

INCLUSÃO DE ESTIMATIVAS DO IWV PROVENIENTES DOS SENSORES AIRS/AMSU E SSM/I NO SISTEMA DE ASSIMILAÇÃO DO CPTEC/INPE

Luiz Fernando Sapucci¹

José Antônio Aravéquia¹

Sérgio Henrique S. Ferreira¹

Rita Valéria Andreoli¹

Rodrigo Augusto F. de Souza²

Dirceu Luis Herdies¹

RESUMO: A inclusão de estimativas do IWV (*Integrated Water Vapor*) na Previsão Numérica do Tempo (PNT) melhora a estrutura vertical da umidade e, conseqüentemente, contribui para a obtenção de um estado atmosférico inicial mais realístico. Atualmente, os sistemas remotos de observação são as fontes mais importantes da umidade, as quais fornecem informação com boa resolução horizontal e cobertura global. Entretanto, a assimilação dos valores de IWV provenientes de satélites não tem sido totalmente explorada no sistema de assimilação de dados do CPTEC/INPE. O presente trabalho investiga o impacto da inclusão das estimativas de IWV provenientes dos sensores AIRS/AMSU (*Atmospheric InfraRed Sounder/Advanced Microwave Sounding Unit*) e SSM/I (*Special Sensor Microwave/Imager*) como fontes adicionais da informação da umidade no atual sistema de assimilação de dados do CPTEC/INPE (PSAS: *Physical-space Statistical Analysis System*). Em uma análise preliminar dos resultados obtidos com a inclusão do IWV no modelo global observa-se que o impacto é significativo nas regiões onde a densidade de informação convencional é baixa como regiões do Hemisfério Sul. Nestas áreas, a inclusão os valores de IWV melhorou a previsão do perfil da umidade específica e, conseqüentemente, a altura geopotencial e as componentes do vento na alta troposfera.

ABSTRACT: The inclusion of Integrated Water Vapor (IWV) estimates into Numeric Weather Prediction (NWP) improves the vertical structure of the humidity and consequently contributes to obtain a more realistic atmospheric state. Nowadays, remote sensing data is the most important source

¹ Divisão de Desenvolvimento e Modelagem - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Cachoeira Paulista, SP, Brasil: sapucci;araveq;sergioh;rita;dirceu@cptec.inpe.br;

² Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Cachoeira Paulista, SP, Brasil: rodrigo@cptec.inpe.br;

of humidity, which provides information with good horizontal resolution and global coverage. However, the assimilation of the IWV values from humidity sounding satellites not has been adequately explored in the CPTEC/INPE data assimilation system. This study investigates the impact of using IWV estimate from Atmospheric InfraRed Sounder/Advanced Microwave Sounding Unit (AIRS/AMSU) and Special Sensor Microwave/Imager (SSM/I) as additional sources of moisture information in the CPTEC/INPE data assimilation system (PSAS: Physical-space Statistical Analysis System). The preliminary analysis of the results shown that the impact of inclusion of the IWV is significant to regions where the density of conventional information is low, as in the South Hemisphere. In these areas, the inclusion the IWV values improved the prediction of specific humidity profile and, consequently, the geopotencial height and wind components in the high troposphere.

Palavras-chave: IWV, Sensor AIRS/AMSU; Assimilação de dados.

INTRODUÇÃO

O vapor d'água integrado na atmosfera (IWV - *Integrated Water Vapor*) desempenha um papel fundamental nos processos atmosféricos, e sua distribuição está associada com a concentração de nuvens e com a ocorrência de precipitação. Tais propriedades se intensificam nas regiões tropicais onde a liberação do calor latente associado com convecção cúmulus é um fator principal nas forçantes da circulação tropical. Devido a essas características o conhecimento tanto da distribuição temporal como espacial é especialmente importante para caracterizar a circulação atmosférica bem como as interconexões entre regiões tropicais e extropicais.

A eficiência do Modelo de Circulação Geral (MCG) ao gerar previsões confiáveis depende do desempenho do sistema de assimilação em representar da forma mais fiel possível o estado da atmosfera em um dado instante (Kalnay, 2003). Mas reproduzir adequadamente a distribuição da umidade como é encontrada na natureza ainda é um grande desafio, principalmente em regiões onde a quantidade de dados disponíveis é pequena. Nessas regiões, a baixa densidade de dados permite que o modelo crie sua própria climatologia, a qual pode representar um estado atmosférico bem diferente do que é encontrado na realidade física. Uma possível razão para isso são as deficiências nas parametrizações físicas de convecções cumulus e outros processos que ocorrem na superfície que envolvem o vapor d'água atmosférico (Starr e Melfi, 1991). A combinação desses problemas pode gerar sérios efeitos nos trópicos, pois nessas regiões estruturas de pequena escala na distribuição da

umidade podem modificar significativamente a localização e a intensidade da precipitação prescrita por parametrizações convectivas.

