

O DESEMPENHO DO GPS NA QUANTIFICAÇÃO DO VAPOR D'ÁGUA ATMOSFÉRICO NA REGIÃO AMAZÔNICA

Sapucci, L.F.¹; Monico, J.F.G.²; Machado, L.A.T.¹;
Plana-Fattori, A.³; Araujo, W. F.¹

1- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, CPTEC-INPE (sapucci, machado, wagner)@cptec.inpe.br.

2- Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas, FCT-UNESP (galera@prudente.unesp.br.

3- Departamento de Ciências Atmosféricas, IAG-USP, artemio@model.iag.usp.br.

RESUMO

A região Amazônica é caracterizada pela grande variabilidade temporal e espacial nos campos de umidade. Isso é devido aos intensos processos convectivos comuns nessa região associados com o grande potencial de umidade gerado com as altas temperaturas. Um experimento denominado RACCI/DRY-TO-WET (*Radiation, Cloud, and Climate Interactions in the Amazonia during the DRY-TO-WET Transition Season*) foi realizado em áreas da região Amazônica em 2002. A quantificação do vapor d'água atmosférico (IWV, *Integrated Water Vapor*) utilizando GPS e outras técnicas, tais como radiossondas, radiômetro e satélites com sensores de umidade, foram usados nesse experimento visando avaliar a influência dos aerossóis nos processos associados às modificações da sazonalidade do vapor d'água atmosférico. A região Amazônica é uma das mais úmidas do planeta, onde os valores médios do IWV são da ordem de 50 kg/m². Como na literatura a quantificação do IWV usando GPS não tem sido explorada nessas circunstâncias, o objetivo desse trabalho é apresentar os resultados preliminares obtidos na avaliação da performance dessa aplicação GPS na região Amazônica ao comparar com as outras técnicas envolvidas nesse experimento. Os valores da medida de tendência indicam que o IWV-GPS tende a ser maior do que os valores obtidos com as radiossondas e menor do que os obtidos com o radiômetro. Por outro lado, os valores do IWV-GPS são muito próximos do valor médio obtido ao considerar o radiômetro e as radiossondas simultaneamente. Devido à grande quantidade de vapor d'água existente nessa região, os resultados obtidos nesse experimento, em termos percentuais (RMS de 4,8 a 8,5%), são melhores do que os encontrados na literatura, os quais são de 10%.

Palavras Chave: IWV-GPS, RACCI-LBA; Sensores de umidade.

GPS PERFORMANCE IN THE QUANTIFICATION OF INTEGRATED WATER VAPOR IN AMAZONIAN REGIONS

ABSTRACT

The Amazonian region is characterized by large space-time variability in the humidity fields due to the intense convective process associated with the great humidity potential generated by high temperatures. An experiment denominated RACCI/DRY-TO-WET (Radiation, Cloud, and Climate Interactions in the Amazonia during the DRY-TO-WET Transition Season) was carried out in the Amazonian Region in 2002. The IWV (Integrated Water Vapor) values from GPS and other techniques, such as radiosondes, radiometer and humidity sounding satellite were used in this experiment to supply subsidies to evaluate the aerosols influence in the associated processes modifications to seasonality of atmospheric water vapor. This region is one of the most humid of the planet, where IWV average values are in the order of 50 kg/m². Accordingly to the literature the IWV quantification using GPS has not been explored in those circumstances. Therefore, the objective of this paper is to present the preliminary results obtained in the evaluation of the GPS performance in Amazonian Region when comparing with other techniques. The tendency measurement values indicated that the IWV values from GPS tend to be larger than those from radiosondes and smaller than those from radiometer. On the other hand, IWV values from GPS are very close to the average values supplied by radiosondes and radiometer. Due to the great amount of atmospheric water vapor existent in this region, the results obtained in the experiment in percentile terms (RMS from 4.8 to 8.5%) are better than those found in the literature, which are around of 10%.

Keywords: IWV-GPS, RACCI-LBA, Humidity sensors.

