

MELHORIAS NAS PREVISÕES DE PRECIPITAÇÃO COM A ASSIMILAÇÃO DE VAPOR D'ÁGUA INTEGRADO.

DEREK V. SCHUBERT¹, LUIZ F. SAPUCCI², JOÃO FRANCISCO GALERA MONICO³

¹ Bel. em Tecnologia da Informação, Bolsista, CPTEC - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE - Rodovia Presidente Dutra, km 40 - Cachoeira Paulista – SP. derek.schubert@cptec.inpe.br

² Matemático, Pesquisador, CPTEC-INPE - Cachoeira Paulista – SP

³ Eng^o Cartógrafo, Pesquisador, FCT-UNESP – Presidente Prudente – SP.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011, SESC, Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari – ES.

RESUMO – A correta caracterização da distribuição espacial do vapor d'água como ele é encontrado na natureza é um primeiro passo para a obtenção de previsões acertadas da precipitação. Gerar as condições iniciais para os modelos tempo é o papel da Assimilação de Dados, e envolve processos estatísticos de minimização de erros ao combinar previsões de curto prazo com as observações disponíveis. Embora as medidas do vapor d'água integrado na coluna atmosférica não tenham informações da distribuição vertical da umidade, a assimilação desse tipo de observação pode corrigir a distribuição da umidade nos modelos e trazer impactos positivos nas previsões de precipitação. O presente trabalho mostra os resultados obtidos com a assimilação de valores de IWV provenientes de satélites na melhoria da previsão de precipitação sobre o Brasil. O objetivo é destacar os benefícios que poderão ser obtidos com a utilização da rede de receptores GNSS (*Global Navigation Satellite System*) sobre o estado de São Paulo para a quantificação do vapor d'água integrado. Como os valores provenientes das observações GNSS apresentam qualidade semelhante aos valores obtidos com as radiossondas, espera-se que a melhoria das previsões de precipitação seja significativa sobre a região de domínio dessa rede.

PALAVRAS-CHAVE: Previsão de Precipitação, Assimilação de Dados, Vapor D'água integrado.

IMPROVEMENTS IN THE PRECIPITATION FORECAST WITH THE ASSIMILATION OF THE INTEGRATED WATER VAPOR.

ABSTRACT – The correct characterization of the spatial distribution of water vapor as is found in nature is a very important to obtaining good predictions of rainfall. The production of the initial conditions for the models is the role of Data Assimilation, in which is involved statistical procedures to minimize errors to combine short-term predictions with available observations. Although measurements of integrated water vapor have not information of the moisture vertical distribution, the assimilation of these observations can correct the distribution of moisture in the models and generate positive impacts on precipitation forecasts. This paper shows the results obtained with the assimilation of IWV values from satellites in the improvement of the precipitation forecasts over Brazil. The aim is emphasize the benefits that will be obtained with the application of the network of GNSS (*Global Navigation Satellite System*) receivers over the São Paulo state in the quantification of the IWV. The expectative is that the improvement in the precipitation forecasts be significant over domain of this network, because the IWV values derived from GNSS observations have similar quality to values obtained with radiosondes.

KEYWORDS: Precipitation Forecast, Data Assimilation, Integrated Water Vapor.

Introdução

A correta caracterização da distribuição espacial do vapor d'água como ele é encontrado na natureza é um primeiro passo para a obtenção de previsões acertadas da precipitação. Gerar as condições iniciais para os modelos de PNT é o papel da Assimilação de Dados, e envolvem processos estatísticos de minimização de erros ao combinar previsões de curto prazo com as observações disponíveis das mais variadas fontes (KALNAY et al, 2005). Embora as medidas do vapor d'água integrado na coluna atmosférica (*Integrated Water Vapor-IWV*) não tenham informações da distribuição vertical da umidade, a assimilação desse tipo de observação pode corrigir a distribuição da umidade no modelo e trazer impactos positivos nas previsões de precipitação (SAPUCCI et al. 2011). O presente trabalho mostra os resultados obtidos com a assimilação de valores de IWV provenientes dos sensores AIRS-AMSU e SSM/I embarcados em satélites na melhoria da previsão de precipitação sobre o Brasil. O objetivo é destacar os benefícios que poderão ser obtidos com a utilização da rede de receptores GNSS instalada no estado de São Paulo para obter o vapor d'água integrado. Com os resultados obtidos na frente de pesquisa denominada GNSS-meteorologia é possível quantificar o vapor d'água atmosférico a partir da influência que esse gás exerce sobre a propagação dos sinais na troposfera. Essa rede pode ser considerada a rede mais densa de observações GNSS do Hemisfério Sul em operação, o que permitirá o monitoramento espacial do IWV de alta resolução temporal. Os valores vindos das observações GNSS apresentam qualidade semelhante aos valores obtidos com as radiossondas, espera-se que o impacto da assimilação dos mesmos em modelos regionais de alta resolução na melhoria das previsões de precipitação seja significativo sobre essa região.

