

AVALIAÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR E TERRESTRE NOS MODELOS OPERACIONAIS DE PREVISÃO NUMÉRICA DE TEMPO DO CPTEC/INPE PARA ÁREA DE FLORESTA TROPICAL ÚMIDA

Rildo Gonçalves de Moura¹, rildo@cptec.inpe.br

Antônio Ocimar Manzi¹, matao@cptec.inpe.br

Alistar D. Culf²

Paulo Jorge de Oliveira¹

Celso Von Randow¹

José Roberto Rozante¹

¹Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE
Rodovia Presidente Dutra Km 40, CEP: 12.610-000, Cachoeira Paulista ,SP, BRASIL

²Institute of Hydrology, Wallingtoford, Oxfordshire, United Kingdom

RESUMO

Este trabalho consiste em verificar o desempenho das parametrizações de radiação dos modelos operacionais de previsão numérica de tempo global e de área limitada (regional) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos-CPTEC do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Brasil (CPTEC/INPE), com resoluções horizontais aproximadas de 200 km com 28 níveis e 40 km com 38 níveis, respectivamente, com o objetivo de avaliar a conveniência da utilização desses modelos em simulações dos impactos das modificações da cobertura vegetal da Amazônia. Comparou-se as componentes do balanço de radiação à superfície (radiação solar incidente, S_{\downarrow} ; radiação solar refletida, S_{\uparrow} ; radiação atmosférica incidente, L_{\downarrow} ; radiação terrestre emitida L_{\uparrow} ; e saldo de radiação, RN) observadas, versus as obtidas via modelagem. Os dados utilizados são referentes aos meses de abril/99 (estação chuvosa) e setembro/99 (seca), estes dados vêm sendo monitorados continuamente, em vários sítios experimentais na Amazônia, no âmbito do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA). Os resultados mostraram que o balanço de radiação diário na estação chuvosa para as primeiras previsões foi subestimado pelo modelo global e superestimado em 9% pelo regional, no entanto, ambos os modelos superestimaram o balanço diário de radiação na estação seca.

1 - INTRODUÇÃO

A importância da região amazônica é fato bastante conhecido pela comunidade científica mundial, dada principalmente por sua extensão e característica de floresta tropical úmida. O conhecimento da interação da radiação solar e terrestre com o meio vegetal é imprescindível para a compreensão dos processos de fisiologia vegetal, produtividade de biomassa e trocas turbulentas de energia e massa com a floresta. O estudo da interação da radiação solar com uma superfície vegetada, ainda é um campo de estudo relativamente novo e complexo no qual exige, entre outras coisas, o entendimento dos fenômenos físicos e fisiológicos que ocorrem em uma área vegetada, tendo como ponto de partida uma boa caracterização da cobertura vegetal desta floresta (Marques Filho, 1997). Neste trabalho as observações de radiação solar e terrestre no topo da floresta são utilizadas para avaliar o desempenho dos modelos operacionais de previsão numérica de tempo global e de área limitada do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos-CPTEC do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Brasil (CPTEC/INPE), com resoluções horizontais aproximadas de 200 km com 28 níveis e 40 km com 38 níveis, respectivamente, com o objetivo de avaliar a conveniência da utilização desses modelos em simulações dos impactos das modificações da cobertura vegetal da Amazônia. Os resultados do modelo mostraram que ele é capaz de reproduzir razoavelmente bem os balanços diários de radiação obtidos no topo da floresta.

2 - DESCRIÇÃO DO SÍTIO E DADOS

Utilizou-se os dados do balanço de radiação a superfície (radiação solar incidente, S_{\downarrow} ; radiação solar refletida, S_{\uparrow} ; radiação atmosférica incidente, L_{\downarrow} ; radiação terrestre emitida L_{\uparrow} ; e saldo de radiação, RN), obtidos desde o início de 1999. Todos estes parâmetros vêm sendo monitorados continuamente, em vários sítios experimentais na Amazônia, pelo Consórcio de Torres (Brasil-União Européia) no âmbito do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA). Para este trabalho os dados de radiação solar e terrestre foram coletados em ambiente de floresta, aproximadamente a 80 Km do município de Ji-Paraná no Estado de Rondônia. Estes dados foram obtidos desde 26 de janeiro 1999, em sítio experimental de floresta tropical úmida, localizado na Reserva Biológica de Jarú (Rebio-Jarú), (Lat.:10°05'S; Long.: 61°56'W; Alt.:120m), conforme a Figura 1, na qual mostra-se um conjunto de sensores de radiação instalados na torre micrometeorológica.