A mais confiável fonte de informação da umidade na atmosfera é proveniente da temperatura do ponto de orvalho medida pelas radiossondas, as quais apresentam uma qualidade bastante razoável. No entanto, estes dados estão concentrados sobre os continentes e observa-se uma lacuna tanto na resolução temporal como espacial. Os lançamentos operacionais das radiossondas são em geral feitos duas vezes ao dia, e a distribuição dessas estações se concentram em sua maioria no Hemisfério Norte. Além do número de lançamentos ser inadequado, essa configuração não privilegia a vasta região oceânica que cobre o globo bem como o Hemisfério Sul. É evidente que apenas as radiossondagem não são suficientes para caracterizar adequadamente a distribuição global da umidade e que outras fontes dessa informação, como os satélites sondadores de umidade, devem ser exploradas.

O presente trabalho tem por objetivo investigar os benefícios da assimilação de valores de IWV (Kuo et al, 1993) provenientes dos sensores AIRS/AMSU (*Atmospheric InfraRed Sounder/Advanced Microwave Sounding Unit*) e SSM/I (*Special Sensor Microwave/Imager*) como fontes adicionais de informações da umidade no atual sistema de assimilação de dados do CPTEC/INPE (PSAS: *Physical-space Statistical Analysis System*), uma vez que na atual configuração operacional desse Centro apenas as radiossondas tem sido utilizadas como fonte de umidade. Rodadas em paralelo com e sem a inclusão de valores de IWV provenientes dos sensores AIRS/AMSU e SSM/I foram feitas para verificar o impacto desses dados no desempenho do modelo de Previsão Numérica de Tempo (PNT) do CPTEC/INPE.

EXPERIMENTO REALIZADO PARA A AVALIAÇÃO DA INCLUSÃO DO IWV

Para avaliar os benefícios obtidos com a inclusão do IWV na PNT do CPTEC/INPE foram realizados dois experimentos cíclicos de assimilação de dados, para o mesmo período, sendo que no primeiro experimento os valores do IWV foram assimilados e no segundo os mesmos não foram. O sistema de assimilação utilizado nesse experimento foi a versão 2003 do PSAS (da Silva e Guo, 1996; Cohn et al., 1998) e o modelo de PNT global utilizado foi o CPTEC-COLA (Kinter et al., 1997). O período focado pelo experimento foi o mês de março de 2004, com o objetivo de facilitar investigações futuras dos possíveis benefícios da assimilação dessa variável para a previsibilidade de eventos extremos em um estudo de caso (Catarina).

Além dos valores do IWV foram assimilados também outros dados disponíveis para esses testes os quais continham valores de altura geopotencial proveniente de perfis de temperatura medidos por

satélites NOAA, do tipo ATOVS [*Advanced TIROS (Television Infrared Observation Satellite) Operational Vertical Sounder*] (Reale, 2002); Medidas das componentes zonal e meridional do vento sobre os oceanos, provenientes do satélite Titan II, missão QuickScat (*Nasa's Quick Scatterometer*); Valores de altitude geopotencial, temperatura, pressão, umidade específica, vento zonal e meridional proveniente do GTS (*Global Telecommunication System*), no qual estão contidos medidas realizadas por estações meteorológicas de superfície e radiossondas operacionais.

Os valores de IWV do sensor SSM/I do Programa RSS (*Remote Sensing Systems*) da NASA testados nesse experimento são provenientes do satélite DMSP (*Defense Meteorological Satellite Program*) (Ledvina e Pfaendtner, 1995) e foram obtidos pela aplicação do algoritmo de Wentz (Wentz et al, 1986). Quanto aos dados do sensor AIRS abordo do satélite AQUA os valores de IWV (nível L2) foram obtidos utilizando a versão 4 do algoritmo da NASA (Susskind et al. 2003); o qual incorpora os mais recentes avanços em procedimentos de inversão. Com base em indicadores de qualidade contidos junto aos valores fornecidos por esse sensor, foram descartados dessa análise 19,1% dos dados por apresentarem qualidade degradada. A escolha desses sensores para esse estudo foi devida ao fato que as passagens dos satélites que os carregam são temporalmente bem distribuídas sobre a América do Sul, pois enquanto as passagens do DMSP (SSM/I) se concentram as 0:00 UTC e 12:00 UTC, as passagens do AQUA (AIRS) se concentram as 6:00 UTC e 18:00 UTC.

