RADIÂNCIAS NO HEMISFÉRIO SUL BASEADAS EM UM MODELO DE TRASFERÊNCIA RADIATIVA

Elizabeth Silvestre Espinoza
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Centro de Previsão do tempo e Estudos Climáticos
e-mail: elizabet@cptec.inpe.br

José Paulo Bonatti
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
e-mail: bonatti@cptec.inpe.br

ABSTRACT

The radiance information is obtained from TIROS Operational Vertical Sounder (TOVS), that gives this information for the area where the satellite is passing, and in the South Hemisphere it passes only two times a day, and the area of the information is very limited. This is a problem for assimilation because we need the values of radiance for all the area we are going to do the prediction. The fast model for radiative transference with the consideration of the effects of clouds can give information of radiance for all area under interest. These values can be used for retrievals or for to direct assimilation in the model Numerical Weather Prediction. We showed some fields of radiance for two channels obtained with the fast model of radiative transference.

INTRODUÇÃO

Inúmeros estudos vêm mostrando que o uso de observações passivas, como de satélite no canal infravermelho e microondas nos sistemas de assimilação de dados aumenta o grau de exatidão nas previsões. Desde décadas passadas vem se fazendo uso particularmente de TOVS, nas técnicas variacionais de assimilação.

TOVS é um conjunto de instrumentos de sondagem separados: (1) Sondador de Radiação infravermelho de alta resolução (HIRS2), (2) A unidade de Sondagem de microondas (MSU) e (3) a Unidade de sondagem estratosférico (SSU) (Smith et al., 1979). O TOVS está instalado no satélite TIROS-N sob a administração da NOAA (National Oceanic and Administration), e um satélite ambiental de orbita polar, POES (Polar-Orbiting Enviromental Satellites) 6-12 e 14, e atualmente se tem em orbita o 15. Os NOAAs 10 e 12 não tem o instrumento SSU.

Os instrumentos do TOVS medem a radiância emitida passivamente desde a terra em elementos espectrais ou canais. A medição de radiância inclui, emissão termal em microondas, e canais infravermelhos e radiação solar refletida no visível e canais infravermelhos em comprimentos de onda curtos. A radiância é geralmente expressada em termos de temperatura equivalente do corpo negro (temperatura de brilho), pois a temperatura de brilho é uma função “mais linear” da temperatura atmosférica e outros parâmetros do que a radiância.

O HIRS2 tem 19 canais infravermelhos com freqüências centradas na faixa de aproximadamente 670 a 2660 cm^{-1} e um canal visível. O MSU tem quatro canais centrados próximos a 57 GHZ do cluster de oxigênio. O SSU utiliza a técnica de modulação de pressão para medir emissão estratosférica em 3 canais da banda de 15μm de CO_2. Os três instrumentos do TOVS atuam como traçadores. Os ângulos máximos que os instrumentos escaneiam são 51° para o HIRS2, 57° para o MSU e 45° para o SSU. A dimensão de cada passagem é de 17.4, 124 e 147 Km no nadir, respectivamente.

No Hemisfério Sul, o problema principal é a informação meteorológica, então na atualidade está se recorrendo a utilização da informação proveniente de satélite que proporciona uma grande melhoria na determinação do estado real da atmosfera. Mas o problema do TOVS é que na sua passagem ele cobre uma área limitada no Hemisfério Sul.
A informação de radiâncias torna-se muito importante, pois pode ser usada tanto no processo de assimilação de dados diretamente como para o caso de obter parâmetros geofísicos como temperatura, umidade, desde que as radiâncias

representam o estado real da atmosfera em termos de temperaturas de brilho ou radiância mesmo, expressada em unidades de radiação.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados são provenientes da análise do GEOS da DAO/NASA para o período de 15 de dezembro a 30 de dezembro de 1991, para os horários de 00z e 1200Z, para um área compreendida entre 35°S a 10°N e de 80°W a 35°W, dados em pontos de grade de 2°x 2.5°.

O modelo de transferência radiativa utilizada campos de variáveis geofísicas tais como temperatura e umidade para uma região determinada, mas o modelo não permite a entrada direta dos dados, ela esta diretamente relacionada com as técnicas variacionais de assimilação, então foi implementada uma entrada baseada nas equações da assimilação 3D-VAR.

A saída do modelo é radiância que pode ser expressa como temperatura de brilho(°K) ou em radiância (W/m2) mesmo para a mesma região da entrada. Os canais da saída podem ser especificados, sendo possível a escolha das radiâncias para o HIRS, MSU ou SSU, esta escolha depende das freqüências especificadas para cada canal. Outras saídas do modelo são parâmetros diretamente utilizados no processo de assimilação de radiâncias, tais como os jacobianos.