Impacto da assimilação do IWV na melhoria da previsão de precipitação

Com o objetivo de avaliar o impacto do IWV nos campos de precipitação prevista pelos modelos foi feito um experimento onde dados dos sensores AIRS-AMSU (*Atmospheric InfraRed Sounder/Advanced Microwave Sounding Unit*) foram utilizados como fontes adicionais de informações da umidade no atual sistema global de assimilação de dados do CPTEC/INPE, denominado Physical-space Statistical Analysis System (PSAS). Os maiores impactos desses dados foram observados sobre a região Amazônica, na qual foi observada uma diminuição da superestimativa da umidade. Na Figura 1 observam-se três conjuntos de dados em estudos de caso, sendo os dois superiores os resultados dos campos de precipitação sem a assimilação do IWV, os intermediários os resultados com a assimilação de dados, e os inferiores são dados observados de precipitação, sendo os gráficos da esquerda correspondentes ao dia 22/03/2004 e os da direita correspondentes ao dia 24/03/2004. Nos resultados apresentados na figura 1 observa-se nitidamente que, com a assimilação do IWV_AIRS, as precipitações previstas pelo modelo são desintensificadas pela diminuição da concentração de umidade disponível nessa região (Figura 2c). Essa modificação tem um impacto positivo nos casos onde a precipitação é baixa e contrário onde a precipitação é mais significativa. Os dois casos selecionados exemplificam bem esse impacto. No dia 22, onde foi observado regiões de forte precipitação, observa-se que a modificação gerada pela assimilação do IWV, embora tenha corrigido fortes precipitações que não ocorreram, como no caso do sul do estado do Amazonas, não previu fortes precipitações que ocorreram no leste desse estado onde a versão sem assimilação do IWV havia previsto. Por outro lado, no dia 24 onde se observou baixa ocorrência de precipitação, o impacto da assimilação do IWV foi muito positivo, pois corrigiu fortes precipitações previstas erroneamente pela versão sem a assimilação do IWV_AIRS.

Os resultados obtidos indicam que a assimilação dos dados desse sensor apresenta um impacto significativo sobre na América do Sul a baixa densidade de sensores de umidade na América do

Sul, em especial na região da floresta amazônica em especial nos horários de 06 e 18hs. Ao contrário de outras regiões do globo, nessa região a densidade de dados disponível é muito baixa. E pelo fato dos horários sinóticos em que a deficiência da coleta de dados é maior coincidirem com os horários da passagem do AIRS sobre a América do Sul, no experimento com a assimilação do IWV o impacto da baixa densidade de dados é minimizado e consequentemente a contribuição desses dados é amplificada nessa região.

