

SIMULAÇÃO DE RADIÂNCIA PARA SELEÇÃO DE CANAIS SENSÍVEIS AO MONÓXIDO DE CARBONO, TEMPERATURA, UMIDADE NA ATMOSFERA.

Rudinei Martins de Oliveira¹, Rodrigo Augusto F. de Souza², Fernando Manoel Ramos³

¹Curso de Pós-Graduação em Computação Aplicada, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos - SP, Bra. rudinei.martins@lac.inpe.br. ²Divisão de Satélites Ambientais (CPTEC/INPE), Cachoeira Paulista - SP, Bra. rodrigo@cptec.inpe.br. ³Lab. De Computação e Matemática Aplicada (INPE), Cachoeira Paulista - SP, Bra. fernando@lac.inpe.br.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi estudar a sensibilidade dos canais do sensor “Atmospheric Infrared Sounder” (AIRS) a bordo da plataforma AQUA, às alterações na concentração de monóxido de carbono (CO), temperatura (T) e umidade (H₂O) na atmosfera. Os dados utilizados são perfis atmosféricos do banco de dados do modelo direto SARTA (“The Stand-alone AIRS Radiative Transfer Algorithm”) (STROW et al., 2003). Foram realizadas simulações de radiância e introduziram-se alterações (perturbações) de 10% nos perfis iniciais dos constituintes atmosféricos utilizados (CO, T e H₂O) para os diferentes níveis de pressões atmosféricas com o objetivo de selecionar canais sensíveis aos constituintes de interesse. Assim este trabalho busca contribuir para a melhoria dos produtos de satélite, particularmente, na seleção de canais para a otimização do procedimento de inversão sob as condições climáticas brasileiras.

ABSTRACT: The goal this work was to study the sensibility of the channels of sensor Atmospheric Infrared Sounder (AIRS) on board of the platform AQUA to the alterations in the carbon monoxide concentration, temperature and humidity in the atmosphere. The used data are atmospheric profiles of the database of the forward model The Stand-alone AIRS Radiative Transfer Algorithm (SARTA). Radiance simulations were accomplished and alterations (disturbances) of 10% in the used atmospheric representatives initial profiles (carbon monoxide, temperature and humidity) for the different levels of atmospheric pressures with the goal of selecting sensitive channels to the constituent of interest. This work aims to contribute for the improvement of the satellite products, particularly, in the selection of channels for the optimization of the inversion procedure under the Brazilian climatic conditions.

Palavras-Chave: monóxido de carbono, sensoriamento remoto, modelo de transferência radiativa.

1. INTRODUÇÃO

Uma das grandes preocupações da comunidade científica na última década diz respeito às mudanças climáticas e suas consequências para a humanidade. A sensibilidade, a capacidade adaptativa, a vulnerabilidade do sistema natural e humano a essas mudanças são estudados por diversos grupos de pesquisadores. Mudanças observadas no clima e suas causas são avaliadas no terceiro relatório do “Intergovernmental Panel on Climate Change” (IPCC) (MCCARTHY et al., 2001). Segundo esse relatório, a temperatura média global aumentou entre 0,3 e 0,6 °C desde o final do século XX, e pela escala dos diferentes cenários desenvolvidos pelo IPCC “Special Report on Emission Scenarios” (SRES) a média global da temperatura do ar, projetada por modelos numéricos, sofrerá uma elevação de 1,4 a 5,8 °C até 2100. Acredita-se que a maior parte desse aquecimento seja decorrente do aumento acelerado da emissão, por atividades humanas, de gases que retêm radiação térmica. As moléculas de alguns gases presentes na atmosfera como o dióxido de carbono (CO₂), o monóxido de carbono (CO), o metano (CH₄), o ozônio (O₃), entre outros, interagem com a radiação eletromagnética na faixa do espectro conhecida como infravermelho termal e com isso dificultam a perda para o espaço da radiação térmica, produzindo o aquecimento da superfície da Terra. É o chamado “efeito-estufa”. Esses gases são fundamentais para manter o equilíbrio climático e condições ambientais adequadas para a vida na Terra, isto é, temperaturas que permitam a existência de água nas formas líquida e gasosa essencial à vida e ao ciclo hidrológico, respectivamente.

