

IMPLEMENTAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM MODELO DE BALANÇO DE ENERGIA NO MODELO DSSAT-CROPGRO

Santiago Vianna Cuadra¹; Bruce A. Kimball²; Kenneth J. Boote³; Andrew E. Suyker⁴; Nigel Pickering⁵
Autor para correspondência: santiago.cuadra@embrapa.br

¹Embrapa; ²U.S. Arid-Land Agricultural Research Center, USDA Agricultural Research Service; ³Agricultural and Biological Engineering Department, University of Florida; ⁴School of Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln; ⁵Washington Stormwater Center, Washington State University

RESUMO

Uma maneira potencial de melhorar os modelos biofísicos é fazer com que eles calculem a temperatura do ar no nível do dossel da planta e, assim, simule o crescimento, desenvolvimento fenológico e rendimento das culturas com base nessa temperatura, e não na temperatura do ar medida na estação meteorológica. Nesse trabalho, apresentamos os resultados de um modelo de balanço energético desenvolvido por Jagtap e Jones (1989) e, em seguida, implementado no modelo CROPGRO por Pickering et. al. (1995) como um modelo de fotossíntese e balanço energia (EB); o EB não havia sido testado até agora. O código de balanço de energia calcula a evapotranspiração e outros componentes do balanço de energia, bem como a temperatura do dossel, seguindo três fontes (folhas iluminadas pelo sol, folhas sombreadas e superfície do solo). Foram usadas as medidas de biomassa e fluxos de energia diários do sítio experimental da universidade de Nebraska (US-NE2 e US-NE3, <https://ameriflux.lbl.gov/sites>) para validar os resultados. Em geral, o crescimento da cultura, a evapotranspiração e a temperatura do solo foram bem simulados pelo CROPGRO com o método de evapotranspiração FAO-56 Penman-Monteith (FAO) e o modelo EB. O EB melhorou ligeiramente as previsões ET, sob as condições irrigadas e de sequeiro, e melhorou significativamente as simulações da temperatura do solo, nas várias profundidades avaliadas.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço de energia; DSSAT-CROPGRO; Soja

IMPLEMENTATION AND VALIDATION OF AN ENERGY BALANCE MODEL IN THE DSSAT-CROPGRO MODEL

ABSTRACT

One potential way to improve crop growth models is to have them compute the temperature of a crop canopy by solving an energy balance and then to simulate the crop growth at that canopy temperature rather than at air temperature. We present the results of an energy balance model developed by Jagtap and Jones (1989) and then implemented in the CROPGRO model by Pickering et. al. (1995) as a linked energy balance-photosynthesis model (EB), that has lain untested until now. The energy balance code computes evapotranspiration and other energy balance components, as well as a canopy temperature, following three sources (sunlit leaves, shaded leaves, soil surface). We used the measured biomass and daily energy fluxes from two sites of Nebraska University (US-NE2 and US-NE3, <https://ameriflux.lbl.gov/sites>), to validate the results. In general, crop growth, evapotranspiration and soil temperature were consistently simulated well by CROPGRO with both the FAO-56 Penman-Monteith evapotranspiration method (FAO) and the EB model. EB improved the ET predictions slightly, under irrigated and rainfed conditions and a significant improvement was achieved using EB for the simulation of soil temperature at the various depths evaluated.

KEY-WORDS: Energy Balance; DSSAT-CROPGRO; Soybean

INTRODUÇÃO

Os modelos de crescimento das culturas são ferramentas amplamente utilizadas para avaliar os prováveis efeitos das mudanças climáticas na produtividade agrícola, além de ser uma importante ferramenta para auxiliar a gestão dos agricultores. No entanto, quase todos esses modelos simulam o crescimento das culturas considerando a temperatura do ar medida na estação meteorológica, enquanto que a temperatura real no dossel das plantações pode desviar muitos graus da referida temperatura (por exemplo, Allen et al., 2003). Portanto, uma forma potencial de melhorar esses modelos é fazer com que eles calculem a temperatura do ar no nível do dossel.