1. INTRODUÇÃO

O LBA, acrônimo de *Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia* (INPA, 2004), é uma iniciativa internacional de pesquisa liderada pelo Brasil, envolvendo diversas instituições nacionais e internacionais, cujos resultados são de grande interesse a pesquisadores de todo o mundo, preocupados com o impacto das mudanças no uso da terra na floresta Amazônica e o sistema biogeofísico global da Terra. O principal objetivo desse experimento é fornecer a

base para o desenvolvimento sustentável da região Amazônica, usando dados para definir o presente estágio e, com base no passado, antecipar possíveis mudanças que podem ocorrer no futuro.

A região Amazônica é caracterizada pela grande variabilidade dos campos de umidade devido aos intensos processos convectivos associados ao grande potencial de umidade gerado pelas altas temperaturas. Na componente das mudanças climáticas do LBA, diversos estudos meteorológicos e hidrológicos tem sido realizados com o objetivo de conhecer as variações espaciais e temporais dos fluxos de energia e de vapor d'água. As variações no clima, e as implicações disso no sistema Amazônico serão determinadas em escala diária e sazonal. Os dados gerados por um modelo de Previsão Numérica de Tempo (PNT) serão armazenados e utilizados em um esquema de assimilação de dados tetra-dimensional (4DDA) com uma primeira ferramenta na análise das observações (INPA, 2004).

Um experimento com coleta intensiva de informações químicas e físicas da atmosfera na Amazônia foi realizado em 2002 durante a transição entre as estações seca e úmida. Esse experimento foi denominado RACCI/DRY-TO-WET (*RA*diation, *C*loud, and *C*limate *I*nteractions in the Amazonia during the *DRY-TO-WET* Transition Season). O RACCI foi realizado em várias cidades do estado de Rondônia, onde é muito avançado o desmatamento para agricultura e pecuária. O principal objetivo do RACCI é conhecer os processos físicos que controlam essa fase de transição em áreas sudestes da Amazônia e o efeito no clima dos aerossóis gerados pela queima da biomassa, que é uma pratica muito comum nessa estação no fim da estação seca.

A aplicação do GPS na quantificação do IWV (*I*ntegrated *W*ater *V*apor) foi empregada nesse experimento visando avaliar a influência dos aerossóis na modificação dos processos associados com a sazonalidade do IWV. Os valores do IWV, com alta resolução temporal, obtidos nessa aplicação GPS (IWV-GPS) permite monitorar o fluxo de vapor d'água e estudar os ciclos diários durante o período seco, úmido e na fase de transição. Vários trabalhos sobre a aplicação do GPS na meteorologia têm sido realizados, os quais mostram as vantagens dessa tecnologia no monitoramento do IWV em diversas regiões do planeta (BEVIS et al., 1992; DUAN et al., 1996; WARE et al., 1997; EMARDSON, 1998; SAPUCCI, 2001, entre outros). No entanto, na região Amazônica, que é uma das mais úmidas do planeta, onde os valores médios de IWV são na ordem de 50 kg/m², essa aplicação GPS não tem sido explorada. O objetivo desse trabalho é avaliar a performance do GPS nessas circunstâncias quando comparado com outras técnicas também empregados nesse experimento, como radiossondas, radiômetro e satélites sondadores de umidade.

2. CAMPANHA DE COLETA DE DADOS GPS NO EXPERIMENTO RACCI

O objetivo principal do Experimento RACCI, entre outros, é analisar os processos atmosféricos de transferência radiativa na presença dos aerossóis e sua influência na sazonalidade do vapor d'água atmosférico. Os objetivos do emprego do GPS nesse experimento foram: fornecer valores do IWV com alta resolução temporal e monitorar as variações do vapor d'água atmosférico tornando possível os estudos do ciclo diário do IWV no período seco, úmido e na fase de transição.

Os dados GPS para a quantificação do IWV na campanha RACCI/LBA foram coletados utilizando um receptor ASHTECH, modelo ZXII e dois receptores TOPCON, modelo LEGACY. Esses receptores foram instalados em três dos seis sítios que compuseram o experimento RACCI. Um desses sítios está localizado na Fazenda Nossa Senhora, município de Ouro Preto do Oeste (estação ABRA), outro no aeroporto de Porto Velho (estação PTVE) e o último no município de Guajará Mirim (estação GJMI). Nessas estações foram também realizados lançamentos de radiossondas e coleta de informações meteorológicas à superfície. O número de radiossondas lançadas foi de 212 em ABRA, 142 em GJMI e 110 em PTVE durante o período de 12 de Setembro a 4 de Novembro de 2002. O período da campanha de coleta de dados GPS foi de 15 de Setembro a 4 de Novembro de 2002.