Para a avaliação dos resultados obtidos foi feita uma análise de Erro Médio Quadrático (EMQ) dos campos de previsão de até 5 dias, das rodadas com e sem a assimilação do IWV (rodada de controle). Para o cálculo do EMQ foram utilizadas como verdade as radiossondas disponíveis no GTS no período do experimento. Foi feita uma análise com relação aos valores da umidade específica, para verificar o impacto direto da assimilação do IWV nos campos de umidade do modelo. Nessa análise foram consideradas diferentes regiões do globo: Hemisfério Norte; Hemisfério Sul, Região Tropical (latitude entre 20°N - 20°S) e América do Sul (60°S - 15°N de latitude e de 90°W - 30°W de longitude).

Análise dos resultados obtidos.

Na análise com relação aos diferentes hemisférios verificou-se que enquanto no Norte o impacto foi insignificante para as diferentes variáveis avaliadas, no Hemisfério Sul ele foi significativo. Na figura 1 são apresentados os valores do EMQ da umidade específica em 850, 700 e 400 hPa ao considerar as radiossondas lançadas sobre a América do Sul. Observa-se que com a inclusão do IWV os valores do EMQ dos campos das previsões diminuíram com relação ao controle, sendo mais

expressiva para o nível 850 hPa (figura 1a) do que em 400 hPa (figura 1c), mostrando-se correlacionada com a concentração da umidade no perfil atmosférico.

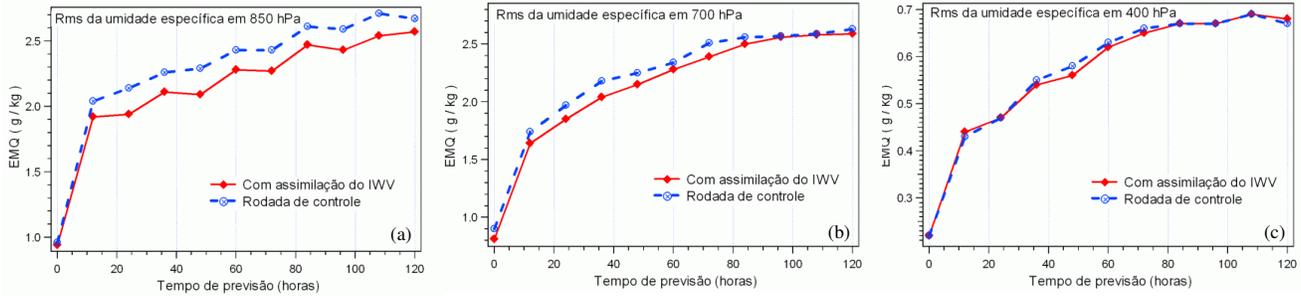


Figura 1- Valores do EMQ da umidade específica em 850 hPa (a), 700 hPa (b) e 400 hPa (c) para as rodadas com e sem a assimilação do IWV com relação às radiossondas lançadas na América do Sul.

Para verificar o impacto indireto da assimilação do IWV nos campos das demais variáveis prognósticas foi feita a mesma análise para a altura geopotencial e para as componentes do vento. Verificou-se que para as camadas mais elevadas na atmosfera, apesar da baixa concentração de umidade, a assimilação do IWV teve impacto positivo nos campos das demais variáveis prognósticas. A figura 2 mostra os valores do EMQ para as variáveis avaliadas com relação às radiossondas lançadas na região Tropical para o nível de 250 hPa. Com relação à altura geopotencial (figura 2a), verifica-se que o EMQ foi significativamente menor com a inclusão do IWV, chegando a uma diferença positiva de 5 m com 120 horas de previsão. Nas componentes do vento observa-se que na componente meridional (figura 2b) o benefício da inclusão do IWV foi mais significativo que na componente zonal (figura 2c). Esses resultados são importantes, pois é um indicativo que ao amenizar os erros do modelo em caracterizar a estrutura vertical da umidade a assimilação do IWV ajusta melhor o balanço de massas na troposfera, gerando um impacto direto na previsibilidade das demais variáveis prognósticas do modelo, principalmente na altura geopotencial, nas camadas mais elevadas da troposfera (250 hPa).

