



# O Modelo Eta / Noah-MP: Descrição e alguns resultados

Isabel Lopes Pilotto Domingues  
Grupo de Hidrologia e Desastres Naturais

São José dos Campos, 07 de abril de 2016  
V WorkEta, 03 a 08 de abril de 2016

# Descrição do Modelo Noah-MP

- Apresentado na última década (Niu et al., 2011)
- Baseado no modelo Noah
- Abrange mais processos físicos e mais de 1 opção para resolver cada processo.

JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 116, D12109, doi:10.1029/2010JD015139, 2011

## The community Noah land surface model with multiparameterization options (Noah-MP):

### 1. Model description and evaluation with local-scale measurements

Guo-Yue Niu,<sup>1,2</sup> Zong-Liang Yang,<sup>1</sup> Kenneth E. Mitchell,<sup>3</sup> Fei Chen,<sup>4</sup> Michael B. Ek,<sup>3</sup> Michael Barlage,<sup>4</sup> Anil Kumar,<sup>5</sup> Kevin Manning,<sup>4</sup> Dev Niyogi,<sup>6</sup> Enrique Rosero,<sup>1,7</sup> Mukul Tewari,<sup>4</sup> and Youlong Xia<sup>3</sup>

Received 4 October 2010; revised 3 February 2011; accepted 27 March 2011; published 24 June 2011.

[1] This first paper of the two-part series describes the objectives of the community efforts in improving the Noah land surface model (LSM), documents, through mathematical formulations, the augmented conceptual realism in biophysical and hydrological processes, and introduces a framework for multiple options to parameterize selected processes (Noah-MP). The Noah-MP's performance is evaluated at various local sites using high temporal frequency data sets, and results show the advantages of using multiple optional schemes to interpret the differences in modeling simulations. The second paper focuses on ensemble evaluations with long-term regional (basin) and global scale data sets. The enhanced conceptual realism includes (1) the vegetation canopy energy balance, (2) the layered snowpack, (3) frozen soil and infiltration, (4) soil moisture-groundwater interaction and related runoff production, and (5) vegetation phenology. Sample local-scale validations are conducted over the First International Satellite Land Surface Climatology Project (ISLSCP) Field Experiment (FIFE) site, the W3 catchment of Sleepers River, Vermont, and a French snow observation site. Noah-MP shows apparent improvements in reproducing surface fluxes, skin temperature over dry periods, snow water equivalent (SWE), snow depth, and runoff over Noah LSM version 3.0. Noah-MP improves the SWE simulations due to more accurate simulations of the diurnal variations of the snow skin temperature, which is critical for computing available energy for melting. Noah-MP also improves the simulation of runoff peaks and timing by introducing a more permeable frozen soil and more accurate simulation of snowmelt. We also demonstrate that Noah-MP is an effective research tool by which modeling results for a given process can be interpreted through multiple optional parameterization schemes in the same model framework.

**Citation:** Niu, G.-Y., et al. (2011), The community Noah land surface model with multiparameterization options (Noah-MP): 1. Model description and evaluation with local-scale measurements, *J. Geophys. Res.*, 116, D12109, doi:10.1029/2010JD015139.

#### 1. Introduction

[2] Land can remember weather events or climate anomalies through variations in its heat and water storages. In turn, land heat and water storage anomalies (the filtered signals of noisy weather events) can affect climate predictability through their effects on surface energy and water fluxes [Roesch et al., 2001; Jiang et al., 2009, and references therein]. For instance, anomalous heat storage due to anomalous snow accumulation in winter can affect the warming in spring or early summer through melting. Anomalous water stored in reservoirs (snowpack, soil, and aquifer) during wet seasons can feed back to the atmosphere through evapotranspiration (ET) in subsequent dry seasons; this effect can be more efficient in vegetated areas through plant stomata and root uptakes of soil water. Soil water anomalies can persist from weeks to seasons [Pielke et al., 1999; Schlosser and Milly, 2002] and affect climate predictability through the

<sup>1</sup>Department of Geological Sciences, John A. and Katherine G. Jackson School of Geosciences, University of Texas at Austin, Austin, Texas, USA.

<sup>2</sup>Biosphere 2, University of Arizona, Tucson, Arizona, USA.

<sup>3</sup>Environmental Modeling Center, National Centers for Environmental Prediction, National Oceanic and Atmospheric Administration-National Weather Service, Camp Springs, Maryland, USA.

<sup>4</sup>Research Applications Laboratory, National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado, USA.

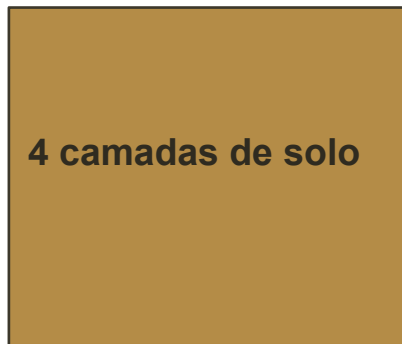
<sup>5</sup>Hydrological Science Branch, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, USA.

