



## 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*

#### **Estimativa e modelagem da evaporação do solo em cultivo de soja na Amazônia**



*José P. R Costa<sup>2</sup>; Cleber A. Santos<sup>2</sup>; Wagner L. Santos<sup>2</sup>; Diemerson L. Conceição<sup>2</sup>; Silvia A. E. Martins<sup>2</sup>; Wesley P. Marinho<sup>2</sup>*

<sup>4</sup> Meteorologista, Prof. Associado, Faculdade de Meteorologia, UFPA, Belém – PA, Fone: (91) 98248-4465, [jpaulo@ufpa.br](mailto:jpaulo@ufpa.br)

<sup>5</sup> Graduando em Meteorologia, Faculdade de Meteorologia, UFPA, Belém – PA. [cleber\\_ufpa@yahoo.com.br](mailto:cleber_ufpa@yahoo.com.br)

**RESUMO:** Em condições de campo, a evaporação do solo normalmente não é medida diretamente por meio instrumental, por isso a alternativa para sua computação é através de métodos estimativos ou por meio de programa computacional de modelagem. A evaporação do solo estimada e modelada em uma cultura de soja foi analisada neste estudo. A área experimental onde o estudo foi realizado fica no município de Paragominas, região nordeste do Pará (02<sup>o</sup> 38' S; 046<sup>o</sup> 27' W). A cultura de soja estudada foi a (*Glycine Max* (L.) Merrill), variedade Tracajá, durante o período de cultivo de fevereiro a junho de 2007. A evaporação do solo durante o ciclo de cultivo da soja foi estimada pelo método de Ritchie e modelada por meio do SVAT Land-Air Parametrization Scheme (LAPS). Os resultados mostraram que na fase de crescimento vegetativo quando existiu cobertura parcial do solo, foi observada decaimento da evaporação com o aumento da cobertura foliar. Na fase linear, período em que o dossel fechou, os valores médios diários estimados e simulados mostraram pequena diferença e variabilidade média diária. Porém, na fase de maturação e senescência, os valores estimados e simulados voltaram a crescer. O modelo LAPS superestimou o método estimativo e através de estatística simples, os valores estimados e simulados apresentaram coeficiente de ajuste de ( $R^2 = 0,80$ ).

**PALAVRAS-CHAVE:** parametrização, laps, solo

#### **Estimation and modeling of soil evaporation in soybean crop in the Amazon**

**ABSTRACT:** under field conditions, the evaporation of the soil is usually not measured directly by instrument, so the alternatives for its computation are the estimates methods or through of computational modeling program. Soil evaporation measured and modeled on a soyben crop was analyzed in this study. The experimental area where the study was conducted is in the municipality of Paragominas, Northeast region of Pará (02<sup>o</sup> 38' S; 046<sup>o</sup> 27' W). The soybean crop studied was (*Glycine Max* (L.) Merrill), variety Tracajá, during the period of cultivation from February to June 2007. The evaporation of the soil during the growing season of soybeans was estimated by the Ritchie method and modelled through the SVAT Land-Air Parametrization Scheme (LAPS). The results showed that in the vegetative growth phase when partial coverage existed, soil evaporation decay was observed with increasing leaf coverage. Linear phase, during which the canopy closed, the daily average values estimated and simulated showed little difference and average daily variability. However at the maturation and senescence phase, the estimated values and simulated grew again and through simple statistics, the estimated values and simulated showed good adjustment coefficient ( $R^2$  0.80).

**Keywords:** parametrization, laps, soil

A evaporação do solo é uma importante componente da evapotranspiração que não apresenta medida direta na natureza, por isso, normalmente é estimada a partir de variáveis atmosféricas, condições hídricas do solo e características fonológicas das plantas. Neste aspecto, a modelagem dos fluxos de calor, massa e momento em diferentes tipos de cobertura do solo assume grande importância, por que nos permite avaliar o desempenho das técnicas de modelagens empregadas nos modelos atmosféricos, biofísicos e hidrológicos (Mihailivić et al. 2000). O esforço no aperfeiçoamento da técnica de modelagem dos processos ambientais, ocorrido nos últimos tempos, tem se constituído numa ferramenta imprescindível para descrever as interações biosfera-atmosfera. A capacidade de representar processos físicos e biofísicos, a partir de um conjunto de expressões matemáticas detalhadas, possibilita aproximar as propriedades do modelo em relação às do sistema estudado e dessa forma obter uma representação resumida de tais processos no mundo real. Santos e Costa (2003) asseguram que o desenvolvimento de modelos com capacidade de representar processos ecológicos, biofísicos, biogeoquímicos e biográficos, que ocorrem em diferentes escalas de tempo, permite ampliar o conhecimento da variabilidade do clima na dinâmica dos ecossistemas terrestres. Em virtude do exposto acima, o objetivo do presente estudo foi analisar a evaporação do solo através do método de Ritchie e do modelo LAPS (Land-air Parametrization Scheme) em uma cultura de soja.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### OS DADOS