Com a entrada implementada e com a grade dos dados de entrada modificada para 4° x 5°, obtem-se as radiâncias para a região definida anteriormente para todos os canais especificados, neste caso foram especificados 20 canais do HIRS e 4 canais do MSU, as freqüências utilizadas em cm^{-1} estão mostradas na tabela 1.

SENSOR	CANAL	FREQUÊNCIA
HIRS	1	668.99
	2	678.89
	3	703.25
	4	716.83
	5	732.11
	6	749.48
	7	900.51
	8	1031.19
	9	795.69
	10	1361.10
	11	1479.86
	12	2189.94
	13	2209.66
	14	2267.80
	15	2416.32
	18	2511.83
	19	2664.07
	20	14453.14
MSU	21	57.2
	22	57.4
	23	57.6
	24	57.8

Tabela 1. Freqüências para 18 canais do HIRS e 4 canais do MSU

O modelo de transferência radiativa foi desenvolvido pelo DAO/NASA. Os algorítmos rápidos para este cálculo são desenvolvidos com coeficientes que computem os resultados linha por linha para perfis atmosféricos representativos baseados na teoria de Susskind et al. (1983, 1984) e de Sienkiwicz (1996). As equações básicas são mostradas a seguir:

A equação básica da transferência radiativa para radiação emitida no topo da atmosfera numa única freqüência é dada por:

$$R_n(q) = e_n(q) B_n(T_g) t_n(p_s, q) + \int_{p_s}^{0} B_n[T(p)] \frac{\P\, t_n(p,q)}{\P\, p} dp + R_n^{''}(q) \qquad (1)$$

Onde $e_n(q)$ é a superfície de emissividade no angulo zenital q e freqüência ν, T_g e T(p) são a temperatura da superfície skin (solo) e a temperatura ao nível de pressão p respectivamente, p_s é a pressão à superfície e $R_\nu^{'}(q)$ é a contribuição da radiância refletida desde a superfície.

$B_\nu(T)$ é a função de Planck ou radiância emitida de um corpo negro a uma temperatura T e uma freqüência ν sob condições de equilíbrio termodinâmico local, tal que:

$$B_n(T) = \frac{2hn^3}{c^2 (e^{\frac{hn}{kT}} - 1)} \qquad (2)$$

Onde h é a constante de Planck, c é velocidade da luz, e k é a constante de Boltzmann. A transmitância $\tau_\nu(p,\theta)$ entre a pressão p e o topo da atmosfera no ângulo zenital θ é dada por:

$$t_n(p,q) = \exp\left[\int_0^p k_n(P) \sec(q)\, dP\right] \qquad (3)$$

Onde $k_\nu(P)$ é a absorção atmosférica por unidade de pressão a uma freqüência ν e uma pressão p. E a radiância para cada canal do satélite sabendo que cada canal representa uma observação tomada sob uma série de freqüências, por:

$$R_i(q) = \int_n f_i(n) R_n(q)\, dn \qquad (4)$$

Onde $\phi_i(\nu)$ é a função resposta do filtro para canal i do satélite. A transmitância e função que se deve levar em consideração, pois de ela resultam as funções de peso as quais dão a quantidade de radiação emitida e medida pela satélite em cada nível de pressão. Pelo que a transmitância foi calculado com um modelo rápido de transmitância baseada na seguinte equação.

$$t_i(p_l, q) = \prod_{j=1}^{l} \tilde{\tilde{t}}_i F(p_j, p_{j-1}, q) \tilde{\tilde{t}} O((p_j, p_{j-1}, q) \tilde{\tilde{t}} W(p_j, p_{j-1}, q) \qquad (5)$$

Do mesmo modo no modelo incluem-se o vapor de água dado pela equação:

$$K_{H_2O}(n, j, j-1) = k(n, \overline{T_j}) \overline{e_j} \hat{u} H_2O(j, j-1) \qquad (6)$$

E o espalhamento e absorção por aerossóis, dado por:

$$t_{ai}(p,q) = \exp(-k_{ai}(p) \sec q) \qquad (7)$$

RESULTADOS E DISCUSÃO

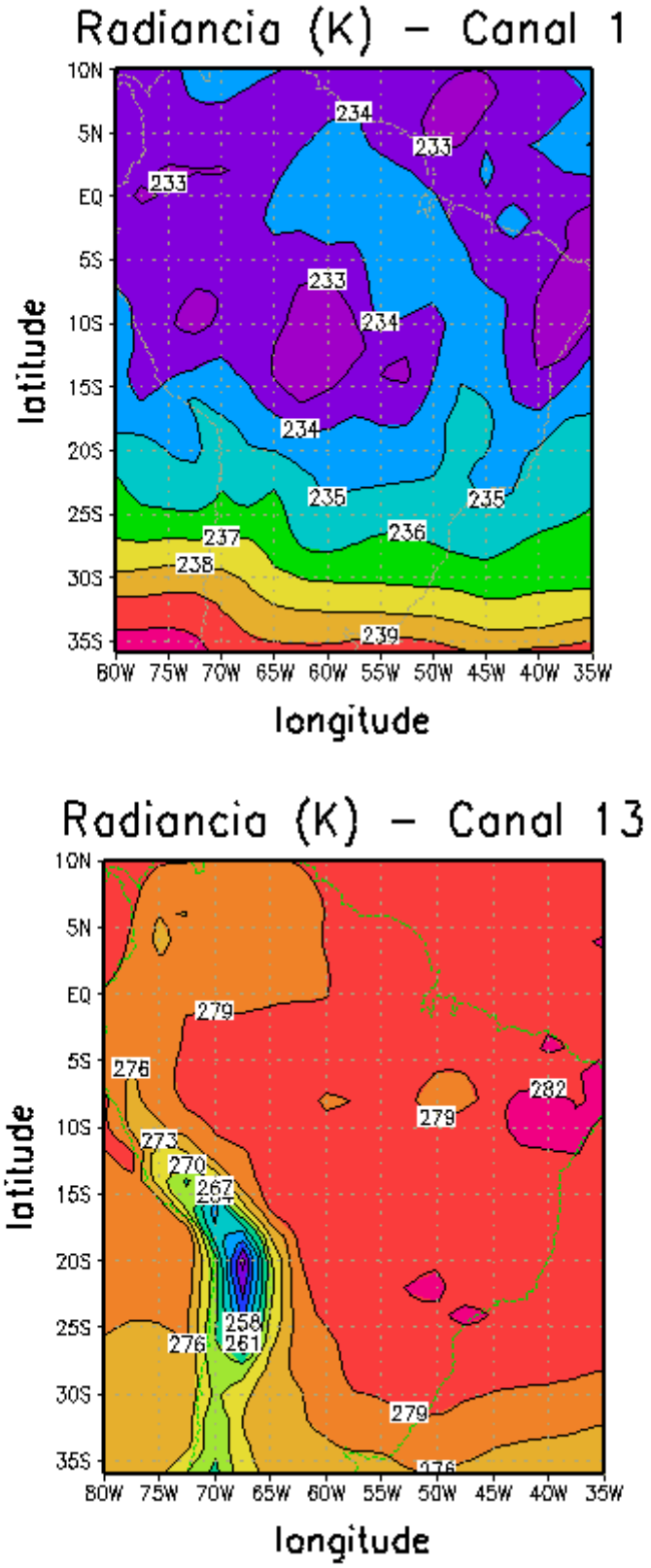

Figura 1. Temperaturas de Brilho para dois canais espectrais do HIRS, 15 dez 1991 0000Z.

Na figura 1 mostra-se a distribuição de temperaturas de brilho para os canais 1, mais alto e 13, mais próximo da superfície (Manual do ITTP5.0). Nesta figura pode-se observar que no canal 1 a distribuição das temperaturas de brilho são mais homogêneas enquanto que na figura correspondente ao canal 13 existe um gradiente maior na área correspondente a região dos Andes.

Mostramos na figura 2, a distribuição das temperaturas de brilho para os canais do MSU, canais 24, 23, 22, e 21. para as freqüências especificadas na tabela 1

CONCLUSÕES

Dado que o problema para nossa região é a disponibilidade de informação meteorológicas, este modelo nos apresenta a alternativa de obter informação de radiâncias que podem ser usadas para diferentes aplicações meteorológicas, podendo ser utilizada dentro do processo de assimilação em Modelos de Previsão Numérica do Tempo, assim como fonte para obter parâmetros geofísicos como temperatura, umidade, etc, sem a necessidade de uma interpolação posterior

Estes valores foram comparados com a variação vertical das radiâncias em alguns pontos do Hemisfério Sul e mostram muita semelhança. O modelo foi validado para o Hemisfério Norte e atualmente se usa dentro do processo de assimilação de radiâncias e retrievals. Para o caso do Hemisfério Sul foram feitas alterações necessárias e os resultados são mostrados neste trabalho. Está em andamento a utlização desse modelo para a assimilação de dados em implantação no CPTEC.

REFERÊNCIAS

EYRE, J.R., KELLY P. McNALLY, E. ANDERSON AND PERSON, 1993. Assimilation of TOVS radiance information through one-dimensional variational analyis. Q. J. R. Meteorol. Soc., 119: 1427-1463, 1993

PAILLEUX, J. Assimilation of satélite data using variational tecniques. Proc ECMWF/EUMETSAT Seminar on "Developments in the use of satllite data in numeical wether prediction", Reading, UK; 6-10 Sept 1993. ECMWF Report.