<sup>6</sup>Departments of Agronomy and Earth and Atmospheric Sciences, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA.

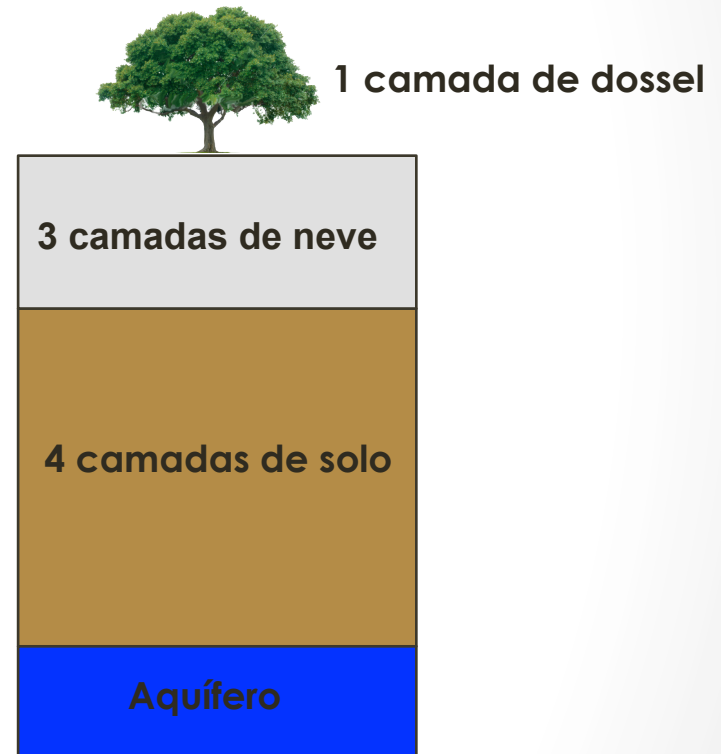
<sup>7</sup>Now at ExxonMobil Upstream Research Company, Houston, Texas, USA.

# Estrutura das camadas

## Noah



## Noah-MP



# Fluxos de energia

## Radiação solar

- Esquema “two-stream” modificado (Niu e Yang, 2004).
- Considera a estrutura 3-D do dossel e o ângulo zenital solar

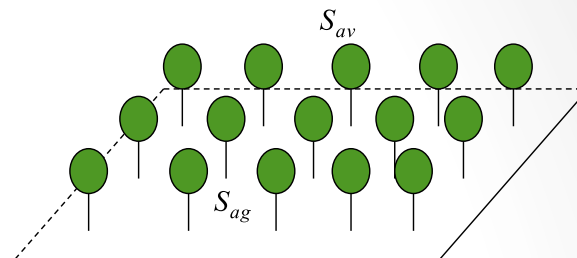
Distribuição uniforme das copas no ponto de grade.

Sombreamento das folhas dentro do dossel e entre os dosséis.

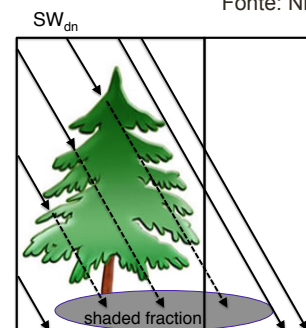
Parâmetros da morfologia do dossel

$S_{ag}$  – R solar absorvida pelo solo

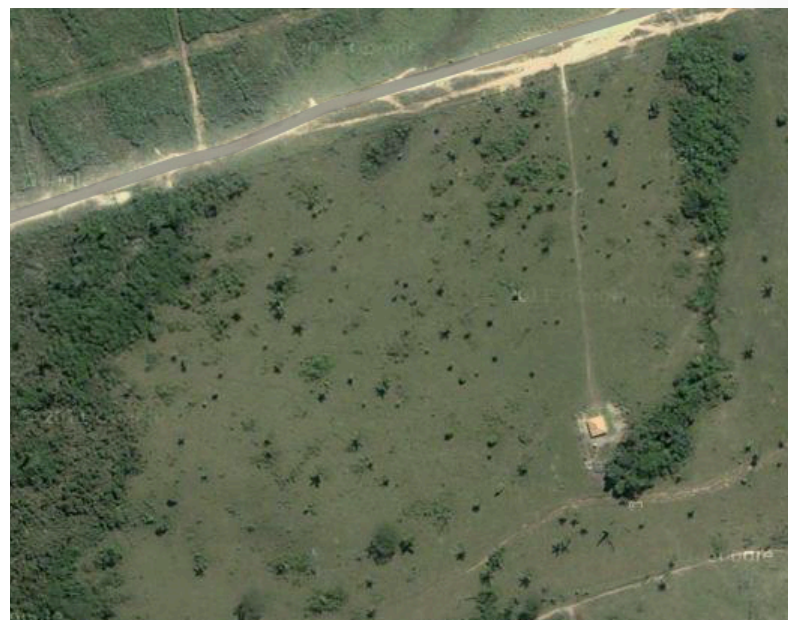
$S_{av}$  – R solar absorvida pela vegetação