Entretanto, a previsão da temperatura no dossel requer muito mais esforço de codificação e implementação para o cálculo dos fluxos de energia no sistema solo-planta-atmosfera. Assim, resolver o balanço de energia fornece um método para calcular explicitamente os impactos da morfologia e fisiologia da cultura sobre o meio de crescimento da cultura, que afeta diretamente o uso da água e os requisitos de irrigação, fenologia, fotossíntese, esterilidade da cultura, como exemplo.

OBJETIVOS DO TRABALHO

A plataforma DSSAT (Sistema de Apoio à Decisão para Transferência de Agrotecnologia, Jones et al., 2003) é uma das plataformas de modelos de culturas agrícolas mais utilizadas no mundo (Seidel et al., 2018). A sub-rotina dentro do CROPGRO que calcula a fotossíntese é chamada de ETPHOT, descrita por Pickering et al. (1995), foi implementada há mais de duas décadas. No entanto, a parte do código que representa o balanço de energia na rotina ETPHOT, que calcula a evapotranspiração (ET) e outros componentes do balanço energético, permaneceu sem ser testada e utilizada. Portanto, tivemos três objetivos para este estudo: (1) ressuscitar o código de balanço de energia dentro do ETPHOT, (2) apresentar algumas mudanças implementadas para garantir a estabilidade numérica do modelo e (3) testar o modelo EB em relação as simulações com a ET calculada pelo método FAO-56.

MATERIAIS E MÉTODOS

O modelo Balanço de Energia (EB), desenvolvido por Jagtap e Jones (1989) e implementado no modelo CROPGRO por Pickering et. al. (1995), é executado internamente em escala horária usando e os resultados são providos em escala diária (Figura 1). O modelo resolve a absorção de luz para a irradiância direta e difusa, para as folhas iluminadas pelo sol e sombreadas, em função das dimensões de altura e largura do dossel, índice de área foliar (IAF), ângulo das folhas, direção da linha de plantio, latitude, dia do ano e radiação global incidente. O modelo considera o balanço de energia em três zonas ou “fontes” (Fig. 1): folhas iluminadas pelo sol (SL), folhas sombreadas (SH) e superfície do solo (SS). Primeiro, a radiação líquida (R_{Ni}) é calculada para cada zona, e então a energia é balanceada pelos fluxos de calor sensível (S_i), calor latente (L_i) e fluxo de calor no solo (G_i) – onde o índice i refere-se as três zonas representadas no modelo.