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos em área de soja (*Glycine Max* (L.) Merrill, BRS cultivar Tracajá), semeada em fileiras no sentido norte-sul, obedecendo a um espaçamento de 0,50 m entre fileiras e semeadura variando entre 25 e 27 sementes por metro linear. O solo da área do estudo foi classificado como latossolo amarelo argiloso de textura variando de franco-arenosa a muito argilosa. A semeadura ocorreu em 24 de fevereiro de 2007 e a colheita em 17 de junho do mesmo ano, totalizando 116 dias o ciclo de cultivo.

### O MODELO LAPS

O LAPS (Land-Air Parametrization Scheme) é um modelo de superfície, com embasamento biofísico, que utiliza na sua estrutura computacional duas camadas de solo para descrever o transporte vertical da água no solo; utiliza também, as características morfológicas e fisiológicas da vegetação para obter os coeficientes e resistências que governam os fluxos de calor e massa da superfície do solo para a atmosfera. Nas análises dos processos de transferência de solo nu e do dossel, as forçantes atmosféricas implementadas no modelo são: temperatura e umidade do ar em dois níveis, saldo de radiação, pressão atmosférica, precipitação e vento nas análises dos processos de transferência de solo nu e do dossel. A descrição completa do LAPS pode ser encontrada em Mihailovic (1996) e Mihailovic, et al. (1996).

O modelo LAPS parametriza a transferência de vapor d'água da superfície de solo para a atmosfera por:

$$E_g = \frac{\rho_a C_p}{\lambda \gamma} \frac{[\alpha e_s(T_g) - e_a]}{r_1 + r_d} \quad (1)$$

em que,

$\rho_a$  - densidade de vapor do ar ( $\text{kg m}^{-3}$ );

$C_p$  - calor específico do ar seco a pressão constante ( $\text{J mol}^{-1} \text{C}^{-1}$ );

$T_g$  - temperatura na superfície do solo (C);

$e_*(T_g)$  - pressão de saturação de vapor à do solo (kPa);

$e_a$  - pressão real de vapor (kPa);

$\lambda$  - calor latente de vaporização ( $\text{MJ Kg}^{-1}$ );

$\gamma$  - constante psicrométrica ( $\text{C}^{-1}$ );

$r_1$  - resistência do ar ao transporte de vapor d'água da superfície do solo ( $\text{s m}^{-1}$ );

$r_d$  - resistência aerodinâmica ao transporte de vapor da camada de ar situada entre a superfície do solo e a base do dossel ( $\text{s m}^{-1}$ ).

$\alpha$  - Parâmetro que depende do conteúdo de água na camada superficial do solo e da sua capacidade de campo. A dependência do parâmetro  $\alpha$  das condições hídricas do solo é descrita por:

$$\alpha = 1 - \left[ \frac{CC - W_{\theta 1}}{CC} \right]^2 \text{ se } W_{\theta 1} \leq CC; \quad \alpha = 1, \text{ se } W_{\theta 1} \geq CC \quad (2)$$

em que,

$CC$  - Conteúdo volumétrico de água na capacidade de campo ( $\text{m}^{-3} \text{m}^{-3}$ )

$W_{\theta 1}$  - Conteúdo volumétrico de água na camada superficial do solo ( $\text{m}^{-3} \text{m}^{-3}$ )

A resistência do ar ao transporte de vapor d'água pela superfície do solo é parametrizada por:

$$r_1 = p_1 + p_2 \left( \frac{W_{\theta 1}}{W_{\theta s 1}} \right)^{p_3} \quad (3)$$

em que,

$P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  - constantes empíricas com valores de 30, 3,5 e 2,3 respectivamente;

$W_{\theta s 1}$  - conteúdo volumétrico de água saturado na camada superficial do solo ( $\text{m}^{-3} \text{m}^{-3}$ ).