Fonte: Niu et al. (2011)



Fonte: [http://www.rap.ucar.edu/~barlage/Noah-MP/presentations/Barlage\\_GSWP3\\_26Feb2014.pdf](http://www.rap.ucar.edu/~barlage/Noah-MP/presentations/Barlage_GSWP3_26Feb2014.pdf)



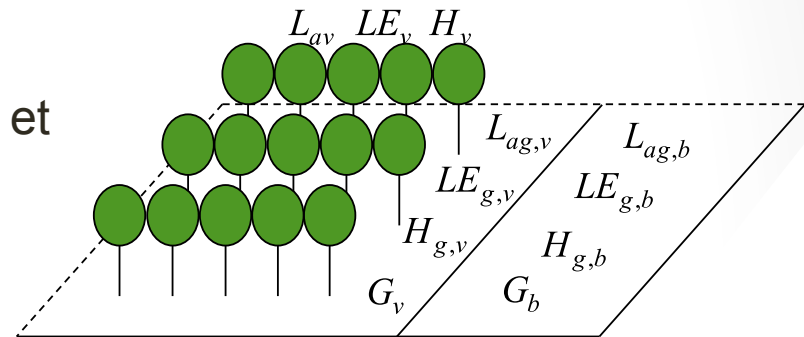
Novo Progresso, PA (GoogleMaps)



# Fluxos de energia

Radiação de onda longa líquida, fluxos de calor latente, sensível e do solo

- Esquema de subgrade “semi-tile” (Niu et al., 2010).
- 2 tiles: vegetação dominante e solo exposto.



Fonte: Niu et al. (2011)

Fluxo total no ponto de grade:

$$SH = (SHG+SHC)*GVF + SHB*(1-GVF)$$

# Resistência estomática

- Esquema Jarvis (Jarvis, 1976)

$$R_c = \frac{R_{s\min}}{LAI F_1 F_2 F_3 F_4}$$

F1 ~ radiação solar incidente  
F2 ~ temperatura do ar  
F3 ~ umidade do ar  
F4 ~ umidade do solo

- Esquema Ball-Berry (Ball et al., 1987)

- $f$ (taxa de fotossíntese)

$$\frac{1}{r_{s,i}} = m \frac{A_i}{c_{air}} \frac{e_{air}}{e_{sat}(T_v)} P_{air} + g_{min}$$

$m$ : parâmetro empírico que relaciona a transpiração com o fluxo de CO<sub>2</sub>

$A_i$ : Taxa de fotossíntese de folha sombreada e iluminada

$c_{air}$ : concentração de CO<sub>2</sub> na spf da folha ( $355 \times 10^{-6} * P_{air}$  (Pa))

$e_{air}$ : pressão de vapor na spf da folha (Pa)

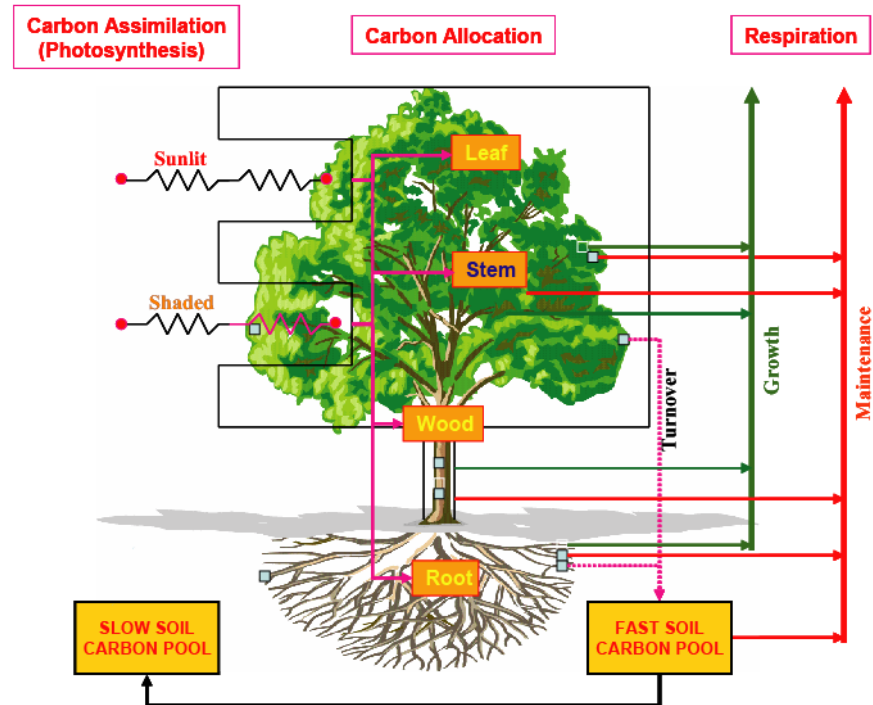
$e_{sat}$ : pressão de vapor de saturação dentro da folha (Pa)