Na estação ABRA também foi instalado um radiômetro CIMEL pertencente a AERONET (*AErosol RObotic NETwork*), o qual fornece valores do IWV em várias épocas diariamente (NASA, 2004). Os dados dessa rede são disponibilizados em três níveis: Nível 1.0 (não processado - calibração inicial); Nível 1.5 (processado por um algoritmo que elimina resultados contaminados por nuvens); e Nível 2.0 (eliminação da contaminação por nuvens mais a recalibração dos instrumentos).

O atraso zenital troposférico foi obtido pelo processamento dos dados GPS usando o software GOA-II (GREGORIUS, 1996) em um processamento por ponto preciso (PPP) pós-processado. O ângulo de elevação do satélite foi de 10° com intervalo de processamento de 30 segundos. A função de mapeamento usada foi a de Niell (NIELL, 1996). As órbitas e correções dos relógios dos satélites utilizadas foram as produzidas pelo JPL (*Jet Propulsion Laboratory*). O atraso zenital hidrostático foi determinado através de um modelo apropriado utilizando valores de pressão atmosférica à superfície e removido do atraso zenital troposférico, obtendo o atraso zenital da componente úmida (D_{ZW}). Os valores do D_{ZW} foram convertidos em valores do IWV usando a relação (BEVIS et al., 1992):

$$IWV = D_{ZW} \Psi, \quad (1)$$

onde a constante de proporcionalidade Ψ é dada por:

$$\Psi = \frac{10^6}{R_w \left[k_2' + \frac{k_3}{Tm} \right]}, \quad (2)$$

na qual $R_w = (461,5181) \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ é a constante específica dos gases para o vapor d'água atmosférico, k_2' e k_3 são constantes da refratividade atmosférica. A temperatura média troposférica (Tm) usada na equação (2) foi obtida a partir de medidas da temperatura na superfície (Ts) e um modelo que foi desenvolvido utilizando 17.335 radiossondas lançadas em 4 estações localizadas na região Amazônica. O modelo utilizado é dado pela equação:

$$Tm = 121,75 + 0,55508Ts, \quad (3)$$

Na avaliação desse modelo o erro médio obtido foi de 0,72 K e o RMS de 2,02 K. Um modelo mais apropriado para essa e outras regiões do território brasileiro, utilizando dados de aproximadamente 90.000 radiossondas lançadas no Brasil durante os últimos 30 anos, foi desenvolvido recentemente (SAPUCCI et al., 2004).

Quanto aos dados de satélites, os valores do IWV utilizados foram provenientes do Sensor Brasileiro de Umidade, denominado HSB (*Humidity Sensor of Brazil*) (INPE, 2004) à bordo do satélite AQUA. Esse sensor foi concebido para inferir perfis de umidade da atmosfera, precipitação e água precipitável na coluna atmosférica particularmente em condição de céu encoberto (SOUZA et al., 2004) e é composto por três canais na banda de absorção do vapor d'água, em torno de 183,31 GHz, e um outro na janela de 150 GHz. Esses canais possuem uma resolução horizontal de 14 km no nadir.

O método empregado para recuperação do IWV com o sensor HSB baseia-se na hipótese de que o conteúdo integrado de vapor d'água pode ser obtido através de uma combinação linear dos canais do HSB (LIMA e MACHADO, 2004). Os coeficientes de correlação entre a temperatura de brilho registrada nos diferentes canais e os valores do IWV foram obtidos a partir de simulações utilizando trezentos e cinquenta radiossondas, lançadas nos sítios experimentais de Guajará Mirim, Ouro Preto do Oeste e Porto Velho, além de um outro localizado na Reserva Florestal do Rio Jaru, denominado Rebiu Jaru.