A resistência aerodinâmica da camada de ar abaixo do dossel é parametrizada por:

$$r_d = \frac{1}{k^2 u_H} \left[ \frac{\sinh(\beta_e)}{\sinh(\alpha_w \beta_e)} \right]^{\frac{1}{2}} + \ln^2 \left( \frac{h}{z_o} \right) \quad (4)$$

em que,

$k$  - constante de Von Karman = 0,4;

$u_H$  - velocidade do vento no topo do dossel;

$\alpha_w$  - razão entre a altura do solo a base do dossel ( $h$ ) e a altura média cultura ( $h_c$ ) (m);

$z_o$  - comprimento de rugosidade para o momento (m);

$\beta_e$  - fator de extinção da cultura obtido por:

$$\beta_e = \left( \frac{C_d IAF}{2\sigma_s} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

em que,

$IAF$  - índice de área foliar ( $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ );

$\sigma_s$  - constante que depende da densidade de caule;

$C_d$  - coeficiente de arrasto determinado por:

$$C_d = \left( \frac{k}{\ln(z-d)/z_0} \right)^2 \quad (6)$$

em que,

$z$  - altura de referencia sobre a superfície do solo (m);

$d$  - parâmetro de deslocamento do plano zero.

A evaporação do solo foi estimada através do método de Ritchie. O método de Ritchie que calcula separadamente a água evaporada do solo e a transpiração da cultura é descrito por:

$$ET_r = Es + Trc \quad (7)$$

em que,

$ET_r$  - Evapotranspiração real da cultura (mm dia<sup>-1</sup>);

$Es$  - evaporação do solo (mm);

$Trc$  - transpiração da cultura (mm).

O método de Ritchie descreve o secamento do solo, por meio de duas fases e dois parâmetros ( $U$  e  $\alpha_t$ ), que dependem da textura do solo:  $U$  representa a quantidade de água evaporada e acumulada até o fim da primeira fase e  $\alpha_t$  é um parâmetro característico da evaporação direta do solo da segunda fase. Valores característicos de  $U$  e  $\alpha_t$ , para três texturas de solo foram determinados por Soares et al. (2001).

A evaporação direta do solo na primeira fase em função da cobertura foliar segundo (Rodrigues, 1998; Soares et al. 2001) foram descritas por:

$$E_{s1} = ET_{\max} (1 - 0,43.IAF) \rightarrow IAF < 1 \quad (8)$$

$$E_{s1} = \frac{ET_{\max}}{1,1} e^{-0,41IAF} \rightarrow IAF > 1 \quad (9)$$

em que,

$E_{s1}$  - Evaporação do solo na primeira fase (mm);

$ET_{\max}$  - evapotranspiração máxima, com base no conceito de evaporação de equilíbrio.

A evaporação do solo na segunda fase, em função do tempo transcorrido em dias, a partir da mudança da primeira para a segunda fase e do parâmetro  $U$  foram descritas por:

$$E_{s2} = \alpha^{0,5} - \alpha(t-1) \quad (10)$$

$$\sum E_{s2} = \alpha^{0,5} \quad (11)$$

em que,

$E_{s2}$  - Evaporação do solo na segunda fase (mm);

$t$  - tempo (dia);

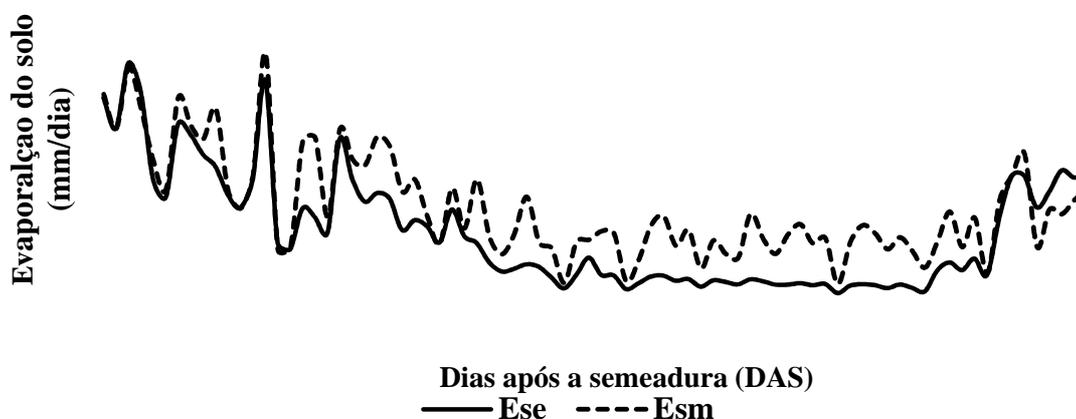
$\alpha t$  - parâmetro característico de evaporação direta do solo (mm)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a variação média diário da evaporação do solo estimada ( $E_{se}$ ) e simulada ( $E_{sm}$ ). Pode ser visto que na fase de crescimento vegetativo (15 a 53 DAS), quando a cobertura