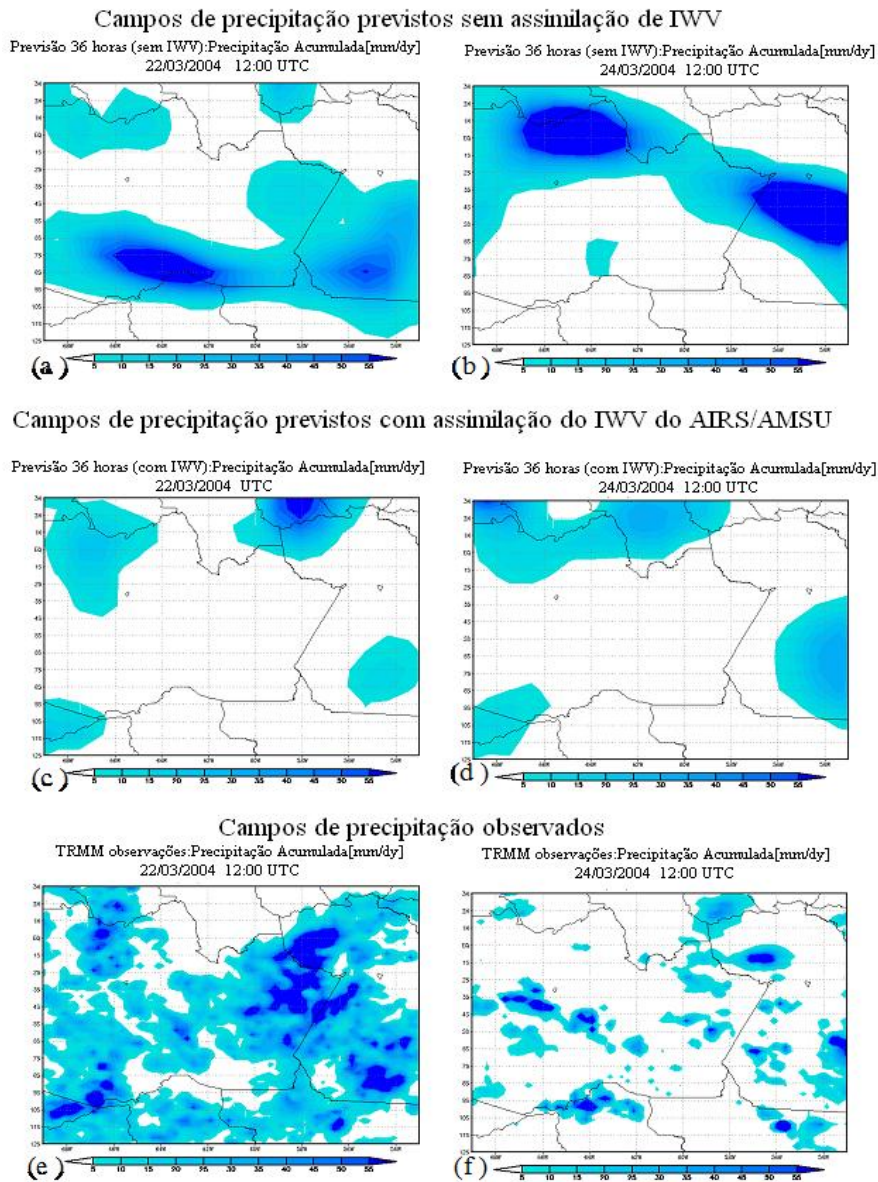


Figura 1 – Campos de precipitação previstos sem a assimilação do IWV, (plots a e b), com a assimilação do IWV do sensor AIRS/AMSU (plots c e d) e observados utilizando o sensor TRMM combinado com pluviômetros (plots e e f) sobre o recorte da região amazônica (dias 22/03/2004 e 24/03/2004, respectivamente).

A implantação da rede de receptores GNSS no estado de SP através do Projeto GNSS-SP

O emprego das observações do sistema GNSS na quantificação do vapor d'água integrado na coluna atmosférica está baseada na relação desse gás com a propagação dos sinais

eletromagnéticos na atmosfera, o qual um atraso em tempo é gerado (MONICO 2008). Como esse atraso é proporcional a concentração do vapor na atmosfera, sua estimativa através do processamento dos dados GNSS pode ser convertida em valores de IWV (SAPUCCI et al. 2001). Empregando as redes ativas já existentes, instaladas inicialmente para fins geodésicos, para essa nova aplicação obtém-se um sistema de monitoramento do vapor d'água atmosférico eficiente, preciso e de baixo custo. Esse monitoramento pode ser aplicado para as mais variadas atividades que requerem o conhecimento da distribuição da umidade na atmosfera, sendo a assimilação de dados a mais promissora aplicação. Mesmo com a rede brasileira de coleta de dados convencionais sofrendo constantes expansões nestes últimos anos, o Brasil tem muitas áreas que ainda não tem a devida cobertura na coleta de dados. Em consequência disso, nessa região do globo o desenvolvimento do GNSS Meteorologia em bases terrestres passa a ter especial importância, pois com poucos investimentos é possível adequar as redes de receptores já existentes para fins geodésicos para o monitoramento do vapor d'água atmosférico. Atentos a esse aspecto importante, alguns grupos de pesquisadores tem dado atenção ao fato de que o Brasil sofre com a escassez de dados das camadas superiores em especial com relação a umidade e estão recebendo incentivos das principais agências brasileiras de fomento à pesquisa. Há um projeto encabeçado por pesquisadores da UNESP de Presidente Prudente que visa aumentar o número de estações de forma que a cada aproximadamente 200 quilômetros haja uma estação operando continuamente no estado de São Paulo. Esse projeto recebe o nome de Investigações e Aplicações no Posicionamento Geodésico, em Estudos Relacionados com a Atmosfera e na Agricultura de Precisão - também conhecido como Temático GNSS-SP (Monico, 2006). Mais informações sobre esse projeto podem ser obtidas no site <http://gege.fct.unesp.br>. Esse projeto tem por objetivo principal instalar à rede já existente 11 novas estações (Ver Figura 2), com coleta e processamento dos dados em tempo quase real, sendo elas já equipadas com sensores meteorológicos, o que resultará em uma rede contendo 18 receptores. As novas estações permitirão a densificação das informações da umidade sobre o estado de São Paulo. Outro projeto, este encabeçado por pesquisadores da Divisão de Geofísica Espacial do INPE, visa aumentar o número de estações com sensores meteorológicos por todo o território brasileiro. Esse projeto recebe o nome de “Sistema Integrado de Posicionamento GNSS para Estudos Geodinâmicos” (Vitorello, 2008) - também conhecido como SIPEG.