3. ANÁLISES DOS RESULTADOS

Os valores do IWV-GPS foram comparados com os obtidos a partir das medidas efetuadas pelas radiossondas lançadas nas estações de ABRA, GJMI e PTVE, com 133, 105 e 96 pares de dados comparados, respectivamente. A figura 1 mostra o

diagrama de dispersão dos valores do IWV-GPS em função dos valores obtidos pelas radiossondas nas diferentes estações GPS do experimento RACCI.

Os valores do IWV apresentados na Figura 1 mostram que a quantidade média de vapor d'água é muito maior nesse experimento do que dos demais trabalhos encontrados na bibliografia relacionada ao assunto. O valor médio do IWV nessa campanha é de $50\text{kg}/\text{m}^2$ com uma amplitude de $20\text{kg}/\text{m}^2$. Como a maioria dos trabalhos nessa área é realizada na Europa, América do Norte ou Ásia Oriental, os valores médios do IWV desses trabalhos são de apenas $25\text{kg}/\text{m}^2$ (DUAN et al., 1996; EMARDSON, 1998).

Os gráficos da Figura 1 indicam que o GPS tende a fornecer valores do IWV maiores que os fornecidos pelas radiossondas. Os resultados obtidos em Porto Velho foram mais próximos dos gerados pelas radiossondas, apresentando menor dispersão do que os obtidos em Guajará Mirim e em Ouro Preto do Oeste. Os valores do coeficiente de correlação (r^2) indicam que as radiossondas lançadas em Guajará Mirim apresentaram melhor correlação com os valores IWV/GPS.

Na comparação dos valores do IWV-GPS e o radiômetro da AERONET o número de pares de dados comparados foi muito maior do que com relação às radiossondas. Os valores do IWV obtidos pelo radiômetro para essa comparação foram disponíveis no Nível 1.5. A Figura 2 apresenta um diagrama de dispersão dos valores do IWV obtidos por essas duas técnicas. O coeficiente de correlação gerado nessa comparação (r^2 de 0,959) foi maior do que o obtido com as radiossondas.

Na figura 2 pode se observar que a quantificação do IWV pelo GPS tende a gerar valores menores do que os obtidos com o radiômetro. Essa tendência contradiz os resultados obtidos na comparação realizada com as radiossondas e ela é maior quando a quantidade de IWV também é maior. Para valores menores de $38\text{kg}/\text{m}^2$ praticamente não existe tendência e a dispersão é pequena. Uma possível razão para esse fato é o crescimento da taxa de cobertura por nuvens quando cresce a quantidade de umidade na atmosfera. Sabe-se que a performance do radiômetro na quantificação do IWV é degradada na presença de nuvens (BEVIS et al., 1992).

Na comparação GPS e o sensor HSB, os valores do IWV provenientes desse sensor foram obtidos ao empregar uma combinação linear de seus 4 canais. Os coeficientes de correlação entre a temperatura de brilho medida por esses canais e os valores do IWV foram obtidos a partir de simulações utilizando as radiossondas lançadas no experimento RACCI. Entre os pares de dados utilizados nessa comparação foram considerados apenas aqueles que a taxa de cobertura por nuvem foi menor do que 30%. O número de pares de dados comparados foi de apenas 24 em todas as três estações GPS do RACCI (5 em ABRA, 11 em GJMI e 8 em PTVE) e são apresentados na Figura 3.