Importantes instrumentos para estudar esses constituintes atmosféricos são sondadores a bordo de satélites. Atualmente, esforços têm se concentrado no desenvolvimento de sistemas de sondagem com alta resolução espectral, por exemplo, o “Atmospheric Infrared Sounder” (AIRS) possuindo 2378 canais e o “Infrared Atmospheric Sounding Interferometer” (IASI) com mais de 8000 canais. O AIRS foi o primeiro sondador avançado de radiação infravermelha operacional com essa característica (PARKINSON, 2003), lançado no dia 4 de maio de 2002 a bordo da plataforma AQUA. Com os 2378 canais do sondador AIRS tem-se um

aumento significativo na quantidade de informação sobre a atmosfera terrestre, sem precedentes na história da meteorologia por satélites. Todavia, não é imediatamente óbvio quantificar essa informação ou utilizá-la de forma eficiente. A informação espectral incluída nos canais refere-se não apenas a perfis de temperatura e de umidade, mas também contém informação de outros gases presentes na atmosfera (gases minoritários). A aproximação usual para a utilização desse conjunto de dados é a seleção de bandas estreitas com um número limitado de canais, de tal forma que cada banda selecionada corresponda a um constituinte atmosférico ou um parâmetro a ser inferido (RODGERS, 1998; SUSSKIND et al., 2003; BARNET et al., 2004). A missão AQUA oferece uma grande oportunidade para coletar dados valiosos que poderão ser utilizados para o avanço do “estado da arte”, particularmente, na seleção de canais para a otimização de procedimentos de inversão, usados para recuperação de perfis de constituintes atmosféricos. Dessa forma, estudos que possam contribuir no sentido de utilizar as informações obtidas de forma eficiente são necessários.

Nesse contexto, este trabalho pretende estudar a sensibilidade dos canais do sensor AIRS às alterações na concentração de CO, T e H₂O na atmosfera utilizando um modelo de transferência radiativa (modelo direto) para a identificação/seleção dos canais sensíveis, a fim de que os canais selecionados sejam utilizados futuramente para a inferência da concentração desse constituinte atmosférico. Com isso, buscar-se-á contribuir para a melhoria dos produtos de satélite, particularmente, na seleção de canais para a otimização do procedimento de inversão sob as condições climáticas brasileiras.

2. METODOLOGIA

Neste trabalho foram utilizados os perfis atmosféricos do banco de dados do modelo direto SARTA, com o objetivo de selecionar canais AIRS sensíveis ao CO, a T e a H₂O, através de simulações de radiação. Para a identificação de canais sensíveis do sensor AIRS utilizou-se o método proposto por SCHAEERER e WILHEIT (1979), também conhecido na literatura como método da perturbação ou “Jacobian Method” (AIRES et al., 2001). Basicamente, o método consiste em perturbar o perfil do constituinte atmosférico que se deseja estudar e em seguida simular o espectro de radâncias com o modelo direto. Posteriormente, faz-se uma comparação do espectro de radiação do perfil inicial com o do perfil perturbado, para diferentes níveis de pressão atmosférica, a fim de verificar quais são os canais sensíveis às alterações introduzidas. As perturbações foram feitas para os 101 níveis de pressão atmosférica. Os resultados apresentados correspondem a uma perturbação de 10% na concentração inicial dos perfis dos constituintes selecionados.

3. RESULTADOS

Durante a fase de familiarização com o modelo direto foram realizadas algumas simulações de espectros de temperatura de brilho e radiação para os canais do AIRS. As Figuras 1 e Figuras 2 apresentam as simulações realizadas.