$P_{air}$ : pressão do ar à spf (Pa)

$g_{min}$ : condutância estomática mínima ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ )

# Modelo de vegetação dinâmica

- Modelo de vegetação dinâmica (Dickinson et al., 1998).
- Representa o balanço de carbono em partes da vegetação (folha, tronco e raiz) e no solo.
- Processos incluídos: assimilação de carbono através da fotossíntese, alocação de carbono assimilado nos reservatórios de carbono (folha, tronco, raiz e solo), e respiração de cada reservatório de carbono.



Fonte: [http://www.rap.ucar.edu/~barlage/Noah-MP/presentations/Barlage\\_GSWP3\\_26Feb2014.pdf](http://www.rap.ucar.edu/~barlage/Noah-MP/presentations/Barlage_GSWP3_26Feb2014.pdf)

$M_{leaf}$ : Massa de carbono foliar ( $g/m^2$ )  
 $R_{gain}$ : Taxa de ganho de carbono  
 $R_{loss}$ : Taxa de perda de carbono

$$\frac{\partial M_{leaf}}{\partial t} = R_{gain} - R_{loss}$$

$$LAI = f(M_{leaf})$$

# Escoamento

- Cálculos do escoamento superficial e sub-superficial são baseados no TOPMODEL (Niu e Yang, 2005)
- TOPMODEL: Utiliza o conceito de área de contribuição variável para a formação do escoamento por excesso de saturação.

## Escoamento superficial

$$R_s = F_{sat}Q_{wat} + (1 - F_{sat}) \max(0, (Q_{wat} - I_{max}))$$

$F_{sat}$ : fração de área saturada

$Q_{wat}$ : entrada de água

$I_{max}$ : capacidade de infiltração do solo

Segundo Stieglitz et al. (1997) e Niu e Yang (2003), o segundo termo é negligenciado quando se utiliza as aproximações do TOPMODEL.

## Escoamento sub-superficial

$$R_{sb} = R_{sb,max} e^{-\Lambda \cdot f(z_v - z'_{bot})}$$

$R_{sb,max}$ = $5,0 \times 10^{-4}$  mm/s (global, foi calibrado contra os dados de escoamento global através de experimentos de sensibilidade)

f: fator de decaimento do escoamento (valor global = 6,0)

$Z'_{bot}$ =2m

$\Lambda$  =10,46, derivado do  $\lambda$  do HYDRO1K de 1km

# Modelo de água subterrânea (Niu et al., 2007)

- Aquífero não confinado que considera a troca de água entre o solo e o aquífero.
- Armazenamento de água no aquífero