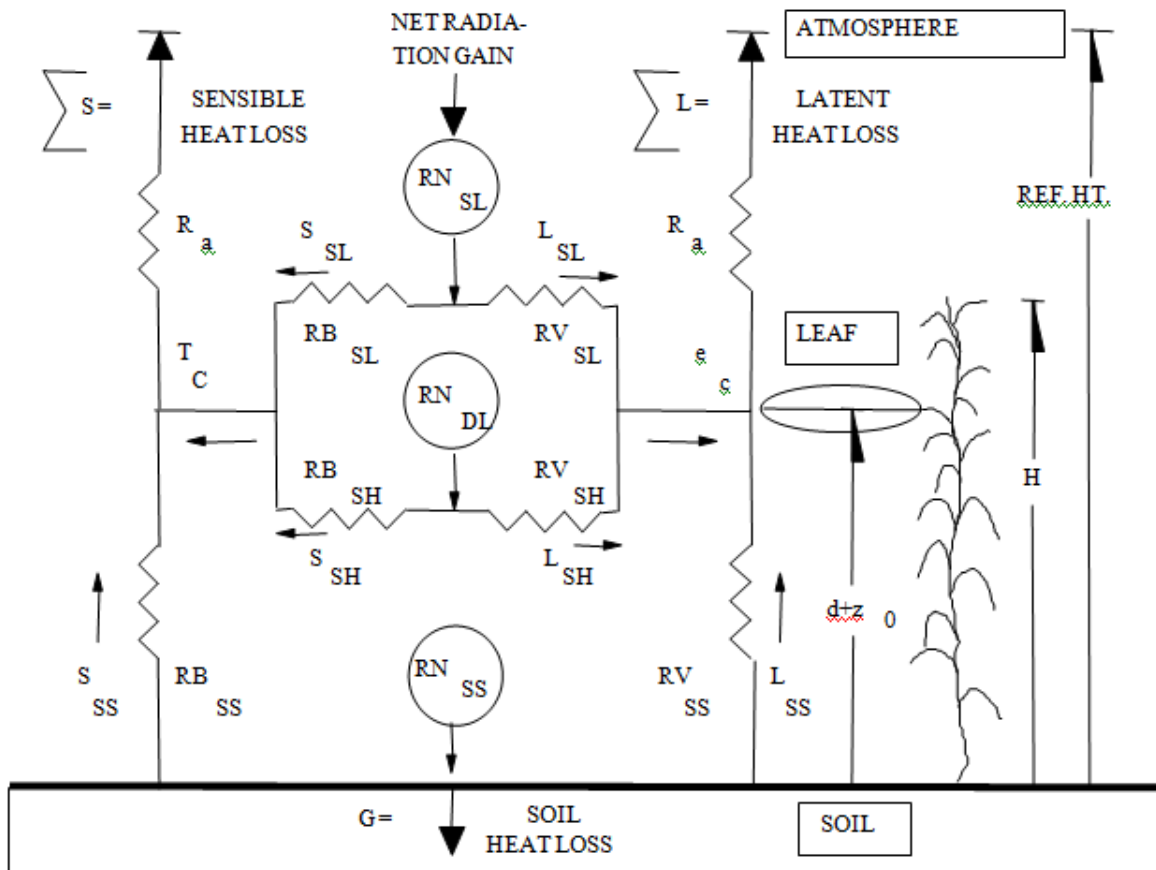


Fig. 1. Diagrama esquemático do modelo original de balanço energia (Jagtap e Jones, 1989) implementado no ETPHOT (Pickering et al., 1995).

Na validação do modelo foram utilizados os dados diários de ET (para os anos de 2002, 2004, 2006 e 2008) do experimento US-Ne2 (41°09'53,5"N, 96°28'12,3"W, 362 mm; <http://ameriflux.lbl.gov/sites/siteinfo/US-Ne2>), rotação de milho/soja irrigado, e do experimento US-Ne3 (41°10'46,8"N, 96°26'22,7"W, 363m; <http://ameriflux.lbl.gov/sites/siteinfo/US-Ne3>), rotação milho-soja em sequeiro.

Essa opção para calcular a evapotranspiração usando o balanço de energia não está disponível atualmente na versão oficial da versão v4.7 do DSSAT. Este código revisado foi submetido ao grupo de desenvolvimento DSSAT, e está previsto que esta opção de balanço de energia esteja disponível para todos os usuários do modelo CROPGRO na versão v4.8 do DSSAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 apresenta os resultados temporais observados e simulados, pelo CROPGRO com a parametrização da ET pelo método FAO-56 (Penman-Monteith, Allen et al., 1998) e o modelo EB, da biomassa nas vagens (kg ha⁻¹). Em geral, o CROPGRO produziu bons resultados com ambos os modelos de ET. No entanto, para os anos com estresse hídrico mais severo, 2002 e 2004, o modelo com o EB teve um desempenho melhor.

