

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA NOVA PARAMETRIZAÇÃO DE RADIAÇÃO SOLAR NO MODELO ETACLIM

Julio Pablo Reyes Fernandez¹, Tatiana Tarasova¹ e Igor Pisnitchenko

Abstract

In this work a new parameterization of solar radiation is implemented in the ETACLIM, developed at CPTEC to regional climate change studies. Comparisons between the original and modified versions of the model and observations for January 2003 show a better performance in the simulations of the solar radiation fluxes at surface and a decrease in the positive bias of the air surface, over great part of South America continent. In the ZCAS region an increase of the solar radiation fluxes is observed, it is associated with an increment of the low clouds cover. These preliminary results showed that is necessary a tuning of the convection and microphysics schemes with the new parameterization of solar radiation to improve the model's performance.

Resumo

Neste trabalho um novo esquema de parametrização da radiação solar é implementado no modelo ETACLIM, desenvolvido no CPTEC para estudos de mudanças climáticas regionais. Comparações entre as versões original e modificada do modelo e observações para o mês de janeiro de 2003, mostram uma melhoria na simulação dos fluxos de radiação solar à superfície e uma diminuição do viés positivo na temperatura do ar à superfície sobre grande parte do continente sul americano. Na região da ZCAS observa-se um incremento do fluxo de radiação solar, o qual é associado ao aumento da cobertura de nuvens baixas. Estes resultados preliminares indicam que é necessário um ajuste nos esquemas de convecção e microfísica com a nova parametrização de radiação solar para melhorar o desempenho do modelo.

INTRODUÇÃO

O modelo regional Eta do NCEP (Mesinger et al., 1988; Janjic, 1994; Black, 1994) é utilizado no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) para a previsão de tempo de curto prazo. Para sua utilização em estudos climáticos foi necessário avaliar seu desempenho durante rodadas longas (mais de um mês), onde deveria simular o balanço de energia a superfície com alta precisão, já que os erros na simulação dos fluxos de radiação solar à superfície afetam diretamente a simulação da temperatura à superfície e das outras variáveis meteorológicas. Entretanto, as

comparações dos fluxos de radiação solar na superfície simulados com o modelo Eta e os dados observados, mostraram que o modelo sistematicamente superestima estes fluxos (Hinkelman et al., 1999; Chou et al., 2002). Isto pode ser explicado porque o esquema original de radiação solar do modelo Eta (SWR93) utiliza a parametrização de Lacis e Hansen (1974). Esta parametrização leva em conta as linhas de absorção de H₂O e O₃, e a refletância molecular da atmosfera e das camadas de nuvens. A absorção da radiação solar por vapor de água é calculada com a função de Yamamoto (1962). A utilização desta função causa uma subestimação da absorção de radiação solar na atmosfera. Isto foi mostrado com os cálculos linha-por-linha de Fomin e Gershonov (1996), baseados nos dados de absorção por vapor de água do HITRAN-96 (Rothman et al., 1998). Também, o esquema SWR93 subestima a absorção na atmosfera porque não leva em conta as linhas de absorção do O₂, CO₂, e do “continuum” de vapor de água. Esta subestimação da absorção na atmosfera pode ser corrigida com a implementação de modernos esquemas de radiação .

Neste contexto um novo esquema de radiação solar (CLIRAD-SW) foi desenvolvido por Chou e Suarez (1999) no NASA Goddard Space Flight Center (GSFC). Este esquema é utilizado nos modelos numéricos de tempo e clima, desenvolvidos no GSFC. Este esquema leva em consideração as linhas de absorção de H₂O, O₃, O₂, e CO₂ baseados em dados do HITRAN-96 (Rothman et al., 1998), também, considera a absorção e o espalhamento por partículas de aerossóis e nuvens. Já a transferência radiativa é calculada com o método de Delta-Eddington e a aproximação de dois fluxos adicionados. O esquema CLIRAD-SW foi modificado por Tarasova e Fomin (2000). A versão modificada leva em consideração a absorção do “continuum” de vapor de água de Clough et al. (1989). Tarasova et al. (2004) realizou comparações “off line” dos fluxos de radiação solar, calculados com o novo esquema, o esquema original (Lacis and Hansen, 1974) e o esquema linha-por-linha (Fomin e Gershonov, 1996). Encontraram que o novo esquema calcula os fluxos de radiação solar à superfície com uma exatidão de 10 W/m² se comparado com os cálculos feitos com o esquema linha-por-linha. Já a precisão do esquema original é de 100 W/m².