$$\frac{dW_a}{dt} = Q - R_{sb}$$

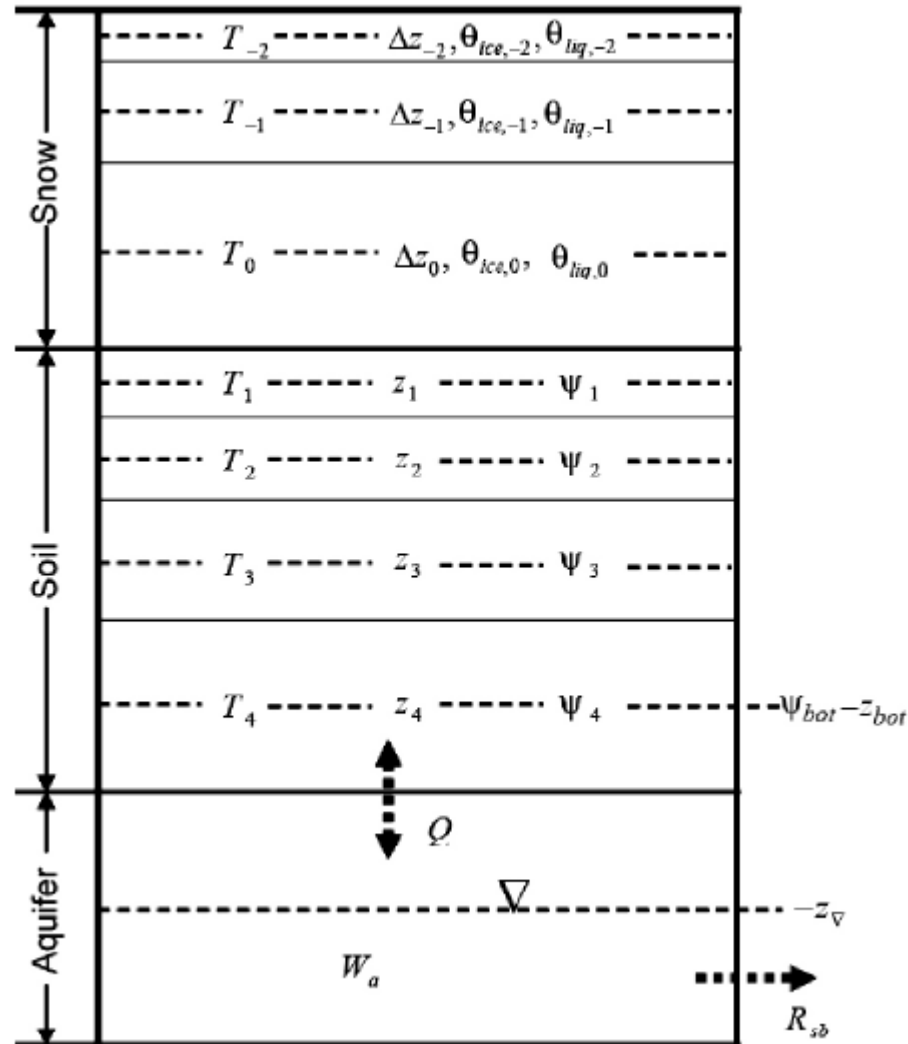
Q: Taxa de recarga

Rsb: Taxa de descarga (escoamento sub-superficial)

$$Q = -K_{bot} \left( \frac{\partial \Psi_{bot}}{\partial z} \right)_{z=z_{\nabla}} - f_{mic} \Psi_{bot} \left( \frac{\partial \Psi_{bot}}{\partial z} \right)_{z=z_{bot}}$$

Conductividade hidráulica na camada de solo inferior  
Potencial matricial da camada de solo inferior  
Profundidade do lençol freático  
Ponto médio da camada de solo inferior (1,5 m)

*f<sub>mic</sub>*: fração do conteúdo de microporos  
Varia de 0 a 1



Fonte: Niu et al. (2011)

## ➤ Tratamento de corpos de água

## ➤ Tratamento de áreas urbanas

## ➤ Tratamento de Neve

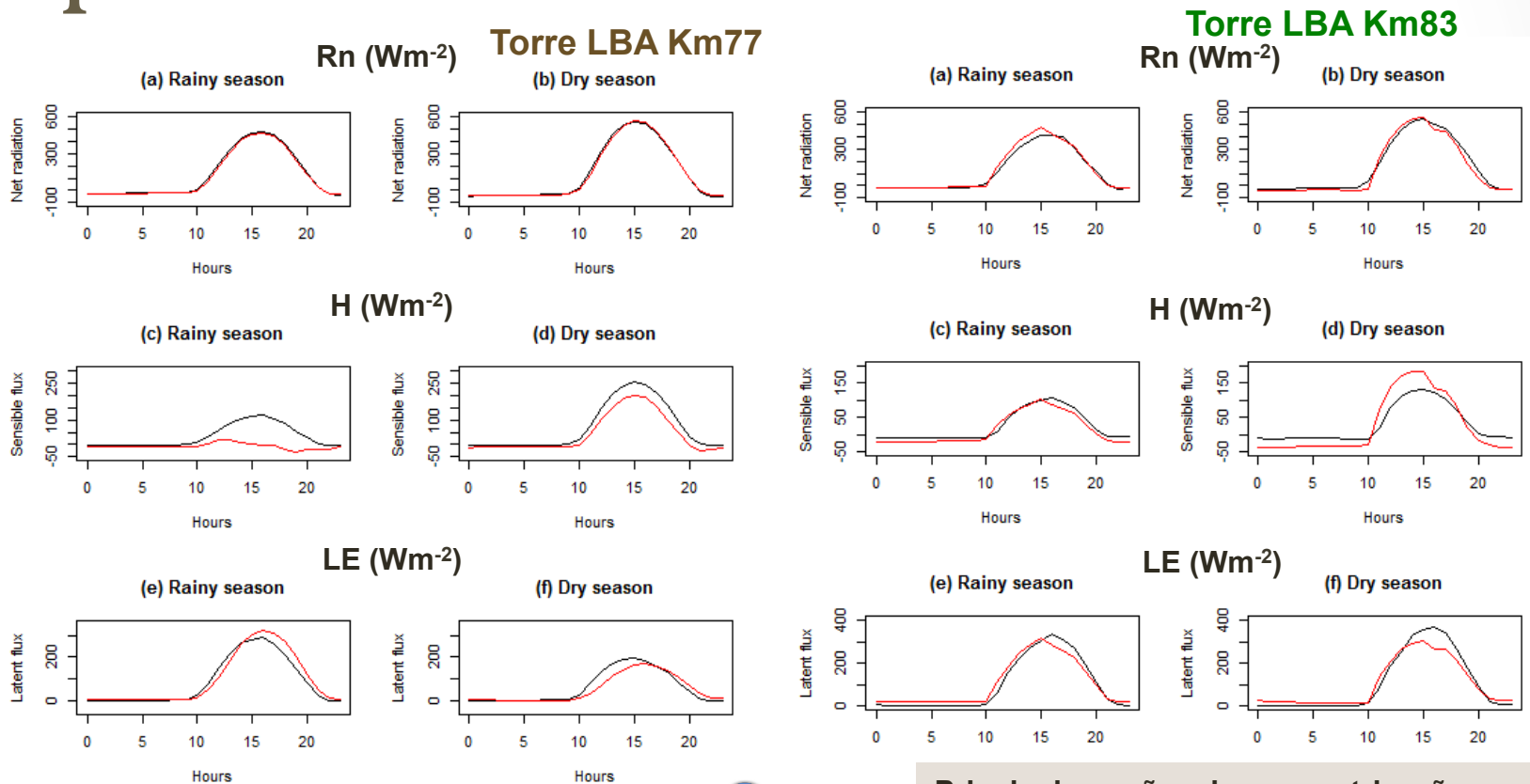
- Modelo de neve de 3 camadas para representar a percolação, retenção e o congelamento da água do degelo no snowpack.
- Modelo de interceptação de neve que considera que a capacidade de interceptação é maior para a precipitação de neve do que de água líquida, e melhora os cálculos de sublimação e albedo à superfície.
- Introduzido um solo congelado mais permeável através da separação das caixas de grade em fração de áreas permeável e impermeável.