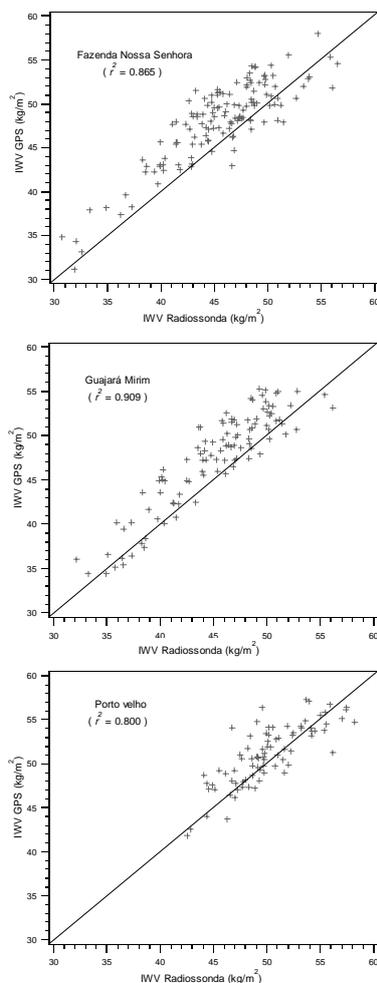


FIGURA 1. DIAGRAMA DE DISPERSÃO DOS VALORES DO IWV-GPS EM FUNÇÃO DOS VALORES OBTIDOS PELAS RADIOSSONDAS NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO RACCI.

Na figura 3 nota-se que os valores IWV-GPS apresentam pequena tendência e é mais seco do que os valores gerados pelo HSB (erro médio de $-0,963 \text{ kg/m}^2$), o qual é um resultado similar ao encontrado na comparação com o radiômetro da AERONET. No entanto, a dispersão é muito maior (Desvio Padrão de $4,176 \text{ kg/m}^2$) e cresce quando a umidade atmosférica é menor. Esse resultado é oposto ao obtido na comparação entre GPS e AERONET. A pequena quantidade de pares de dados

entre o GPS e o HSB torna difícil uma discussão sobre as possíveis razões desses resultados opostos.

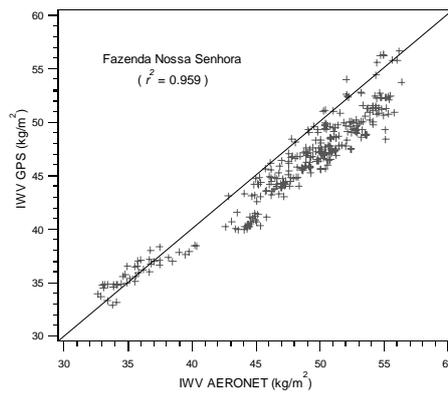


FIGURA 2. DIAGRAMA DE DISPERSÃO DOS VALORES DO IWV-GPS EM FUNÇÃO DOS VALORES IWV-AERONET.

A tabela 1 apresenta os valores dos indicadores de qualidade obtidos na comparação dos valores do GPS com as radiossondas, o radiômetro da AERONET e o sensor HSB. Os valores entre o GPS e o HSB coletados nas três estações são apresentados juntos. Nessa tabela também são apresentados: o número de pares de dados considerados em cada comparação e os valores do RMS em termos percentuais, ao considerar um valor médio de 50 kg/m².

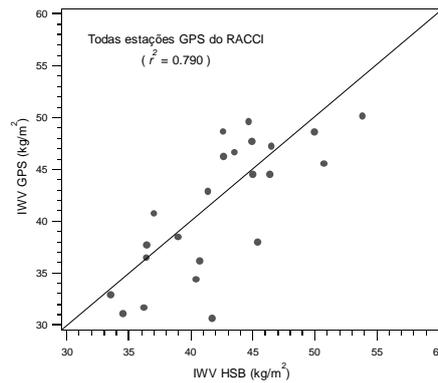


FIGURA 3. DIAGRAMA DE DISPERSÃO DOS VALORES DO IWV-GPS EM FUNÇÃO DOS VALORES IWV-HSB.

Na comparação entre o GPS e as radiossondas, a melhor correlação foi obtida na estação de GJMI, e o melhor resultado na estação de PTVE, na qual os valores do erro médio foi menor que 1 kg/m^2 e o RMS foi o menor obtido entre todas as técnicas avaliadas aqui ($2,4\text{ kg/m}^2$ ou somente 4,8%). A menor dispersão foi entre o GPS e o radiômetro da AERONET com valores do desvio padrão de $1,7\text{ kg/m}^2$. Por outro lado, a menor tendência foi encontrada na comparação entre o GPS e o sensor HSB (erro médio de $-0,963\text{ kg/m}^2$). No entanto, deve-se considerar que a pequena quantidade de pares de dados utilizados nessa última comparação torna o resultado menos robusto. Devido à grande concentração de vapor d'água atmosférico na região Amazônica, os resultados obtidos nesse experimento, em termos percentuais, são menores do que os encontrados na literatura, os quais são em torno de 10% (BEVIS et al., 1992; BOKOYE et al., 2003).