Fig. 1 - Conjunto de sensores de radiação instalados na torre micrometeorológica, apresentando um albedômetro (à esquerda) e um saldo-radiômetro (à direita), da foto.

O sítio de floresta possui uma vegetação com características de Terra-firme e Mata densa, com altura média do dossel de aproximadamente 35m com algumas árvores emergentes alcançando 45m. A descrição com detalhes dos instrumentos de radiação utilizados nas medições suas aplicações, unidades de medida e modelos dos mesmos são mostrados na tabela abaixo.

Tab. 1 – Mostra a aplicação, unidade de medida e modelo dos instrumentos de radiação utilizados neste estudo.

Instrumentos	Medições (parâmetro)	Unidades	Modelos
Piranômetro (\downarrow) (\uparrow) Pirgêmetro (\downarrow) (\uparrow)	saldo de radiação solar saldo de radiação de onda longa	Wm^{-2} Wm^{-2}	CNR1 kipp & Zonen (Delf, Holanda)
Albedômetro	Albedo de radiação solar	Wm^{-2}	CM14 kipp & Zonen (Delf, Holanda)

Dados observados

- i) Fluxos de radiação de onda curta incidente e refletida, integrados a cada 06 horas nos horários sinóticos (06,12,18 e 24), obtidos na torre micrometeorológica.
- ii) Fluxos de radiação de onda longa incidente e emitida, integrados a cada 06 horas nos horários sinóticos (06,12,18 e 24), obtidos na torre micrometeorológica.
- iii) Balanço de radiação integrado a cada 06 horas nos horários sinóticos (06,12,18 e 24), obtidos na torre micrometeorológica.

Utilizou-se dados obtidos via modelagem de radiação a superfície (radiação solar incidente, $S\downarrow$; radiação solar refletida, $S\uparrow$; radiação atmosférica incidente, $L\downarrow$; radiação terrestre emitida $L\uparrow$; e saldo de radiação, RN), para os primeiros, segundos e terceiros dias, em valores médios integrados para os horários sinóticos e diários, provenientes das saídas dos modelos operacionais de previsão numérica de tempo.

Dados modelados

- iv) Fluxos de radiação de onda curta incidente e refletida, integrados a cada 06 horas nos horários sinóticos (06,12,18 e 24), obtidos via modelagem.
- v) Fluxos de radiação de onda longa incidente e emitida, integrados a cada 06 horas nos horários sinóticos (06,12,18 e 24), obtidos via modelagem.
- vi) Balanço de radiação integrado a cada 06 horas nos horários sinóticos (06,12,18 e 24), obtidos via modelagem.

3 – METODOLOGIA

A partir das observações dos dados de radiação obtidas no topo da torre, obteve-se os valores integrados, a cada 06 horas, das componentes do balanço de radiação a superfície (radiação solar incidente, $S\downarrow$; radiação solar refletida, $S\uparrow$; radiação atmosférica incidente, $L\downarrow$; radiação terrestre emitida $L\uparrow$; e saldo de radiação, RN).

Utilizando como condição inicial as análises das 00Z do National Center Environmental Predictions-NCEP, obteve-se as previsões de radiação para 24, 48 e 72 horas, provenientes das saídas dos modelos operacionais do CPTEC/INPE, sendo que ambos os modelos têm saídas a cada 06 horas. Lembrando ainda que, tanto o modelo global quanto o regional utilizam a parametrização de ondas curtas proposta por Lacis e Hansen (1974), no entanto a parametrização de ondas longas utilizada pelo global foi proposta por Harshvardhan et al (1987) enquanto que o regional utiliza a proposta por Fels e Schwarzkopf (1975).