Neste trabalho é implementado no ETACLIM (versão climática do modelo ETA), o esquema de radiação solar de Chou e Suarez (1999), modificado por Tarasova e Fomin (2000). Com intuito de se verificar o desempenho entre ambas as parametrizações é avaliada a simulação do verão de 2003 (janeiro).

METODOLOGIA

A versão Workstation do modelo Eta do NCEP, como modificada no CPTEC para a realização de estudos de mudanças climáticas regionais, foi utilizada neste estudo. Esta versão é idêntica ao modelo Eta operacional do NCEP de 2002, informações adicionais sobre o modelo (ETACLIM) podem ser encontradas em Fernandez (2004).

O modelo foi integrado com uma resolução de 40 km e com 38 níveis verticais. O domínio do modelo cobre o continente da América do Sul e partes dos Oceanos Atlântico e Pacífico (40°S-12°N, 100°W-32°W) e foi integrado desde as 00Z do 16 de dezembro de 2002 até as 00Z do 1 de fevereiro de 2003, sendo que os 15 dias de dezembro foram considerados como o tempo de “spin-up” do modelo e foram excluídos da análise. Os dados da Reanálise-2 do NCEP/DOE (T62/L28) (Kanamitsu et al., 2002) foram utilizados como condições iniciais e de contorno. As condições de contorno foram atualizadas no modelo a cada 6 horas. A temperatura da superfície do mar foi interpolada linearmente para cada dia a partir dos dados médios mensais de Reynolds e Smith (1995). As condições iniciais de umidade de solo foram tomadas da climatologia mensal. A versão do modelo Eta com o esquema de radiação solar original (SWR93) é referida a seguir como a versão original. A integração para o mês de janeiro também foi feita com a versão com o novo esquema de radiação solar (CLIRADm-SW). Esta versão do modelo Eta é referida abaixo como a versão modificada.

Os fluxos simulados de radiação solar à superfície foram comparados com fluxos derivados de satélite. Esta derivação foi feita a partir de imagens do satélite GOES 8 com o uso de um modelo simplificado de transferência radiativa (Ceballos et al., 2004). Também, dados de estações meteorológicas, do projeto GPCP (Global Precipitation Climatology Project) e do projeto SALLJEX (South American Low-level Jet Experiment) foram utilizados para as comparações. Os dados das estações meteorológicas foram interpolados para uma grade de 0.25°×0.25°. Os dados do projeto GPCP estão em uma grade 2.5°×2.5° e são o resultado da combinação de medições em estações e valores estimados de satélite meteorológicos (Adler et al., 2003).

RESULTADOS

A diferença entre os fluxos de radiação solar (médios mensais) derivados do satélite e as medidas à superfície varia de 00 W/m² até -20 W/m² para a maioria das estações do Brasil (42) para janeiro 2003. As comparações mostraram que existe uma diferença sistemática entre os fluxos simulados com o modelo original e os fluxos derivados do satélite. O modelo superestima os fluxos médios mensais estimados de satélite com valores entre 60-80 W/m². Os fluxos, obtidos com o modelo

modificado, são mais próximos aos fluxos derivados através do satélite. Porém, existe uma diferença que pode atingir $40-60 \text{ W/m}^2$. Se levar em consideração o erro da derivação dos fluxos de satélite esta diferença diminui até $20-40 \text{ W/m}^2$. Esta diferença pode ser eliminada só com mudanças no esquema de microfísica de nuvens do modelo Eta.