TABELA 1. VALORES DOS INDICADORES DE QUALIDADE OBTIDOS NA COMPARAÇÃO DOS VALORES DO IWV-GPS COM VALORES DO AERONET (WVR), RADIOSSONDAS (RS) E O SENSOR DE HSB (HSB) NAS DIFERENTES ESTAÇÕES GPS DO RACCI.

Técnicas comparadas	Estações GPS do RACCI	N. de pares considerados	Erro médio (kg/m^2)	Desvio padrão (kg/m^2)	RMS (kg/m^2)	RMS (%)
GPS – RS	ABRA	133	2,511	2,517	3,555	7,11
GPS – RS	GJMI	105	2,327	2,281	3,258	6,52
GPS – RS	PTVE	96	0,965	2,212	2,414	4,82
GPS – WVR	ABRA	304	-2,151	1,664	2,719	5,44
GPS – HSB	Todas	24	-0,963	4,176	4,286	8,57

Os resultado mais importantes obtidos na avaliação da performance do GPS referem-se à medida de tendência, pois os mesmos indicam quantitativamente que os dados GPS tendem a gerar valores do IWV maiores do que os das radiossondas (erro médio de $+2,30\text{ kg/m}^2$) e menor do que o radiômetro da AERONET e sensor HSB (erro médio de $-2,15$ e $-0,96\text{ kg/m}^2$, respectivamente). Logo, os valores IWV-GPS são muito próximos do valor médio entre as outras três técnicas. O valor médio da medida de tendência ponderado pelo número de pares considerados é próximo de zero, em torno de $0,17\text{ kg/m}^2$.

4. CONCLUSÕES

Um grande experimento de coleta de dados atmosféricos foi realizado na região Amazônica onde técnicas de quantificação do IWV, como GPS, radiossondas, radiômetros e sensores de umidade a bordo de satélites, foram empregadas. Os valores do IWV obtidos por essas diferentes técnicas foram utilizados para avaliar a

performance do GPS na quantificação do IWV em regiões com alta concentração de umidade.

Os valores das medidas de tendência indicam que o IWV-GPS tende a ser maior do que os valores obtidos com as técnicas diretas de medida (radiossondas) e é menor que os obtidos com técnicas indiretas (radiômetro e sensor HSB). Por outro lado, os valores do IWV-GPS são muito próximos do valor médio fornecido pelas demais técnicas de quantificação do IWV. Devido a grande quantidade de vapor d'água atmosférico existente nessa região, os resultados obtidos nesse experimento, em termos percentuais (4,8 a 8,5%), são muito melhores do que os encontrados na literatura, os quais são em torno de 10%.

As estimativas do IWV obtidas a partir das observações GPS coletadas durante o experimento RACCI são bastante apropriadas para analisar o impacto na assimilação dessas estimativas no modelo de PNT do CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos) do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Num trabalho futuro, as previsões obtidas ao considerar ou não os valores do IWV-GPS serão comparadas para avaliar o impacto da assimilação dessas informações na previsão de tempo.

No extenso território brasileiro, há uma deficiência no banco de dados de informações meteorológicas, principalmente no que diz respeito à umidade. Esse fato torna a aplicação do GPS na quantificação do IWV no Brasil muito promissora, pois com a densificação da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Satélites GPS) essa aplicação GPS apresenta grande potencialidade no monitoramento do vapor d'água atmosférico no território brasileiro. Os resultados obtidos nesse trabalho podem contribuir com o uso dos dados coletados pela RBMC na quantificação do IWV e sua assimilação em modelos de PNT. Isso pode amenizar a deficiência nas informações de umidade no Brasil e por consequência melhorar a qualidade das previsões meteorológicas para regiões do território brasileiro.

REFERÊNCIAS

BEVIS, M.; BUSINGER, S.; HERRING, T. A.; ROCKEN, C.; ANTHES, R. A.; WARE, R. H. GPS Meteorology: Remote of Atmospheric Water Vapor Using the Global Positioning System. **Journal of Geophysical Research**, Vol. 97, No. D14, Pages 15.787-15.801, October 20, 1992.