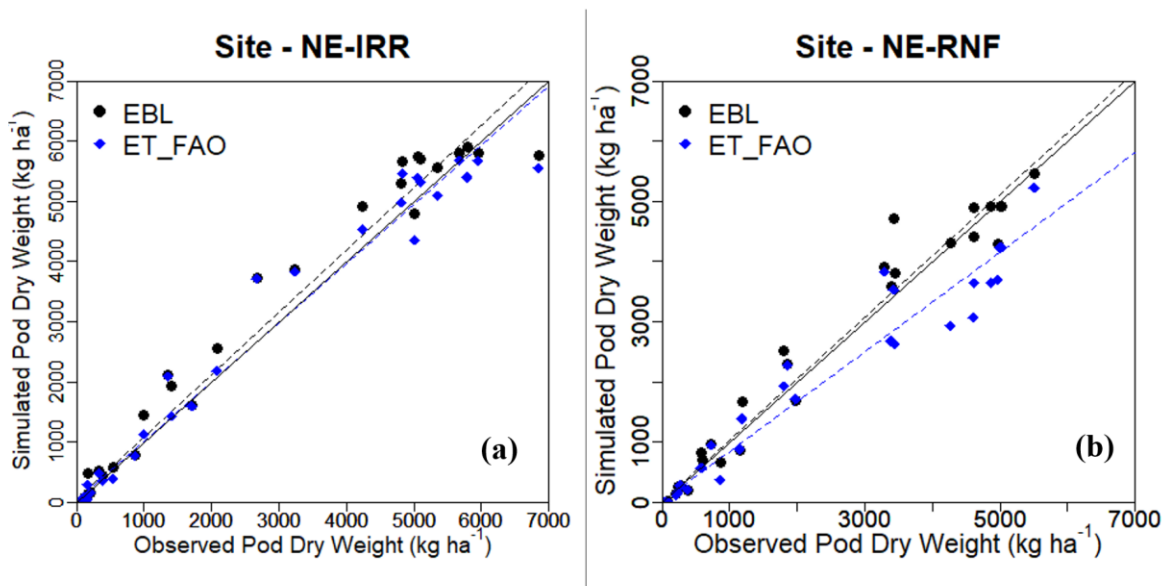


Fig. 2. Biomassa seca das vagens para a cultura da soja observada (kg ha^{-1}) versus simulada, com o método de evapotranspiração FAO-56 (diamante azul) e parametrização do balanço de energia (EB) (diamante preto), para tratamentos irrigados (a) e sequeiro (b) (anos de 2002, 2004, 2006 e 2008).

O modelo com a opção do EB melhorou ligeiramente as previsões de ET (Fig. 3 a,b), sob condições irrigadas e de sequeiro, com média simulada mais próxima em quatro dos cinco anos avaliados. Uma melhora significativa do EB em relação ao FAO-56 foi alcançada para a simulação da temperatura do solo nas diversas profundidades avaliadas (Fig. 3 c,d).