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

do solo é incompleta o baixo sombreamento foliar, os valores médios diários da Ese e da Esm mostraram decaimento, certamente causado pelo aumento da cobertura foliar. Na fase linear (54 a 92 DAS), quando o dossel fechou, os valores modelados foram ligeiramente maiores do que os valores estimados e, também foi percebida menor variabilidade média diária, tanto nos valores da Ese quanto da Esm. Na fase de maturação e senescência (93 a 105 DAS), os valores da Ese e da Esm voltaram a crescer novamente, em decorrência da queda das folhas maduras que causou diminuição da cobertura foliar. Pode ainda ser visto que, os valores mais elevados da Ese e da Esm ocorrerem exatamente na fase do crescimento vegetativo, devido haver maior fração de solo descoberto. No período de cultivo, o total evaporado em milímetros estimado foi 80,3 e o modelado 108,8. Na Tabela 1 são apresentados os valores da evaporação do solo total e por fase da cultura, onde pode ser percebido que na fase inicial de cultivo, os valores foram mais elevados do que nas demais fases, por causa da existência de maior fração de solo descoberto.

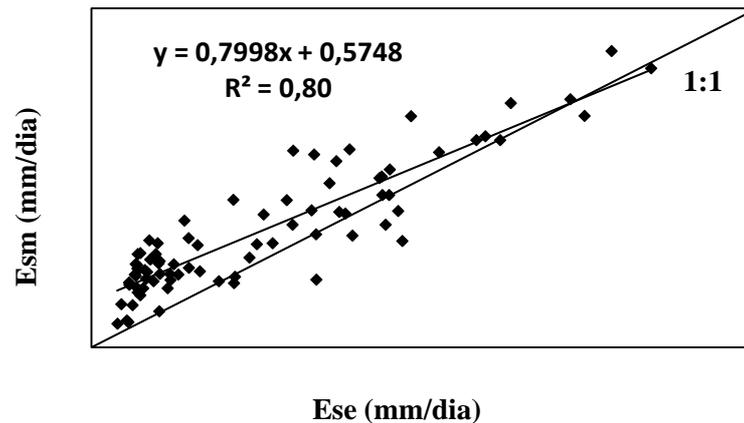


**Figura 1.** Variação média diário da evaporação do solo estimada e simulada.

**Tabela 1.** Totais da evaporação do solo em cada fase da cultura.

Fase	Vegetativa	Linear	Maturação	Total
Estimado	56,7	8,3	15,3	80,3
Modelado	69,6	23,7	15,5	108,8

No gráfico de dispersão entre os valores da Esm e da Ese (Figura 2) pode ser visto que na maioria dos registros, os valores médios diários modelados foram superiores aos valores estimados, evidenciando que o modelo superestimou o método estimativo; que a pesar da simplicidade de calculo, pode ser aperfeiçoado em outros estudos com características semelhante a este. O coeficiente de ajuste de ( $R^2 = 0,80$ ) entre os valores estimados e simulados pode ser considerado de razoável para bom.



**Figura 2.** Dispersão dos valores diários da evaporação de solo estimada e simulada.

## CONCLUSÕES

1. Os valores mais elevados da evaporação do solo estimados e simulados ocorreram na fase de crescimento vegetativo.
2. Durante a estação de cultivo, evaporação do solo em milímetros estimada, totalizou 80,3 e a modelada 108,8.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MIHAILOVIĆ, D. T. Description of a land - air parametrization scheme (LAPS). **Global and Planetary Change**. v.13, p.207-215. 1996.
- MIHAILOVIĆ, D. T.; RUMML, M. Design of a land - air parametrization scheme (LAPS) for modeling boundary layer surface process. **Meteorology and Atmosphere Physics**. v. 58, p.65-81. 1996.
- MIHAILOVIĆ, D.T.; LEE, T.J.; PIELKE, R.A.; LALIC, B. ARSENIC, I.D.; RAJKOVIC, B.; VIDALE, P.L. Comparison of different boundary layer surface schemes using single point micrometeorology field data. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 67. p. 135–151, 2000.
- RODRIGUES, L.N.; SEDIYAMA, G.C.; SOCCOL, O.J.; MANTOVANI, E.C. Modelo de Ritchie para determinação da transpiração do feijoeiro. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 6 (2), p. 179-185, 1998.
- SANTOS, S. N. M.; COSTA, M. H. Simulações de fluxo de carbono em um ecossistema de floresta tropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.18, p. 87-96, 2003.
- SOARES, W.R.; SEDIYAMA, G.C.; RIBEIRO, A.; COSTA, J.M.N. da. Dependência do coeficiente de cultura no estágio inicial de desenvolvimento ( $Kc_{in}$ ) à lâmina de irrigação e textura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 5 (1), p. 23-27, 2001.