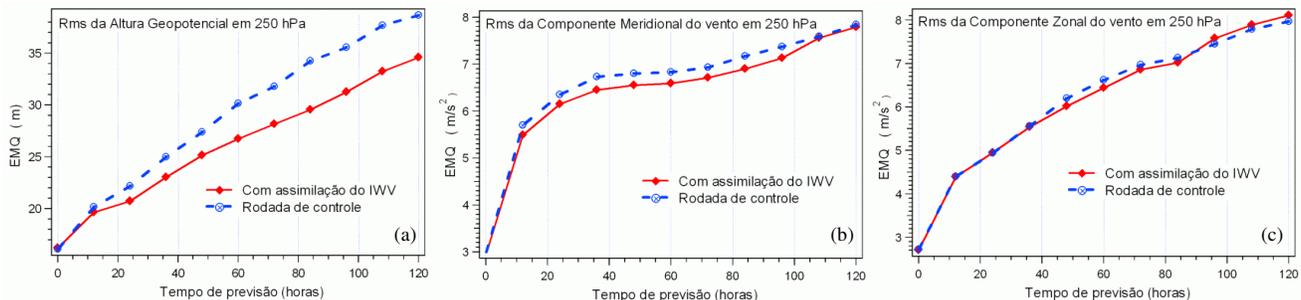


Figura 2- Valores do EMQ da altura geopotencial (a) e componentes meridional (b) e zonal (c) do vento em 250 hPa para a rodada com e sem a inclusão do IWV com relação às radiossondas lançadas na região tropical.

COMENTÁRIOS FINAIS E CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou os primeiros resultados da assimilação dos valores do IWV provenientes dos sensores AIRS/AMSU e SSM/I no desempenho do modelo de PNT do CPTEC/INPE. O impacto foi medido ao comparar os valores das diferentes variáveis prognósticas geradas com e sem a inclusão do IWV com valores medidos por radiossondas em diferentes regiões do globo. Os resultados obtidos indicam que a assimilação dessa variável é capaz de minimizar os erros do modelo em caracterizar a estrutura vertical da umidade, melhorando a previsibilidade das demais variáveis prognósticas do modelo em 250 hPa.

Em continuidade dessa pesquisa pretende-se fazer alguns ajustes no sistema de assimilação com relação a essa variável como aumentar o range do perfil modificado pelos valores do IWV assimilados, melhorar o modelo estocástico utilizado nesse processo, bem como utilizar outras fontes dessa informação. A longo prazo, pretende-se realizar a assimilação do IWV em conjunto com a inclusão de dados de precipitação. Hou et al (2000) mostraram que a assimilação da precipitação em conjunto com valores do IWV intensifica os benefícios gerados por cada uma dessas variáveis isoladamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cohn, S. E.; Silva, A.; Guo J.; Sienkiewicz, M.; Lamich, D. *Assessing the effects of data selection with the DAO Physical-space Statistical Analysis System*. *Mon. Wea. Rev.*, v.126, p.2913-2926, 1998.
- Hou, A. Y.; D. V. Ledvina, et al; 2000: *Assimilation of SSM/I-Derived Surface Rainfall and IWV for improving the GEOS analysis for Climate studies*. *Mon. Wea. Rev.*, **128**, 509-537.
- Kalnay, E. 2003: *Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability*. Cambridge University Press, London, 341pp.
- Kinter, J.L. et al *The COLA Atmosphere Biosphere General Circulation Model*. Volume1: Formulation. Center for Ocean Land Atmosphere Studies. Report n.o 51. Calverton, USA, 1997.
- Kuo, Y. H., Guo, Y. R.; Westwater, E. R. *Assimilation of Precipitable Water Into Mesoscale Numerical Model*. *Mon. Wea. Rev.*, v.121, p.1215-1238, 1993.
- Ledvina, D. V.; Pfaendtner, J. *Inclusion of SSM/I total precipitable water estimates into the GOES-1 data assimilation system*. *Mon. Wea. Ver.*, v. 123, p.3003-3015, 1995.
- Reale, A L. NOAA operational sounding products for advanced-TOVS, *NOAA Tech. Rep. NESDIS 107*, 29pp. U.S. Dep. Of Commer., Washington, D. C., 2002.
- Susskind, J.; Barnet, C.; Blaisdell, J. *Retrieval of atmospheric and surface parameters from AIRS/AMSU/HSB data in the presence of clouds*. *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, v.41, n.2, p. 390-409, 2003.
- da Silva, A.; Guo, D. J. 1996: *Documentation of the PSAS Part I: The Conjugate Gradient Solver Version PSAS-1.00*. DAO Office [Disponível: <http://dao.gsfc.nasa.gov/subpages/office-notes.html>].
- Starr, D. O. e S. H. Melfi, 1991: *The role of water vapor in climate: A strategic research plan for the proposed GEWEX water vapor project (GVAP)*. NASA Conference Publication 3120, Easton, MD.
- Wentz, F. J.; L. A. Mattox e S. Peteherych, 1986: *New algorithms for microwave measurements of ocean winds: Applications to SEASAT and SSM/I*. *J. Geophys. Res.*, 91, 2289-2307.