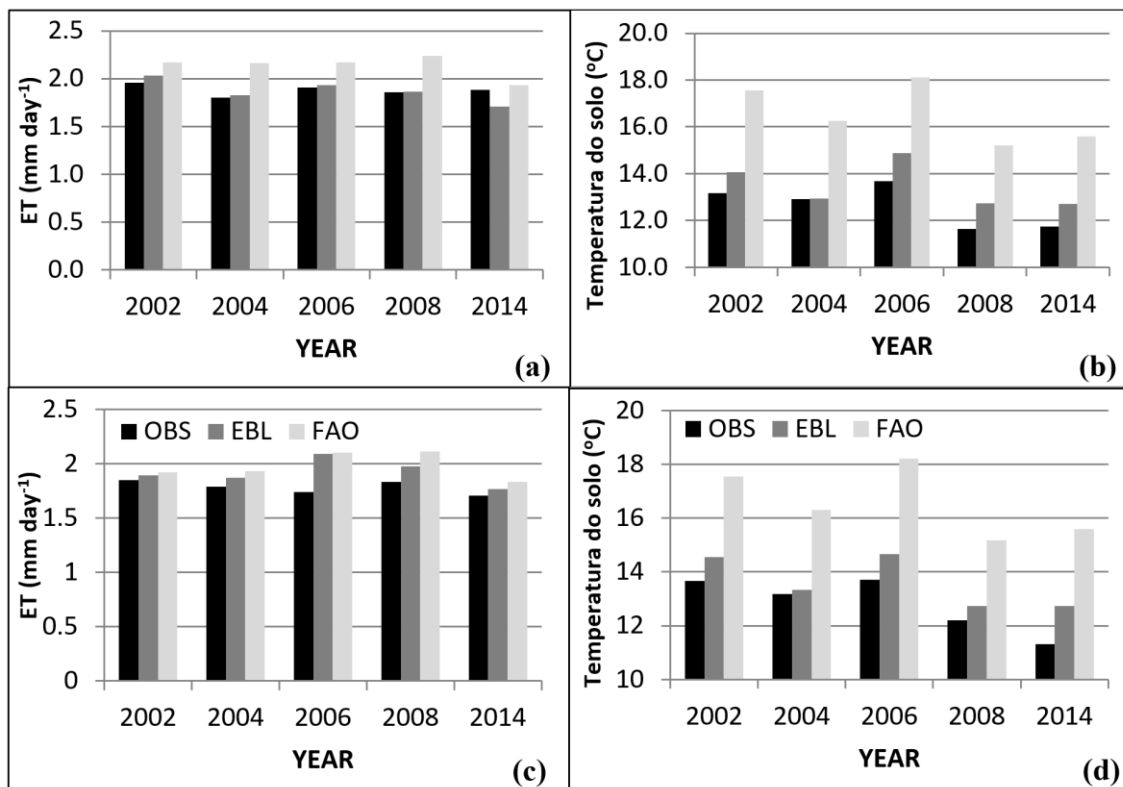


Fig. 3. Evapotranspiração média diária (barras pretas) (mm dia^{-1}) e temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$) a 5 cm de profundidade observadas e simuladas pelo modelo CROPGRO, com modelo EB (barras cinza escuras) e com a ET calculada pelo método FAO-56 (barras cinza claras), tratamentos irrigados (a, b) e de sequeiro (c, d), para os safras de 2002, 2004, 2006 e 2008.

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O crescimento das culturas, a evapotranspiração e a temperatura do solo foram consistentemente bem simuladas pelo CROPGRO com o método de evapotranspiração FAO-56 Penman-Monteith (Allen et al., 1998) e o modelo EB (Jagtap e Jones, 1989; Pickering et al. , 1995). No entanto, o modelo EB representa explicitamente muitos processos físicos, em contraste com o método FAO-56, fornecendo assim um método para calcular os impactos da morfologia e fisiologia e manejo das culturas sobre o ambiente onde as culturas são cultivadas.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem à Embrapa pelo suporte financeiro ao desenvolvimento da pesquisa. Agradecemos o apoio da Gerrit Hoogenboom e da Fundação DSSAT por facilitar este trabalho. Também apreciamos a ajuda de Cheryl Porter, Patricia Moreno, Willington Pavan, Kelly Thorp e Jeffrey White.

REFERÊNCIAS / REFERENCES

Allen, L. H., Jr., D. Pan, K. J. Boote, N. B. Pickering, and J. W. Jones. Carbon dioxide and temperature effects on evapotranspiration and water-use efficiency of soybean. **Agron. J.**, 95:1071-1081, 2003.

Jagtap, S.S., and J.W. Jones. Evapotranspiration model for developing crops. **Trans. ASAE** 32:1342-1350, 1989.

Jones, J.W., G. Hoogenboom, C.H. Porter, K.J. Boote, W.D. Batchelor, L.A. Hunt, P.W. Wilkens, U. Singh, A.J. Gijssman, and J.T. Ritchie. The DSSAT cropping system model. **Eur. J. Agron.** 18:235–265, 2003.

Pickering, N. B., J. W. Jones, and K. J. Boote. Adapting SOYGRO V5.42 for prediction under climate change conditions. pp. 77-98. In: C. Rosenzweig, J. W. Jones, and L. H. Allen, Jr. (eds.). *Climate Change and Agriculture: Analysis of Potential International Impacts*, ASA Spec. Pub. No. 59, **ASA-CSSA-SSSA**, Madison, WI, 1995.