## Opções de parametrizações:

- opt\_dveg = ? ! Vegetation model ( 1->prescribed [table LAI, shdfac=FVEG]; 2->dynamic; 3->table LAI, calculate FVEG 4->table LAI, shdfac=maximum)
- opt\_crs = ? ! Canopy stomatal resistance (1-> Ball-Berry; 2->Jarvis)
- opt\_btr = ? ! Soil moisture factor for stomatal resistance (1-> Noah; 2-> CLM; 3-> SSiB)
- opt\_run = ? ! Runoff and groundwater (1->SIMGM; 2->SIMTOP; 3->Schaaake96; 4->BATS)
- opt\_sfc = ? ! Surface layer drag coeff (CH & CM) (1->M-O; 2->Chen97)
- opt\_frz = ? ! Supercooled liquid water (1-> NY06; 2->Koren99)
- opt\_inf = ? ! Frozen soil permeability (1-> NY06; 2->Koren99)
- opt\_rad = ? ! Radiation transfer (1->gap=F(3D,cosz); 2->gap=0; 3->gap=1--Fveg)
- opt\_alb = ? ! snow surface albedo (1->BATS; 2->CLASS)
- opt\_snf = ? ! rainfall & snowfall (1-Jordan91; 2->BATS; 3->Noah)
- opt\_tbot = ? ! lower boundary of soil temperature (1->zero-flux; 2->Noah)
- opt\_stc = ? ! snow/soil temperature time scheme (1->semi-implicit; 2->fully implicit)

# Resultados do Noah-MP offline para a Amazônia



Meteorol Atmos Phys  
DOI 10.1007/s00703-015-0399-8



ORIGINAL PAPER

Comparisons of the Noah-MP land surface model simulations with measurements of forest and crop sites in Amazonia

Isabel L. Pilotto<sup>1</sup> · Daniel A. Rodríguez<sup>1</sup> · Javier Tomasella<sup>1,2</sup> · Gilvan Sampaio<sup>1</sup> · Sin Chan Chou<sup>1</sup>

## Principais opções de parametrizações:

- O modelo de veg dinâmica não foi usado: LAI e FVEG foram prescritos
- Esquema de Jarvis
- Modelo de água subterrânea e escoamento baseado no TOPMODEL
- Ch baseado em Chen et al. (1997)

# Resultados do Eta/Noah-MP para a Amazônia

Modelo Eta: versão de Tempo

Convecção: Betts-Miller, Microfísica: Ferrier

Configuração dos experimentos:

Domínio: parte do leste do Amazonas e do oeste do Pará

Resolução: 5 e 2 km

CC: Eta/Noah 15 km

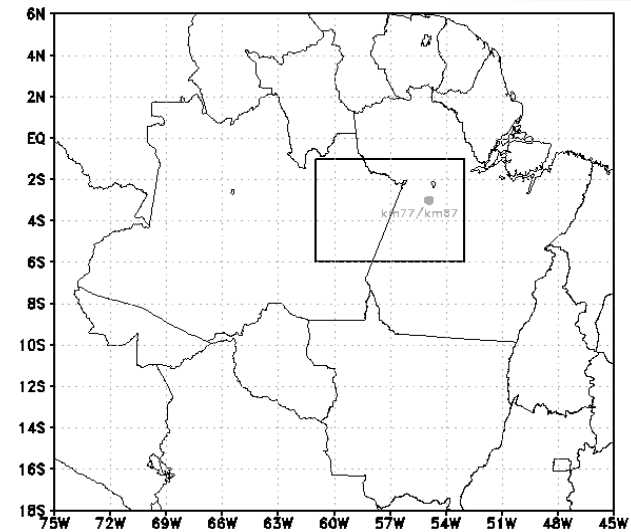
Spin-up: 15 dias

Período: março e setembro de 2003

Mapa de vegetação: PROVEG-RADAM e TerraClass

+PRODES (LandSat)