Uma vez que os valores integrados de radiação de solar e terrestre observados próximo a superfície da floresta e os previstos via modelagem para 24, 36 e 72 horas, eram conhecidos, foi possível verificar o desempenho das previsões de radiação dos modelos operacionais de previsão numérica de tempo global e de área limitada do CPTEC/INPE, por meio de comparação simples, com a finalidade de avaliar a conveniência da utilização desses modelos em simulações dos impactos das modificações da cobertura vegetal da Amazônia.

Como a Região Amazônica apresenta uma característica marcante que é a forte sazonalidade existente na distribuição da precipitação, a qual origina as estações chuvosa, geralmente considerada de novembro a abril, apresentando totais mensais de precipitação acima de 200mm e outra denominada de estação seca, considerada de junho a outubro, com um período de estiagem bem caracterizado entre os meses de junho a agosto (Ferreira da Costa et al., 1998).

Considerando o exposto anteriormente, optou-se pela escolha de um mês representativo para cada uma das estações citadas acima para avaliação dos modelos, ficando assim o mês de abril o qual possui média de precipitação mensal de 221mm representando a estação chuvosa e o mês de setembro a seca, a qual possui média precipitação mensal de 105 mm.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados, em forma de figuras, os resultados obtidos das análises efetuadas a partir dos dados de radiação observados versus aqueles obtidos via modelagem.

Conforme a Figura 2, na qual é mostrado o comportamento diário do balanço de radiação de ondas curtas observado e as previsões de 24, 48 e 72 horas provenientes dos modelos global e regional, para o mês de abril e mês de setembro. Observou-se que o valor médio do balanço diário de radiação de ondas curtas observado, para o mês representativo da estação chuvosa foi da ordem de $182,7 \text{ Wm}^{-2}$, enquanto que para a estação seca foi da ordem de $184,2 \text{ Wm}^{-2}$. Comparando os valores médios do balanço de radiação de ondas curtas experimentais da estação chuvosa, com aqueles obtidos pelos modelos para o mesmo período, verificou-se que para a previsão das 24 horas, enquanto o modelo global subestima em 23% o balanço de ondas curtas o regional superestima em 24%. A diferença verificada entre os resultados obtidos pelos dois modelos, pode ser explicada pelo fato de que a radiação de onda curta incidente atribuída ao modelo regional é cerca de 50% maior que a do global, o que deve estar relacionado provavelmente a uma subestimativa da nebulosidade estimada pelo modelo regional.

Na estação seca, verificou-se que ambos os modelos seperestimaram o balanço de radiação de ondas curtas obtido experimentalmente em 23% e 43%, modelo global e regional, respectivamente. Entretanto, a radiação de onda curta incidente atribuída ao modelo regional, mesmo sendo ainda maior que a do global, foi da ordem de 25%.

Quando a comparação é feita para as previsão das 48 e 72 horas, os resultados mostraram que o modelo global é capaz de reproduzir razoavelmente bem os balanços de radiação de ondas curtas, para a estação chuvosa, com uma superestimativa de cerca de apenas 4%, enquanto que para o regional esta superestimativa é da ordem de 20%, para a previsão de 48 horas. No entanto, para a estação seca, o modelo global subestima o balanço de radiação de ondas curtas em 8% na previsão de 48 horas e superestima em 6% na de 72 horas, enquanto que o regional esta superestimativa atinge 29% na previsão de 48 horas.