Neste estudo foram analisados os valores da cobertura de nuvens simulados com as duas versões do modelo. A Figura 1a mostra a média mensal da cobertura de nuvens convectivas simulada com a versão original do modelo. Os maiores valores são encontrados na parte central e sudeste do continente onde a ZCAS se forma. Na integração com a versão modificada a cobertura de nuvens convectivas diminui (Figura 1b). A maior diminuição é localizada no centro da zona de formação da ZCAS, onde a diferença atinge 30%-50%. Provavelmente, isto está relacionado com a diminuição da radiação solar em situações de céu claro na área de convecção profunda como simulado com a versão modificada. Na Figura 2a é mostrada a cobertura de nuvens da escala da grade (estratiformes) simulada com a versão original. A diferença entre os valores de cobertura de nuvens estratiformes simulados com a versão modificada e a original é apresentada na Figura 2b. A diferença é negativa na região entre 5°N e 10°S e positiva na região entre 15°S e 30°S . Possivelmente, o aumento da cobertura de nuvens no Sul do Brasil está relacionado com o aumento do transporte de ar úmido do Norte para Sul na simulação com a versão modificada.

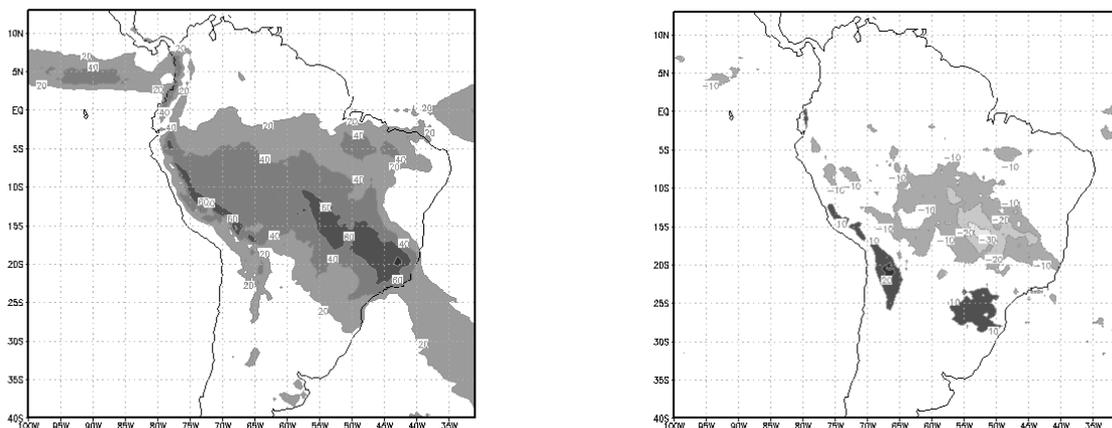


Figura 1. Cobertura de nuvens convectivas (média mensal): a) simulada com a versão original e b) a diferença entre a versão modificada e a original. Para janeiro de 2003.

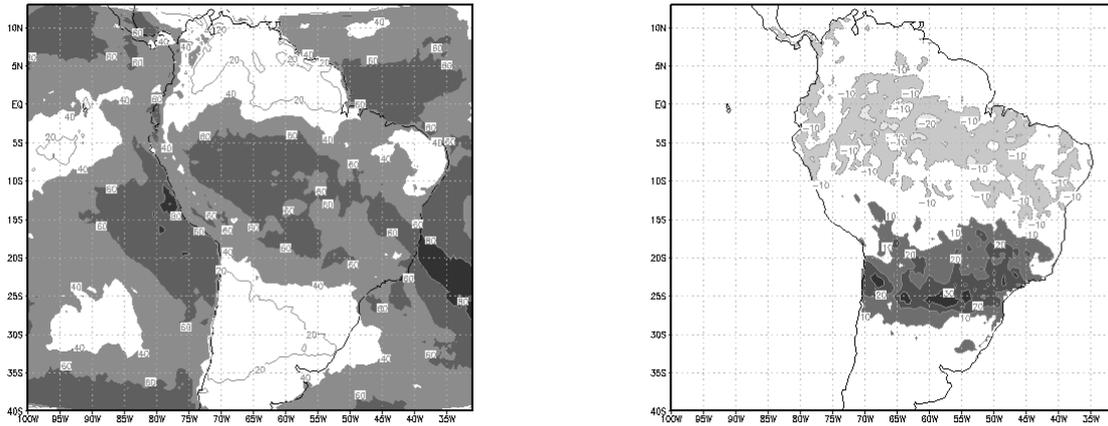


Figura 2. Igual à Figura 1, para a cobertura de nuvens na escala da grade.

