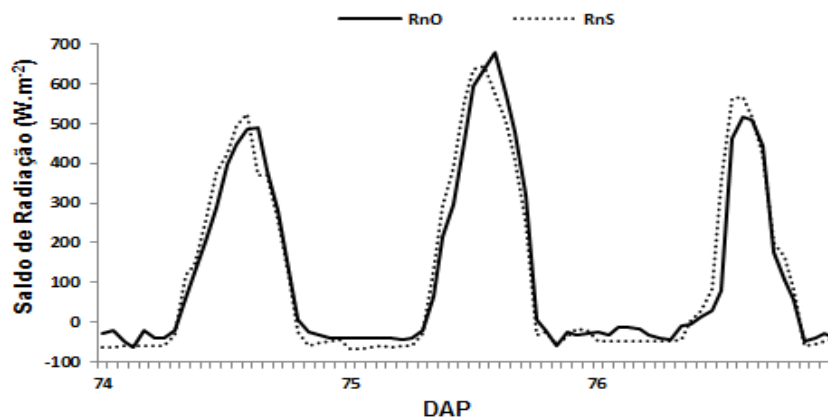


Figura 2. Saldo de Radiação Simulado (RnS) e do Saldo de Radiação Observado (RnO), para três dias consecutivos do estágio de desenvolvimento da cultura da soja.

Na Figura 3 são apresentadas as regressões lineares entre os dados observados e simulados do saldo de radiação acima da cultura da soja para três dias consecutivos. Observa-se que para os três dias selecionados o coeficiente de determinação ficou próximo de 1 (um), indicando um bom desempenho do modelo CABLE. Na Tabela 2 estão ilustrados os resultados estatísticos do saldo de radiação dos dados simulados e os observados. O bom desempenho do modelo em simular o saldo de radiação é observado, obtendo índice de concordância de Willmott “d” e coeficiente de correlação “r”, acima de 0,90. Resultados obtidos nas simulações com o saldo de radiação realizadas por Leuning et al., (1998) e Wang (2001) em estudo com trigo e pastagem, foram similares aos encontrados deste estudo, utilizando-se de um modelo similar “two-leaf”.

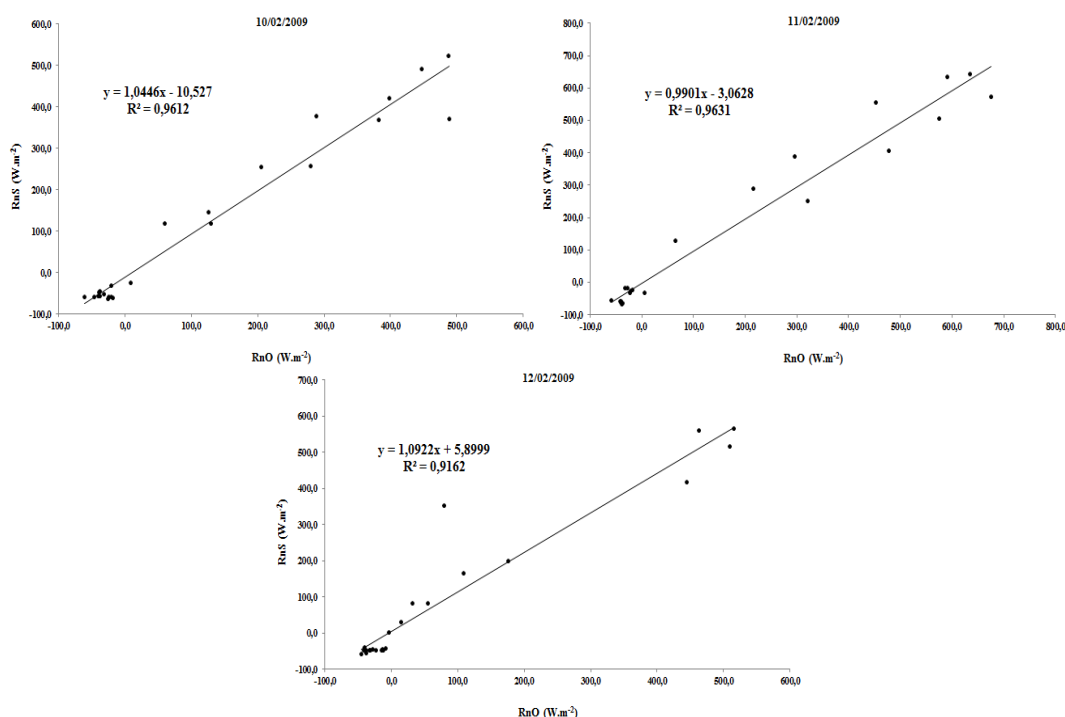


Figura 3. Regressões lineares entre os dados observados e simulados do saldo de radiação acima da cultura da soja para três dias consecutivos analisados.