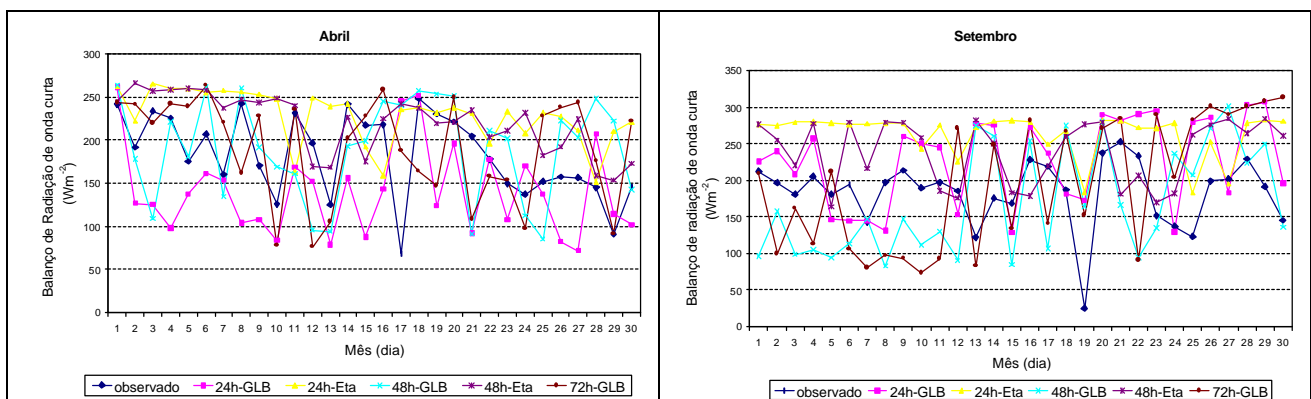


Fig. 2 - Mostra o comportamento diário do balanço de radiação de ondas curtas observado e as previsões de 24, 48 e 72 horas provenientes dos modelos global e regional, para o mês de abril e mês de setembro.

Conforme a Figura 3, na qual é mostrado o comportamento diário do balanço de radiação de ondas longas observado e as previsões de 24, 48 e 72 horas provenientes dos modelos global e regional, para o mês de abril e mês de setembro. Observou-se que a perda radiativa para a atmosfera no

balanço diário de radiação de ondas longas observado, para o mês representativo da estação chuvosa foi da ordem de $31,7 \text{ Wm}^{-2}$, enquanto que para a estação seca foi da ordem de $41,5$. Comparando os valores médios do balanço de radiação de ondas longas experimentais da estação chuvosa, com aqueles obtidos pelos modelos para o mesmo período, verificou-se que para a previsão das 24 horas, o modelo global subestima em torno de 11% o balanço de ondas longas, no entanto, a radiação de ondas longas incidente é superestimada em 4,5%, enquanto que o regional subestima em em 2,4%.

Na estação seca, verificou-se que ambos os modelos seperestimaram o balanço de radiação de ondas longas obtido experimentalmente em 66% e 59%, global e regional, respectivamente. Assim como na estação chuvosa, a radiação de onda longa incidente é superestimada em torno de 4,0% pelo modelo global, enquanto que o regional subestima em em 2,1%.

Comparando as previsão dos balanços de radiação de ondas longas, para a estação chuvosa, verifica-se que o modelo global em média superestima o balanço de radiação de ondas longas em 22% e 29%, para 48 e 72 horas, respectivamente, enquanto que o regional para a previsão de 48 horas, esta superestimativa atinge o dobro do valor médio observado. No entanto, para a estação seca, o modelo global subestima o balanço de radiação de ondas longas em 24% na previsão de 48 horas e superestima em 9% na de 72 horas, enquanto que o regional esta superestimativa atinge 39% na previsão de 48 horas.