A comparação das variáveis meteorológicas, entre as versões original e modificada, mostra que o impacto do novo esquema de radiação solar na simulação do clima de verão de América do Sul é significativo. A temperatura do ar à superfície diminui 0.1-1°C na integração com a versão modificada sobre maior parte do continente em relação à versão original (Figura 3a-b). Um aumento da temperatura é observado na região de formação da ZCAS, onde são formadas maiores nuvens convectivas. A precipitação também diminui nas integrações com a versão modificada do modelo sobre ZCAS em 20-30% (Figura 4a-b). Um aumento pequeno de precipitação é observado no Sul do Brasil. A diminuição da cobertura de nuvens convectivas atinge o 50% e as das nuvens na escala da grade atinge um 30% em simulações com o modelo modificado. A cobertura de nuvens da escala de grade aumenta sobre o Sul do Brasil.

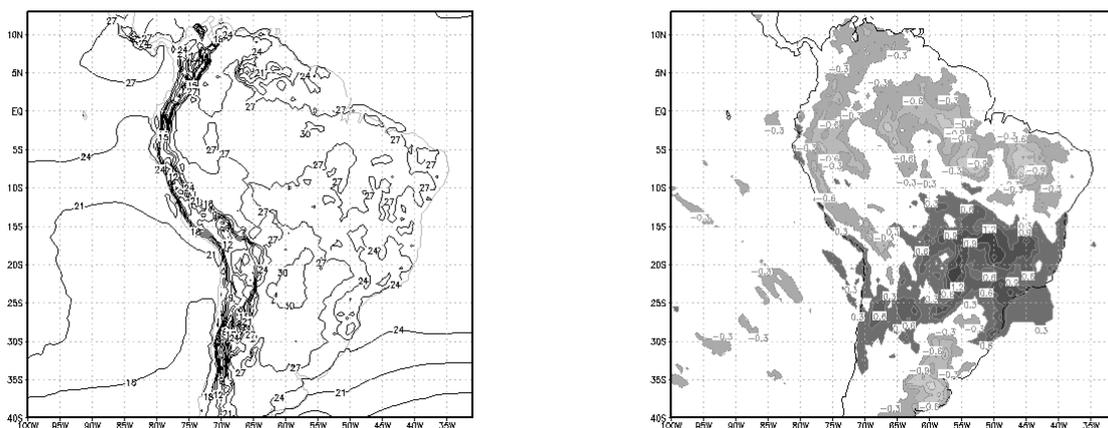


Figura 3. Igual à Figura 1, para a temperatura do ar (C) a 2 m da superfície (media mensal).