BOKOYE, A. I.; ROYER, A.; O'NEILL, N. T.; CLICHE, P.; MCARTHUR, L. J. B.; TEILLET, P. M.; FEDOSEJEVS, G.; THERIAULT, J. M. Multisensor analysis of integrated atmospheric water vapor over Canada and Alaska. **Journal of Geophysical Research**, Vol. 108, No. D15, 4480, doi:10.1029/2002 JD002721, 2003

DUAN, J.; BEVIS, M.; FANG, P.; BOCK, Y.; CHISWELL, S.; BUSINGER, S.; ROCKEN, C.; SOLHEIM, F.; HOVE, T.; WARE, R.; MCCLUSK, S.; HERRING, T. A.; KING, R. W. GPS meteorology: Direct Estimation of the absolute Value of Precipitable Water, **Journal of Applied Meteorology**, vol. 35, 830-838, 1996.

EMARDSON, T. R., Studies of Atmospheric Water Vapor Using the Global Positioning System. School of Electrical and Computer Engineering Chalmers **University of Technology, Göteborg, Sweden**. Technical Report No. 339, 1998.

GREGORIUS, T. How it Works... GIPSY OASIS II, **Departament of Geomatics University of Newcastle upon Tyne**, 1996.

INPA. Instituto Pesquisas da Amazônia. **LBA - Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia**. Disponível em: <<http://lba.inpa.gov.br/>>. Acesso em: 20 set. 2004.

INPE. Instituto de Pesquisas Espaciais. **HSB - Humidity Sounder for Brazil**. Disponível em: <<http://www.inpe.br/programas/hsb/ingl/index.html>>. Acesso em: 20 set. 2004.

LIMA, W. F. A. E MACHADO, L. A. T. Análise do sensor HSB na estimativa do conteúdo integrado de vapor d'água: um estudo aplicado ao RACCI/LBA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13. 2004, Fortaleza. **Anais...** Congresso Brasileiro de Meteorologia. Fortaleza (CDROM), 2004.

NASA. National Aeronautics Space Administration. **AERONET - AErosol RObotic NETwork**. Disponível em: <<http://aeronet.gsfc.nasa.gov>>. Acesso em: 20 set. 2004.

NIELL, A. E. Global Mapping Functions for the Atmosphere Delay at Radio Wavelengths. **Journal of Geophysical Research**, Vol. 101, No.B2, Pages 3227-3246, 1996.

SAPUCCI, L. F. Precipitable Water Measurements Using GPS: a Case Study in Brazil. In: ION GPS 2001 International Technical Meeting, 14th, 2001, Salt Lake City, Utah. **Proceedings...** Salt Lake City: (CDROM) 2001.

SAPUCCI, L. F.; MACHADO, L. A. T. E MONICO, J. F.G. Modelagem da temperatura média troposférica no Brasil para quantificação do IWV utilizando GPS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13. 2004,

Fortaleza. **Anais...** Congresso Brasileiro de Meteorologia. Fortaleza (CDROM), 2004.

SOUZA, R. A. F., CEBALLOS, J. C., E CARVALHO J. C. Inferência de perfis atmosféricos utilizando o ICI com emulação dos canais AMSU-B a partir de dados AIRS-AQUA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13. 2004, Fortaleza. **Anais...** Congresso Brasileiro de Meteorologia. Fortaleza (CDROM), 2004.

WARE, R., ALBER, C., ROCKER C. E SOLHEIM, F. Sensing Integrated Water Vapor along GPS ray paths. **Geophys. Res. Lett.**, 24, 417-420, 1997.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Dra. Maria Assunção F. Silva Dias, coordenadora do experimento RACCI, pelo suporte financeiro que tornou possível a coleta de dados GPS nessa campanha; À Santiago & Cintra Imp. and Exp. Ltda. pelo fornecimento dos receptores Legacy usados nesse trabalho; Ao Dr. Brent Holben pelos dados do radiômetro AERONET; e à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) (Processos: N. 01/12761-9 e N. 01/06908-7) pelo suporte financeiro.