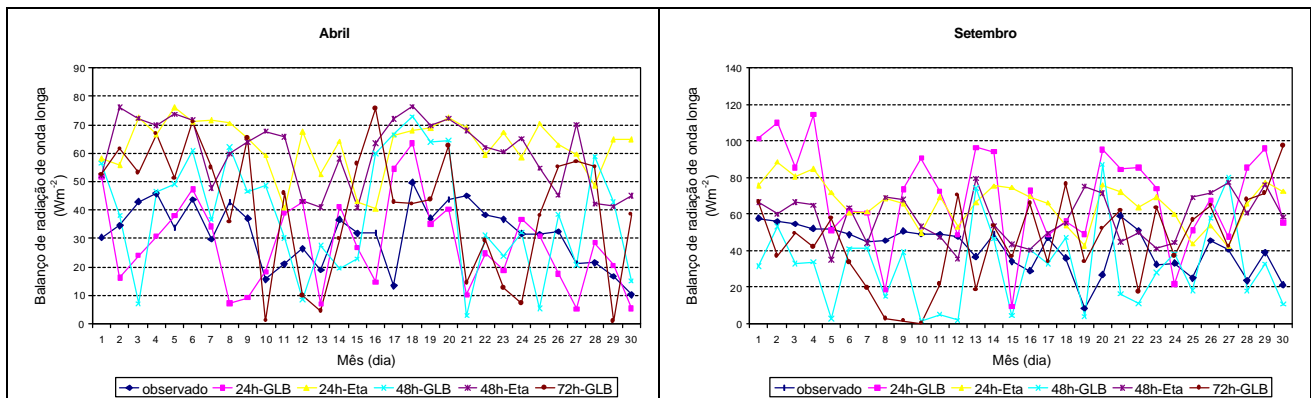


Fig. 3 - Mostra o comportamento diário do balanço de radiação de ondas longas observado e as previsões de 24,48 e 72 horas provenientes dos modelos global e regional, para o mês de abril e mês de setembro.

Conforme a Figura 4, na qual é mostrado o comportamento médio do balanço de radiação diário observado e as previsões de 24, 48 e 72 horas provenientes dos modelos global e regional, para o mês de abril e mês de setembro. Observou-se que o valor médio do balanço de radiação diário observado, para o mês representativo da estação chuvosa foi da ordem de $151,0 \text{ Wm}^{-2}$, estes valores são comparáveis aos encontrados por Manzi et al (2000) que foram da ordem de $164,4 \text{ Wm}^{-2}$, em experimento similar em sítio de floresta. Enquanto que para o período seco foi da ordem de $142,7 \text{ Wm}^{-2}$. Comparando os valores médios do balanço de radiação diário experimental na estação chuvosa, com aqueles obtidos pelos modelos para o mesmo período, verificou-se que para a previsão das 24 horas, enquanto o modelo global subestima em 25% o balanço diário, o regional superestima em 9%, com desvios padrões do modelo global e regional da ordem de $40,1 \text{ Wm}^{-2}$ e $23,8 \text{ Wm}^{-2}$, respectivamente.

Na estação seca, verificou-se que ambos os modelos seperestimaram o balanço de radiação diário obtido experimentalmente em 10% e 38%, modelo global e regional, respectivamente, com desvios padrões do modelo global e regional da ordem de $45,2 \text{ Wm}^{-2}$ e $20,8 \text{ Wm}^{-2}$, respectivamente.

Quando a comparação é feita para as previsão das 48 e 72 horas, os resultados mostraram que tanto o modelo global como o regional são capazes de reproduzir razoavelmente bem os balanços de radiação diários, para a estação chuvosa. No entanto, para a estação seca, o modelo global consegue

prever com relativo acerto o balanço de radiação diário, tanto para 48 horas como para 72 horas, deferentemente do regional que o superestima em 27% na previsão de 48 horas.