COURTIER, P. Introduction to numerical weather prediction data assimilation methods. Proc ECMWF/EUMETSAT Seminar on "Developments in the use of satellite data in numerical weather prediction", Reading, UK; 6-10 sept 1993; ECMWF Report.

EYRE , J. R., Research on Satellite soundings at the UK Meteorological Office. Proc ECMWF Seminar on "Data assimilation and the use of satellite data", Reading, UK; 5-9 Sept 1998; ECMWF Report, 169-179, 1989.

JOINER, J. AND da SILVA, A M.: Efficient methods to Assimilate Satellite Retrievals Based on Information Content. Q. J. R. Meteorol. Soc., 1997.

TALAGRAND, 0., Assimilation of observations, an introduction. J. Meteorol. Soc. Japan, 75(1B):191-209, 1997

THEPAUT, J. N. and P. MOLL, Variational invertion of simulated TOVS radiances using the adjoint techniques. Q. J. R. Meteorol. Soc., 116:1425-1448, 1990

SIENKIEWICZ,M. The GLATOVS rapid Algorithim Forward radiance Modeles and Jacobian. Version 1.0.Office Note Series on Global Modelling and Data Assimilation – DAO, Office Note 96-08, Greenbelt, Maryland, USA.1996

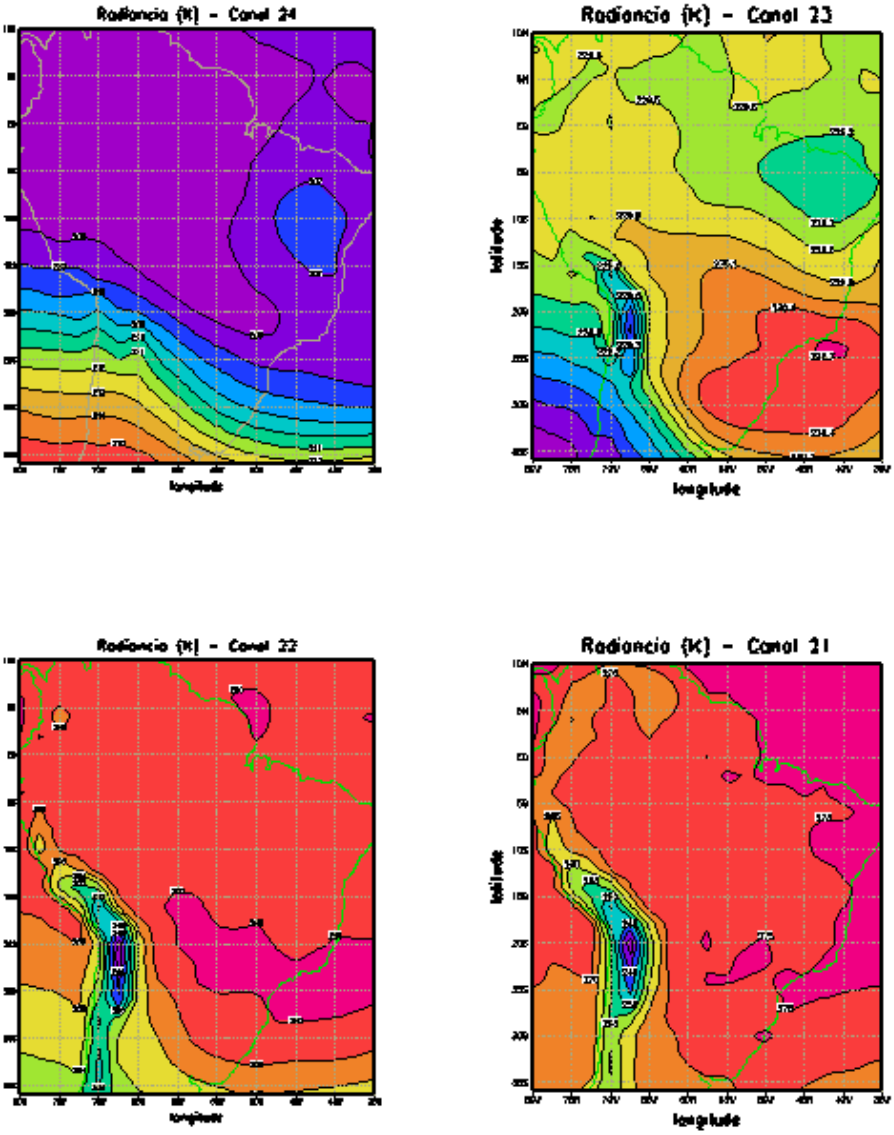

Figura 2. Radiâncias para os canais do MSU. Dia 15 dez de 1991, 12:00Z