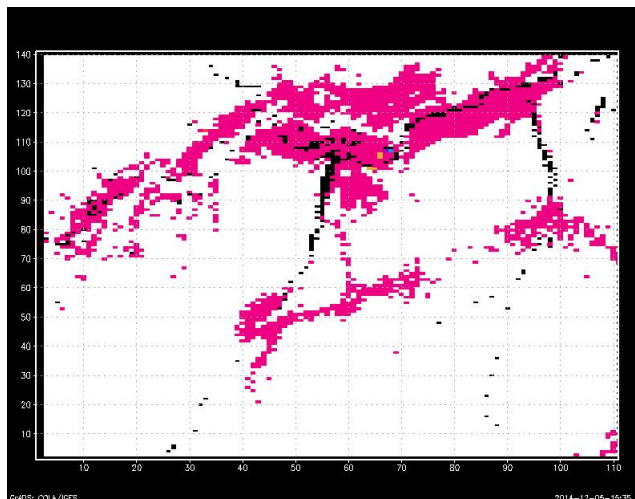
Mapa de solo: Zobler



**Principais opções de parametrizações:**

- O modelo de veg dinâmica não é usado: LAI e FVEG são prescritos
- Esquema de Jarvis
- Modelo de água subterrânea e escoamento baseado no TOPMODEL
- Ch baseado em Chen et al. (1997)