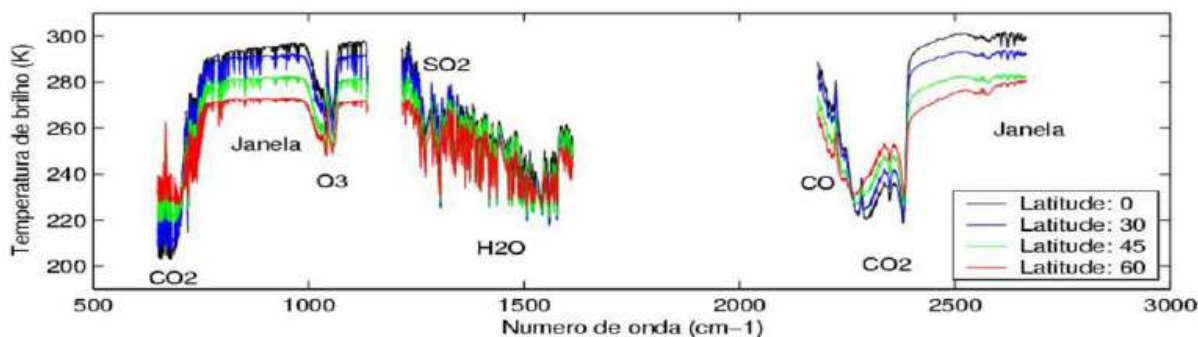


Fig.1. Espectros de temperatura de brilho dos canais AIRS para quatro diferentes regiões do globo (latitudes).

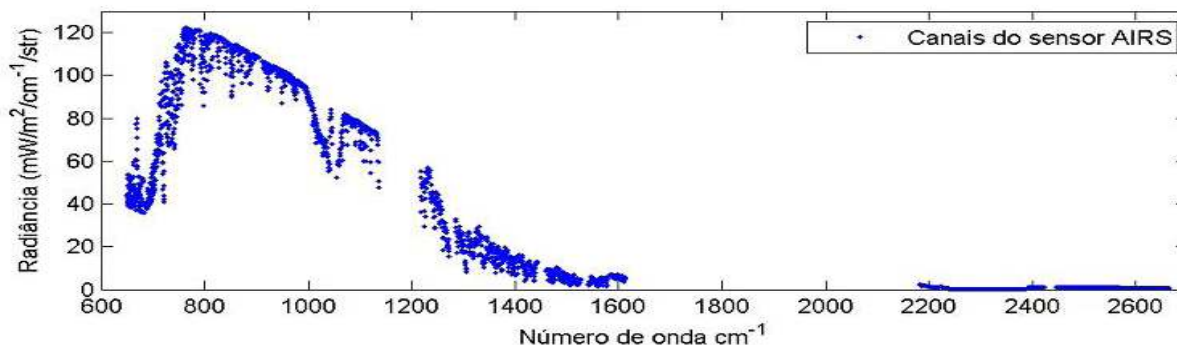


Fig. 2. Espectro simulado de radiância do AIRS.

Observa-se claramente nas Figuras 1 e Figuras 2 que o AIRS possui seus canais distribuídos em três bandas do infravermelho entre os comprimentos de onda de 650 cm^{-1} a 2700 cm^{-1} . Essa faixa espectral inclui importantes comprimentos de onda localizados na banda de absorção de diversos gases presentes na atmosfera terrestre (CO , CO_2 , O_3 , H_2O , entre outros).

As simulações de temperatura de brilho e radiância mostradas anteriormente foram realizadas para diferentes perfis encontrados no banco de perfis atmosféricos do próprio modelo direto (SARTA) para condições de céu livre de nuvens. A Figura 3 ilustra os perfis utilizados nas simulações, sendo as abscissas (eixos horizontais) compostas pelos seguintes constituintes: T em kelvin (K), H_2O e CO em mol/cm^2 e as ordenadas (eixos verticais) são compostas pelos níveis de pressão em (hPa).