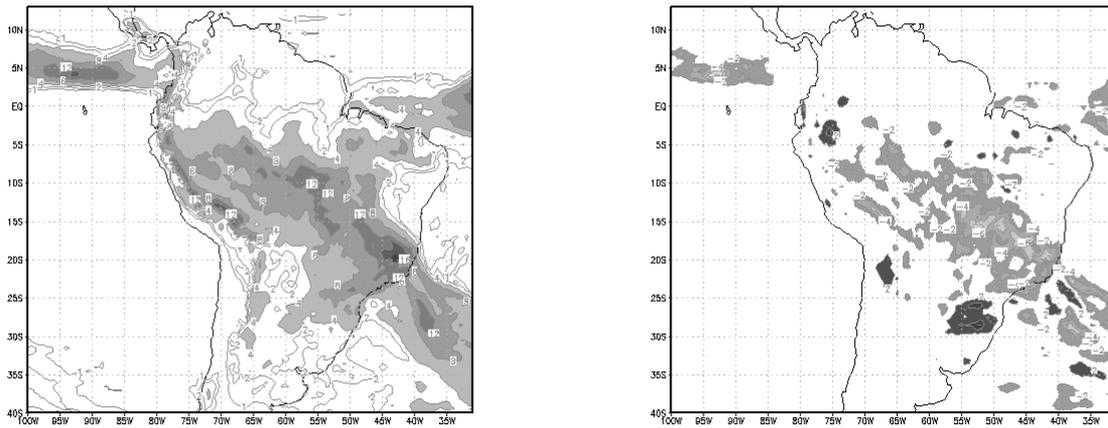


Figura 4. Igual à Figura 1, para a precipitação media mensal (mm dia^{-1}).

As duas versões reproduzem a precipitação observada sobre o continente e subestimam um pouco a precipitação no centro de formação da ZCAS (Figura 5). A versão modificada simula a precipitação melhor sobre os oceanos. Isso significa que o esquema de convecção deve ser ajustado aos novos fluxos de radiação solar para os resultados serem mais próximos às observações.

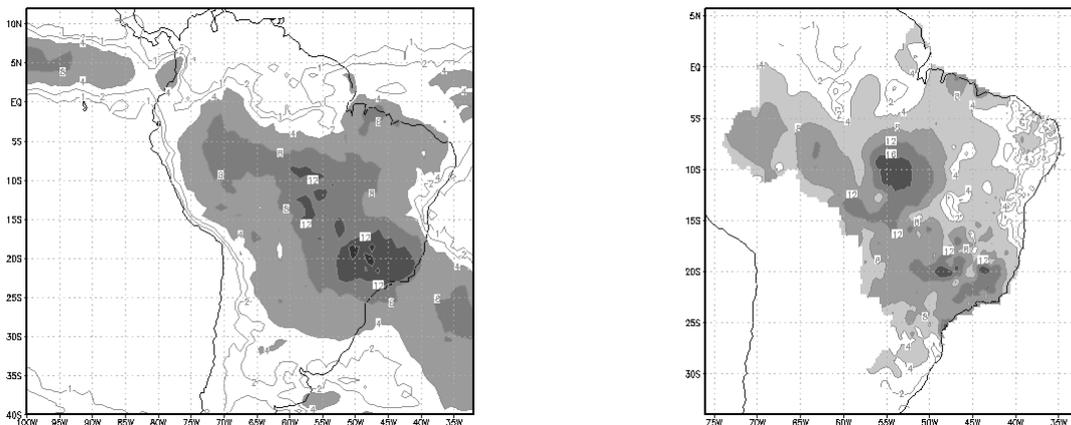


Figura 5. Precipitação media mensal (mm dia^{-1}) para janeiro de 2003 de: a) do GPCP e b) dados de estações meteorológicas do Brasil.

A velocidade do vento meridional nos níveis baixos (850 mb e 925 mb), medida no sitio de Santa Cruz na Bolívia durante o SALLJEX, foi comparada com a velocidade do vento obtida das saídas das duas versões do modelo e a da reanálise do NCEP/NCAR. Os modelos subestimaram o aumento da velocidade do vento meridional nos baixos níveis e o gradiente de velocidade do vento de 850-700 mb durante o evento de jato de baixos níveis de 20-21 janeiro 2003. A máxima velocidade do vento foi observada durante as 18 e 24 UTC o qual concorda com trabalhos anteriores (Marengo et al., 2002). Os modelos não mostram o ciclo diurno do LLJ significativo. No fim de janeiro o

modelo modificado simula a velocidade do vento meridional mais próximo ao vento observado (comparando com o modelo original e a reanálise).

CONCLUSÕES

Os resultados desta pesquisa mostram que a mudança do esquema de radiação solar no modelo regional Eta causa um impacto significativo nos fluxos de energia à superfície e nas variáveis meteorológicas do modelo. Os fluxos simulados de radiação solar com a nova versão são mais próximos aos fluxos observados. Para melhorar a simulação das outras variáveis meteorológicas com a nova versão é necessário ajustar os esquemas de convecção, de formação de nuvens (micro física) e a dos processos à superfície.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor foi parcialmente financiado pela FAPESP, projeto 98/16035-6, T. A. Tarasova através da FAPESP, projeto 2002/12395-5. As comparações foram realizadas com dados observacionais do experimento de campo SALLJ-Brasil financiado pela FAPESP, projeto 01/13816-1.