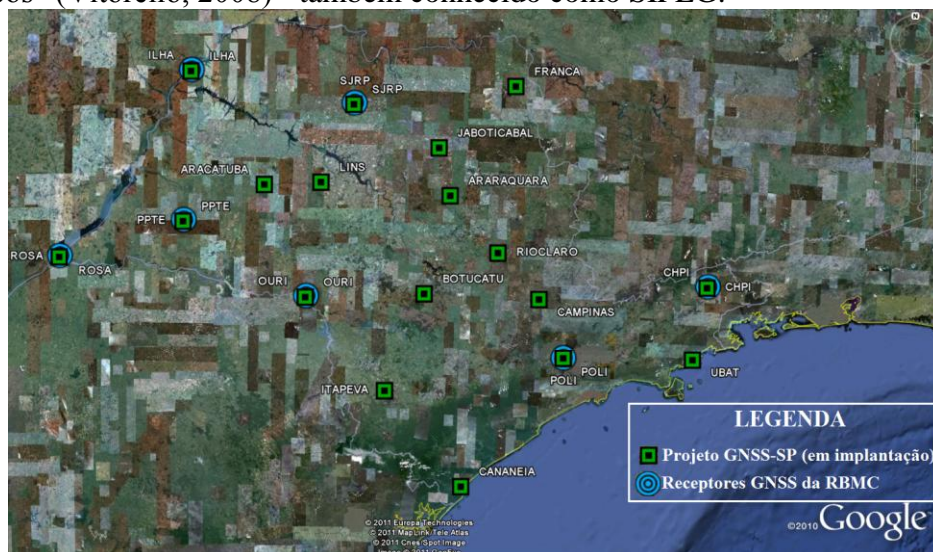


Figura 2 - Configuração da rede GNSS no estado de São Paulo depois das densificações em andamento.

Considerações finais

O presente trabalho discute a melhoria da previsão de precipitação ao serem utilizadas as redes de receptores GNSS em fase de implantação no Brasil. Resultados preliminares utilizando valores do sensor AIRS mostraram o quanto promissor pode ser a inclusão dessa nova fonte de informação. Uma descrição da técnica GNSS meteorologia foi apresentada bem como a configuração final da rede GNSS em implantação. Como discutido, essa técnica além de fornecer medidas com qualidade semelhante aos valores gerados pelas radiossondas apresenta uma alta resolução temporal superior a resolução que atualmente é demandada pelos sistemas de assimilação. Esses dados terão uma maior aplicabilidade com a implementação do novo sistema de assimilação de dados em curso no CPTEC que é o LETKF (*Local Ensemble Transform Kalman Filter*), onde será possível assimilar todas as medidas de um intervalo de uma hora. Essas inovações são muito promissoras na área de agrometeorologia, pois permitirão previsões de precipitação mais acertadas, o que é produto de interesse nas atividades desenvolvidas na área.

Agradecimentos.

Os autores agradecem à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo FAPESP (Processo número: 2006/04008-2).

Referências bibliográficas

- KALNAY, E., HUNT, B., OTT, E., AND SZUNYOGH, I. 2005. **Ensemble forecasting and data assimilation: two problems with the same solution?** In Palmer, T.N. and Hagedorn, R., editors, *Predictability of Water and Climate*. Cambridge University Press.
- MONICO, J. F. G. **GNSS: investigações e aplicações no posicionamento geodésico, em estudos relacionados com a atmosfera e na agricultura de precisão.** Projeto FAPESP na modalidade temático. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, SP. 2006
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: Descrição, Fundamentos e Aplicações.** 2.ed. São Paulo: editor UNESP, 2008.
- SAPUCCI, L. F. . **Precipitable Water Measurements Using GPS: a Case Study in Brazil.** In: **ION GPS 2001** - 14th International Technical Meeting, 2001, Salt Lake City, Utah. Proceedings of ION GPS 2001, 2001. p. 1094-1098
- SAPUCCI, L. F., Herdies, D. L., MENDONÇA, R. **The inclusion of IWV estimates from AIRS/AMSU and SSM/I sensors into the CPTEC/INPE's global data assimilation system.** Submitted at Monthly Weather Review. 2011.
- VITORELLO, ÍCARO. **Sistema Integrado de Posicionamento GNSS para Estudos Geodinâmicos.** Projeto aprovado e em andamento com recursos da PETROBRAS. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE/MCT. São José dos Campos. 2008.