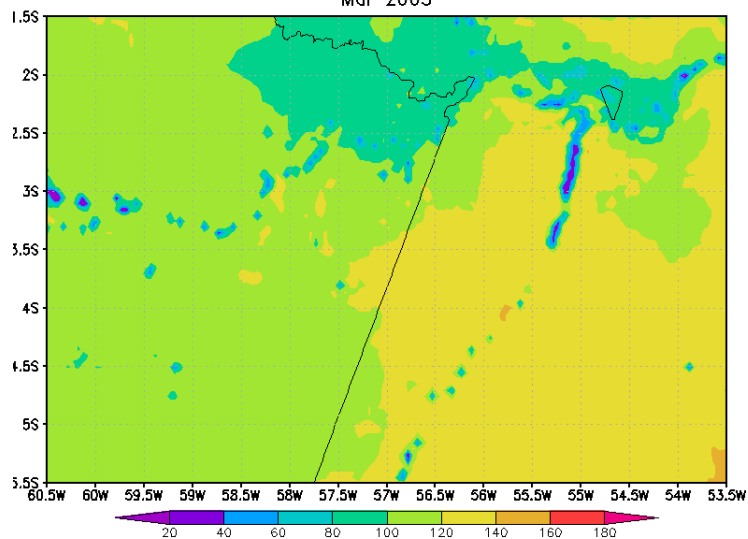
Mapa de vegetação:  
PROVEG-RADAM



Vegetação  
dominante em  
5km

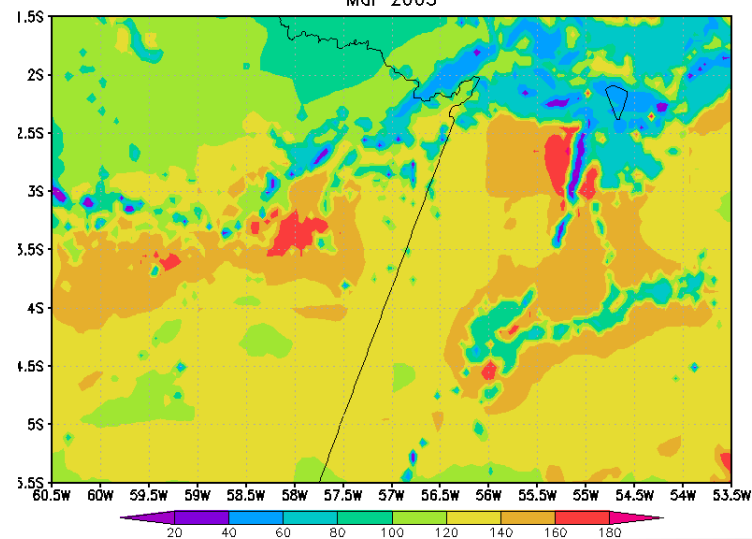
### Eta/Noah 5km

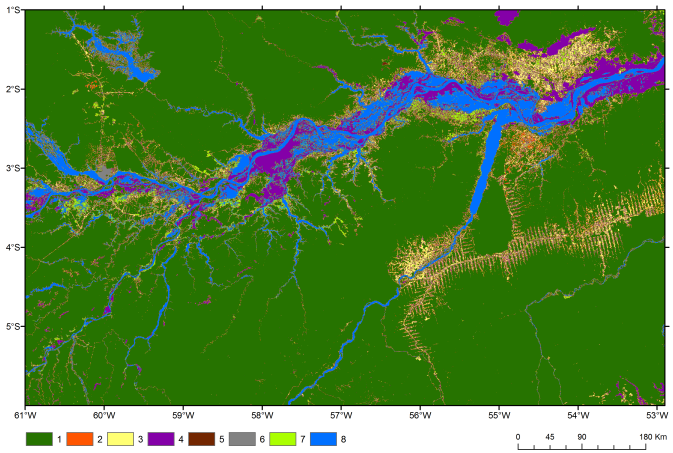
F. Calor Latente(W.m<sup>-2</sup>) Eta 5km Noah  
Mar 2003



### Eta/Noah-MP 5km

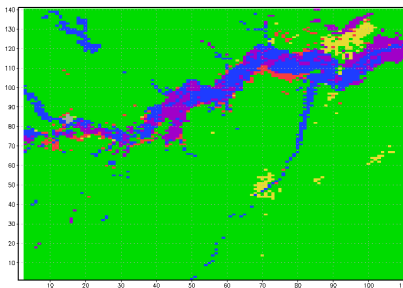
F. Calor Latente(W.m<sup>-2</sup>) Eta 5km Noah-MP  
Mar 2003



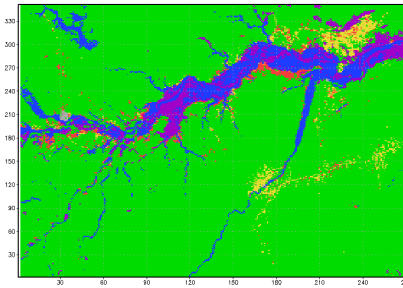


**Mapa de vegetação: TerraClass +PRODES (LandSat)**

**Vegetação dominante em 5km**

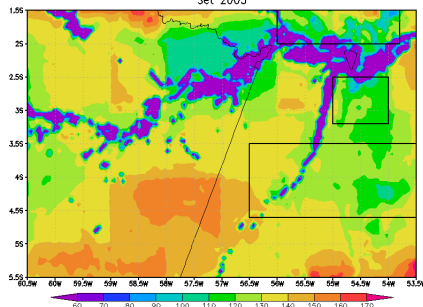


**Vegetação dominante em 2km**



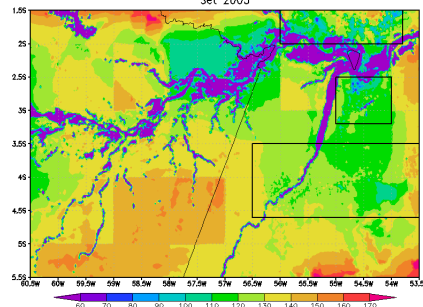
**Eta/Noah-MP 5km**

LE(W.m-2) Eta/Noah-MP 5km No Tile  
Set 2003



**Eta/Noah-MP 2km**

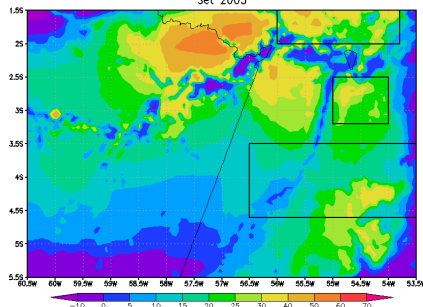
F. Color Latente(W.m-2) Eta 2km Noah-MP Sem Aprox. Tile  
Set 2003



**Fluxo de calor latente (W/m<sup>2</sup>)**

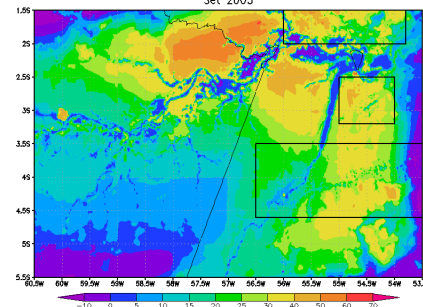
**Eta/Noah-MP 5km**

H(W.m-2) Eta/Noah-MP 5km No Tile  
Set 2003



**Eta/Noah-MP 2km**

F. Color Sensivel(W.m-2) Eta 2km Noah-MP Sem Aprox. Tile  
Set 2003



**Fluxo de calor sensível (W/m<sup>2</sup>)**



# Obrigada!

Isabel Pilotto

CCST/INPE

Grupo de Hidrologia e Desastres Naturais

[isabel.pilotto@inpe.br](mailto:isabel.pilotto@inpe.br)