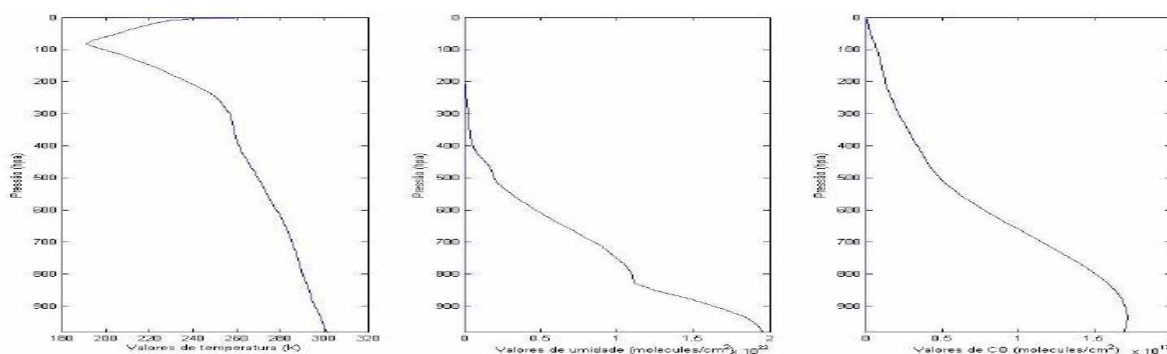


Fig. 3. Perfis de temperatura, umidade e monóxido de carbono utilizados nas simulações.

Como resultado das simulações de radiância realizadas para os 2378 canais do sensor AIRS tem-se as Figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9. Nas Figuras 4, 5 e 6 pode-se verificar as radiâncias simuladas (eixo ordenada) por comprimento de onda (abscissa) para os canais do AIRS, contendo a localização das regiões sensíveis aos canais de T, H_2O e CO , indicados por círculos vermelhos. As Figuras 7, 8 e 9 apresentam as imagens desses canais para as taxas de perturbações inseridas (10%).

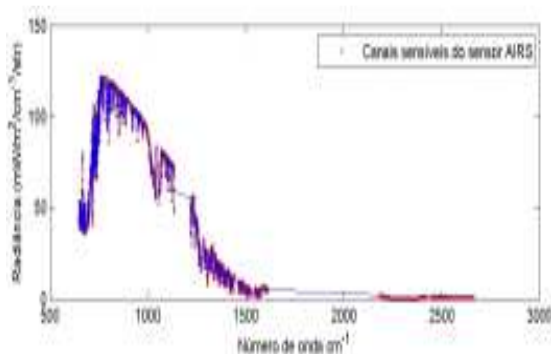


Fig. 4. Identificação dos canais sensíveis às alterações na concentração do perfil de Temperatura.

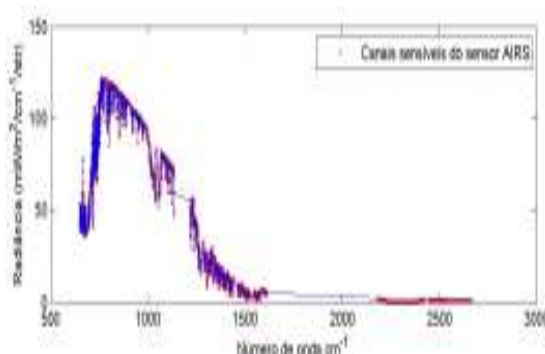


Fig. 5. Identificação dos canais sensíveis às alterações na concentração do perfil de umidade.