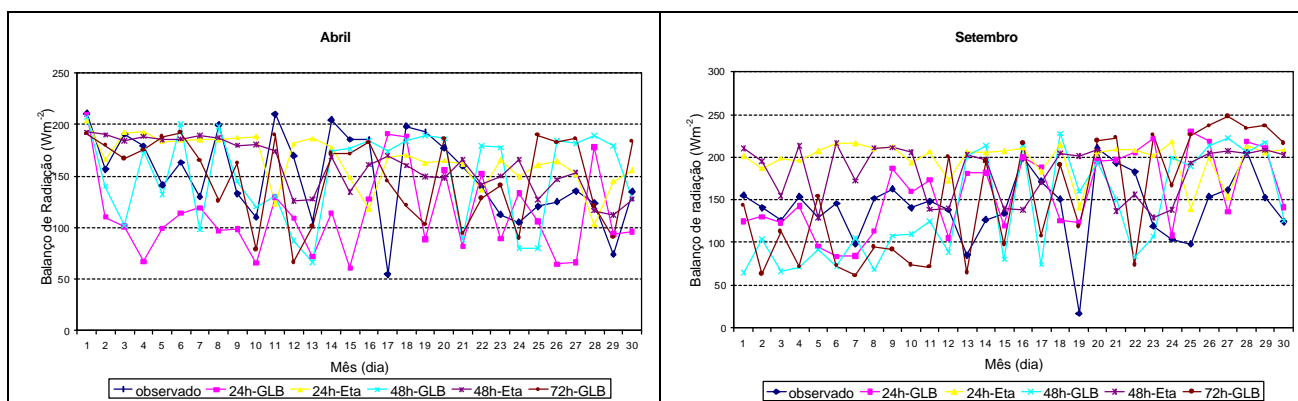


Fig. 4 - Mostra o comportamento médio do balanço de radiação diário observado e as previsões de 24, 48 e 72 horas provenientes dos modelos global e regional, para o mês de abril e mês de setembro.

5 - CONCLUSÕES

Tomando como base os resultados obtidos e as discussões levantadas neste trabalho, concluiu-se que de um modo geral, a utilização destes modelos é capaz reproduzir razoavelmente bem o balanço de radiação diário sobre superfícies vegetadas, quando forçado com as análises das 00Z do National Center Environmental Predictions-NCEP, como condição inicial.

A utilização desses modelos em simulações dos impactos das modificações da cobertura vegetal na Amazônia, será conveniente quando observado alguns importantes resultados encontrados neste trabalho, como por exemplo, a superestimativa da radiação de ondas curtas, principalmente incidente, verificadas no modelo Eta e que é bastante pronunciada na estação seca, no entanto, ocorre também na estação chuvosa, tendo uma maior frequência na previsão de 24 horas.

Outro resultado bastante interessante, é a subestimativa do balanço de radiação diário, assim como também a subestimativa da radiação de onda curta incidente, verificado no modelo global e que se restringe apenas à previsão de 24 horas. Qualitativamente podemos afirmar que para a estação chuvosa o modelo Eta, com previsão de 24 horas, consegue reproduzir com razoável segurança o balanço de radiação diário, enquanto que o global reproduz melhor este balanço quando utiliza as previsões de 48 e 72 horas, respectivamente. No entanto para a estação seca as previsões do balanço de radiação diário feitas pelo modelo global, para os três horários, são mais confiáveis que as do modelo Eta.

6 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos aqueles que estiveram envolvidos direta e indiretamente nas atividades que culminaram na elaboração deste trabalho, inclusive aos colegas responsáveis pelas coletas de campo do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA).

7 - REFERÊNCIAS

Fels, S. B. and Schwarzkopf, M. D., The simplified exchange approximation. A new method for radiative transfer calculations, **Journal Atmosphere Science**, v. 32, p. 1475-1488, 1975.

Ferreira da Costa, R.; Feitosa, J. R. P.; Fisch, G.; Souza, S. S.; Nobre, C. A., Variabilidade diária da precipitação em regiões de floresta e de pastagem na Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 28, n. 4, p.395-408, 1998.

Harshvardhan, R., Davis, D. A., Randall, and T. C. Corsetti, A fast Radiation Parametrization for General Circulation Models, **Journal Geophysics Research**, v. 92, p. 1009-1016, 1987.

Lacis, A. A. and Hansen, J. E., A parametrization of the absorption of solar radiation in earth's atmosphere, , **Journal Atmosphere Science**, v. 31, p. 118-133, 1974.

Manzi, A. O.; Moura, R. G.; Sá, L. D. A.; Alvalá, R.C. S. Measurements of solar and terrestrial radiation above and inside the Rebio-Jaru Amazonian Forest during the LBA wet season campaign. **15th Conference on Hydrology, 80th AMS Annual Meeting**, Long Beach – Ca, Jan 9-14, 2000. p. 311-314.