Tabela 2. Resultado da análise estatística dos valores simulados e observados para o saldo de radiação (Rn) acima da cultura da soja durante os três dias consecutivos do estágio reprodutivo.

DATA	MBE	RMSE	r	d	Desempenho
	W.m ⁻²				
10/02	-5,1315	41,48	0,98	0,98	Quase perfeita
11/02	-4,6514	50,55	0,98	0,99	Quase perfeita
12/02	13,7071	65,26	0,95	0,97	Quase perfeita

CONCLUSÕES: Os resultados apresentados das simulações do modelo CABLE apresentou um desempenho “quase perfeito”, para os três dias analisados. Mesmo com a escassez de dados fisiológicos da cultura, o modelo conseguiu dar uma ótima resposta para o período analisado. O grande desafio agora é inserir os dados fisiológicos da planta no modelo, obtidos em “*in situ*” e verificar o desempenho do modelo para um período maior e avaliar a resposta que o modelo CABLE dará com um número mais complexo de dados.

AGRADECIMENTOS: Ao grupo de pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), pela coleta dos dados no campo. Ao grupo de pesquisa da Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela contribuição na análise dos dados simulados e observados. A CAPES pelo auxílio financeiro durante o período dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALDOCCHI, D.D. et al. Measuring biosphere-atmosphere exchanges of biologically related gases with micrometeorological methods. *Ecology*, v. 69, p. 1331-1340, 1988.
- DICKINSON, R. E. et al. Biosphere Atmosphere Transfer Scheme (BATS) for the NCAR Community Climate. Model. NCAR, USA, 1986.
- GARRATT, J.R. et al. The surface energy balance at local and regional scales- a comparison of general circulation model results with observations. *Journal of Climate*, v. 6, p. 1090-1109, 1993.
- KOWALCZYK, E.A., J.R. GARRATT, AND P.B. KRUMMEL. A soil-canopy scheme for use in a numerical model of the atmosphere. CSIRO Atmospheric Research Technical Paper # 23, 1991.
- KOWALCZYK, E.A., J.R. GARRATT, AND P.B. KRUMMEL. Implementation of a soil-canopy scheme into the CSIRO GCM – regional aspects of the model response. CSIRO Atmospheric Research Technical Paper 32, 1994.
- KOWALCZYK, E.A., et al. ‘CSIRO Atmosphere Biosphere Land Exchange (CABLE) model for use in climate models and as an offline model’, *CMAR Research Paper*, v. 013, 2006.
- LEUNING, R., et al. A two-leaf model for canopy conductance, photosynthesis and partitioning of available energy. II. Comparison with measurements. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 91, p. 113-125, 1998.
- SELLERS, P. J. et al. A simple biosphere model (SiB) for use within general circulation models. *Journal of Atmospheric Sciences*, v. 43, n. 6, p. 505-531, 1986.
- SELLERS, P.J. et al. Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration. III: A reanalysis using improved leaf models and a new canopy integration scheme. *Remote Sensing of Environment*, v. 42, p. 187-216, 1992.
- SELLERS, P.J. et al. A revised land surface parameterization (SiB2) for atmospheric GCMs Part I: Model formulation. *Journal of Climate*, v. 9, p. 676-705, 1996.
- SOARES, W.B. Fluxos de água e de energia em feijão macassar e mamona no nordeste do Brasil. 2009. 136 f. Tese (Doutorado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) – Universidade Federal de Pernambuco, 2009.
- WANG, Y.P. et al. Parameter estimation in surface exchange models using nonlinear inversion: how many parameters can we estimate and which measurements are most useful? *Global Change Biology*, v. 7, p. 495-510, 2001.
- WILLMOTT, C.J. et al. Statistics for the evaluation and comparison of models. *Journal of Geophysical Research*, Ottawa, v.90, p.8995-9005, 1985.