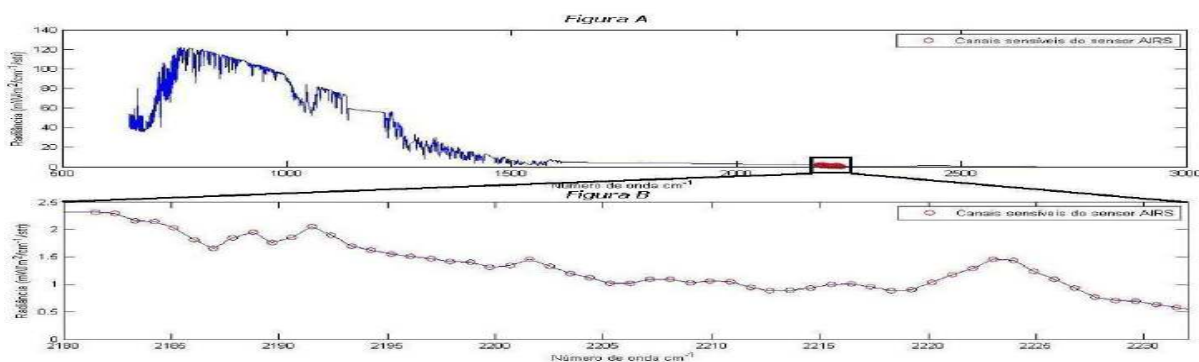


Fig. 6. Identificação dos canais sensíveis às alterações na concentração do perfil de CO.

Nas Figuras 7, 8, 9, são apresentadas as diferenças entre a radiação calculada no perfil inicial e no perfil perturbado, para diferentes níveis de pressão utilizando o perfil de CO, temperatura e umidade, as cores servem para diferenciar a sensibilidade dos canais, sendo que a cor azul é a menos sensível e a cor vermelha é a mais sensível. A Figura 7 identifica os canais sensíveis ao CO onde a região de maior sensibilidade foi entre as camadas de pressão atmosférica de 70 hPa a 95 hPa. As Figura 8 e 9 apresentam os canais sensíveis a temperatura e a umidade sendo que a região mais sensível corresponde as camadas de pressão atmosférica de 80 hPa a 100 hPa.

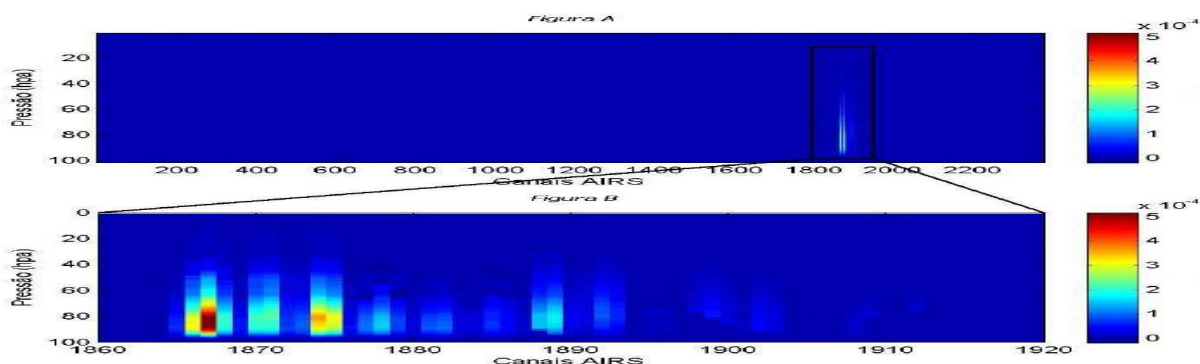


Fig. 7. Diferença entre a radiação calculada no perfil inicial e no perfil perturbado para diferentes níveis de pressão utilizando o perfil de CO.

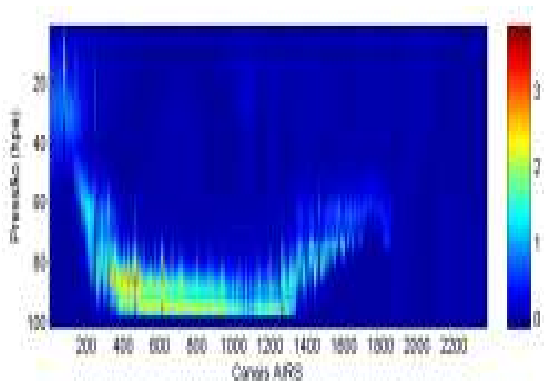


Fig. 8. Diferença entre a radiação calculada no perfil inicial e no perfil perturbado para diferentes níveis de pressão utilizando o perfil de temperatura.