REFERENCIAS

Adler, R.F., G.J. Huffman, A. Chang, R. Ferraro, P. Xie, J. Janowiak, B. Rudolf, U. Schneider, S. Curtis, D. Bolvin, A. Gruber, J. Susskind, and P. Arkin, 2003: The Version 2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Monthly Precipitation Analysis (1979-Present). *J. Hydrometeor.*, to appear.

Bonner, W.D., and J. Paegle, 1970: Diurnal variations in boundary layer winds over the south-central United States in summer. *Mon. Weather Rev.*, 98, 735-744.

Ceballos, J.C., M.J. Bottino, and J.M. de Souza, 2004: A simplified physical model for assessing solar radiation over Brazil using GOES 8 visible imagery, *J. Geophys. Res.*, 109, D02211, doi: 10.1029/2003JD003531.

Chou, M.-D., and M.J. Suarez, 1999: A solar radiation parameterization (CLIRAD-SW) for atmospheric studies, NASA/Goddard Space Flight Center. Greenbelt, Maryland.

Chou S.C., C.A.S. Tanajura, Y. Xue, and C.A. Nobre, 2002: Validation of the coupled Eta/SSiB model over South America, *J. Geophys. Res.*, 107, NO.0, 10.1029/2000JD000270.

Fernandez, J. P. R., 2004: Ondas quase-estacionárias no Hemisfério Sul: Observações e simulações climáticas sobre a América do Sul. Tese de doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE. São Jose dos Campos, SP. (no prelo).

Fomin, B.A., and Yu. V. Gershanov, 1996: Tables of the benchmark calculations of atmospheric fluxes for the ICRCCM test cases, Part II: short-wave results. Preprint IAE-5990/1, Russian Research Center "Kurchatov Institute", Moscow, Russia, 42 pp.

Fouquart, Y., B. Bonnel, and V. Ramaswamy, 1992: Intercomparing shortwave radiation codes for climate studies. *J. Geophys. Res.*, 96, 8955-8968.

Hinkelman, L.M., T.P. Ackerman, and R.T. Marchand, 1999: An evaluation of NCEP Eta model predictions of surface energy budget and cloud properties by comparison with measured ARM data, *J. Geophys. Res.*, 104, 19,535-19,549.

Kanamitsu, M., W. Ebisuzaki, J. Woollen, S-K Yang, J.J. Hnilo, M. Fiorino, and G. L. Potter, 2002: NCEP-DEO AMIP-II Reanalysis (R-2), *Bull. of the Atmos. Met. Soc.*, 1631-1643.

Lacis, A.A., and J.E. Hansen, 1974: A parameterization for the absorption of solar radiation in the Earth's atmosphere. *J. Atmos. Sci.*, 31, 118-133.

Marengo, J.A., M.W. Douglas, and P.L. Silva Dias, 2002: The South American low-level jet east of the Andes during the 1999 LBA-TRMM and LBA-WET AMC campaign. *J. Geophys. Res.*, 107(D20), 8079, doi: 10.1029/2001JD001188.

Rothman, L.S., and Coauthors, 1998: The HITRAN molecular database and HAWKS, 1996 edition. *J. Quant. Spectrosc. Rad. Transfer*, 60, 665-710.

Tarasova, T.A. and B.A. Fomin, 2000: Solar radiation absorption due to water vapor: Advanced broadband parameterizations, *J. Appl. Meteorol.*, 39, 1947-1951.

Tarasova, TA. 2004: The impact of new solar radiation parameterization in the NCEP ETA model on the South America summer climate. (em preparação)

Yamamoto, G., 1962: Direct absorption of solar radiation by atmospheric water vapor, carbon dioxide and molecular oxygen. J. Atmos. Sci., 19, 182-188.