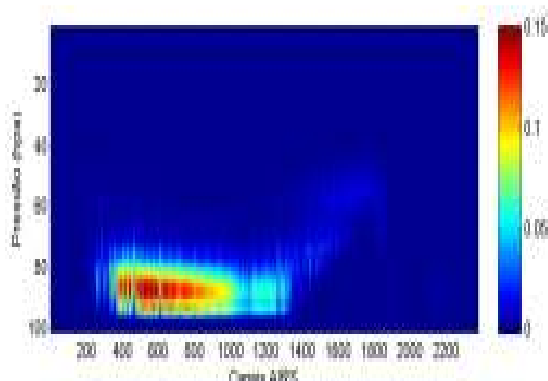


Fig. 9. Diferença entre a radiação calculada no perfil inicial e no perfil perturbado para diferentes níveis de pressão utilizando o perfil de umidade.

4. CONCLUSÕES

Nesse trabalho foram apresentados os procedimentos para a seleção dos canais do sondador AIRS sensíveis ao monóxido de carbono, a temperatura e a umidade na atmosfera, utilizando o modelo de transferência radiativa SARTA para a simulação de radiação. Como resultado se tem que todos os 2378 canais do AIRS são sensíveis à temperatura, seguindo de 2129 canais que são sensíveis a umidade e 55 canais sensíveis ao monóxido de carbono.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MCCARTHY, J. J.; F., C. O.; LEARY, N. A.; DOKKEN, D. J.; WHITE, K. S. IPCC: IMPACTS, ADAPTATION AND VULNERABILITY. CONTRIBUTION OF WORKING GROUP II TO THE THIRD ASSESSMENT REPORT OF THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, CAMBRIDGE, 2001.

PARKINSON, C. L. AQUA: AN EARTH-OBSERVING SATELLITE MISSION TO EXAMINE WATER AND OTHER CLIMATE VARIABLES. IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, v. 41, n. 2, p. 173–183, 2003.

RODGERS, C. D. INFORMATION CONTENT AND OPTIMIZATION OF HIGH SPECTRAL RESOLUTION REMOTE MEASUREMENTS. ADVANCED SPACE RESEARCH, v. 21, n. 3, p. 361–367, 1998.

SUSSKIND, J.; BARNET, C.; BLAISDELL, J. RETRIEVAL OF ATMOSPHERIC AND SURFACE PARAMETERS FROM AIRS/AMSU/HSB DATA IN THE PRESENCE OF CLOUDS. IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, v. 41, n. 2, p. 390–409, 2003.

BARNET, C.; GOLDBERG, M.; MCMILLIN; CHAHINE, M. REMOTE SOUNDING OF TRACE GASES WITH THE EOS/AIRS INSTRUMENT. PROCEEDINGS OF SPIE, v. 5548, p. 300–312, 2004.

STROW, L. L.; HANNON, S. E.; SOUZA-MACHADO, S. D.; MOTTELER, H. E. AN OVERVIEW OF THE AIRS RADIATIVE TRANSFER MODEL. IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, v. 41, n. 2, p. 303–313, FEBRUARY 2003.

SCHAEFER, G.; WILHEIT, T. T. A PASSIVE MICROWAVE TECHNIQUE FOR PROFILING OF ATMOSPHERIC WATER VAPOR. RADIO SCIENCE, v. 14, n. 3, p. 371–375, 1979.

AIRS, F.; CHÉDIN, A.; SCOTT. A REGULARIZED NEURAL NET APPROACH FOR RETRIEVAL OF ATMOSPHERIC AND SURFACE TEMPERATURES WITH THE IASI INSTRUMENT. APPLIED METEOROLOGY, 2001.