

Estimativa do conteúdo de hidrometeoros a partir dos dados médios globais de refletividade obtidos pelo TRMM-PR

Marcelo Barbio Rosa

INPE/CPTEC, Rod. Presidente Dutra, Km 40, Cachoeira Paulista,
SP, 12640-000, marcelo.barbio@cptec.inpe.br.

Abstract

The study of the distribution of the contents of hydrometeors along the surface of the globe is of fundamental importance for understanding the mechanisms of formation of precipitation on more diverse locations. Since the TRMM satellite (Tropical Rainfall Measurement Mission) was put in operation in 1997, it became possible to obtain monthly data on large extensions of the globe. This study has showed that the three tropical heat sources (Amazon and Congo basins and Indonesia) have large differences in horizontal and vertical distribution of their water and ice contents. The highest values of water content in Africa are similar in magnitude to those found in the Southern Cone (northern Argentina, southern Brazil and Paraguay) in South America. The Africa too has large amounts of ice in equatorial region, demonstrating that its clouds are typically continentals, as opposed to Indonesia, leaving South America between it. However, South America presents a large area with high concentration of ice on the Southern Cone.

Palavras-Chave : Hidrometeoros, radar, TRMM

1 - Introdução

O presente trabalho visa estudar a intensidade e a distribuição espaço-temporal do conteúdo de hidrometeoros das regiões tropicais e parte das subtropicais varridas pelo TRMM-PR (*Tropical Rainfall Measurement Mission - Precipitation Radar*). O radar de precipitação ou PR instalado a bordo do satélite TRMM utiliza duas frequências na banda Ku (13,796 e 13,802 GHz), que permitem uma alta resolução espacial. Porém, com baixa sensibilidade (14,0 dBz). Em agosto de 2001, esta resolução caiu para 5,0 km com a elevação da altura do TRMM. Cabe ressaltar que o PR também apresenta deficiência quando à amostragem temporal e espacial devido às suas características orbitais. Apesar desta deficiência, o sensor tem gerado um alto volume de amostragens nos últimos anos (Lang et al 2003).

Uma classificação acurada destes hidrometeoros e o estudo da distribuição dos mesmos são impactantes para o computo dos perfis de liberação de calor latente, assim como para o estudo dos processos microfísicos envolvendo nuvens quentes nos trópicos, ou ainda para algoritmos de estimativa de precipitação por satélite. Um estudo global da distribuição vertical e horizontal de hidrometeoros ainda não foi proposto. Porém, estudos localizados tais como aqueles ligados a floresta amazônica (Lang et al 2007) ou a Indonésia (Sukovich et al 2009), ou ainda sistemas subtropicais (Pessi e Businger 2009), demonstram que uma correta estimativa do conteúdo de hidrometeoros, assim como sua classificação, são fundamentais para uma correta estimativa da precipitação.

2 - Método

A metodologia empregada para o cálculo da magnitude e distribuição tanto zonal como vertical segue aquela proposta por Rosa (2006) e Rosa et al (2010) que estudaram, entre outros, a concentração horizontal e vertical da massa de água e gelo obtidos a partir dos campos de refletividade medidos pelo sensor PR. O presente trabalho usou os cinco

primeiros anos de dados do TRMM (Dez/1997 a Nov/2002) numa resolução horizontal de 5°. A classificação do hidrometeoro em convectivo (CVC) ou estratiforme (EST) utilizada neste trabalho é fundamentada na técnica Steiner e Houze (1998). Em conjunto com esta é utilizada uma classificação vertical que verifica a distribuição vertical do sinal como forma de classificação da coluna.

3 – Resultados e Discussão

A Figura 1 mostra o total de água presente na camada entre 2 e 10 km. O máximo de conteúdo de água estratiforme (Fig. 1A) é praticamente igual nas três principais regiões do globo (África, Indonésia e América do Sul): $2,25 \times 10^{-2} \text{ g kg}^{-1}$. As regiões com menos precipitação estão entre $1,0$ a $1,25 \times 10^{-2} \text{ g kg}^{-1}$. No norte da Índia, apesar do ciclo das Monções, os valores médios de total de água não são apreciáveis em razão da sua sazonalidade.

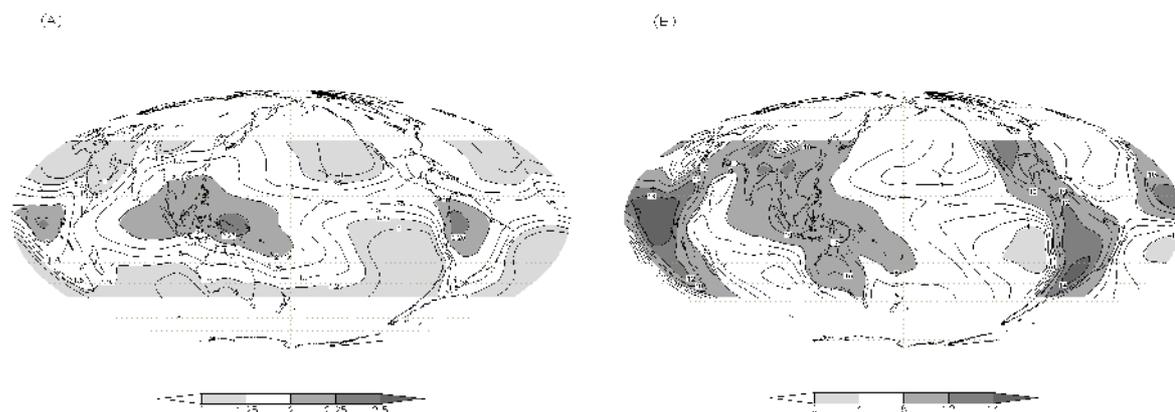


Figura 1 - Conteúdo água integrada entre 800 e 300 hPa da região estratiforme (A) e convectiva (B), média mensal de Dez/1997 a Nov/2002. Valores com elevado (baixo) conteúdo de água estão sombreados em cinza escuro (claro). Escala em 10^2 g kg^{-1} .

A Figura 2 mostra os perfis de conteúdo de água estratiforme (A) e convectiva (B) sobre as três grandes áreas equatoriais com ramo ascendente da circulação de Walker. Na Figura 3A observa-se que o maior conteúdo de água estratiforme encontra-se na Indonésia e na América do Sul (AS), ambos ligeiramente ao sul da linha do equador, e o da África ligeiramente ao norte. O posicionamento destas fontes se deve mais a geografia, já que a região equatorial do continente africano abrange ambos os hemisférios. Já a AS apresenta uma maior concentração de terras no Hemisfério Sul (HS), o mesmo ocorrendo com a Indonésia que possui uma grande ilha (Nova Guiné) e parte de outras duas (Sumatra e Bornéu) neste mesmo hemisfério.

O conteúdo de água convectiva (Fig. 2B) mostra uma distribuição bem dissimilar à da Fig. 2A. Ao contrário do observado no perfil estratiforme, não ficou evidenciado um núcleo expressivo sobre as três regiões. Somente na África nota-se um máximo entre 5° e 10°N associado a formação de torres convectivas na região do Sahel e Bacia do Congo. Na América do Sul, nota-se um pequeno núcleo em 25°S, visível também na Fig. 1B, e que se encontra associado a região frontogenética sobre o Cone Sul. Na Indonésia não se observa núcleos apreciáveis, indicando a ausência do fator topográfico como modelador para formação de torres profundas convectivas, sendo estas moduladas basicamente pela TSM.

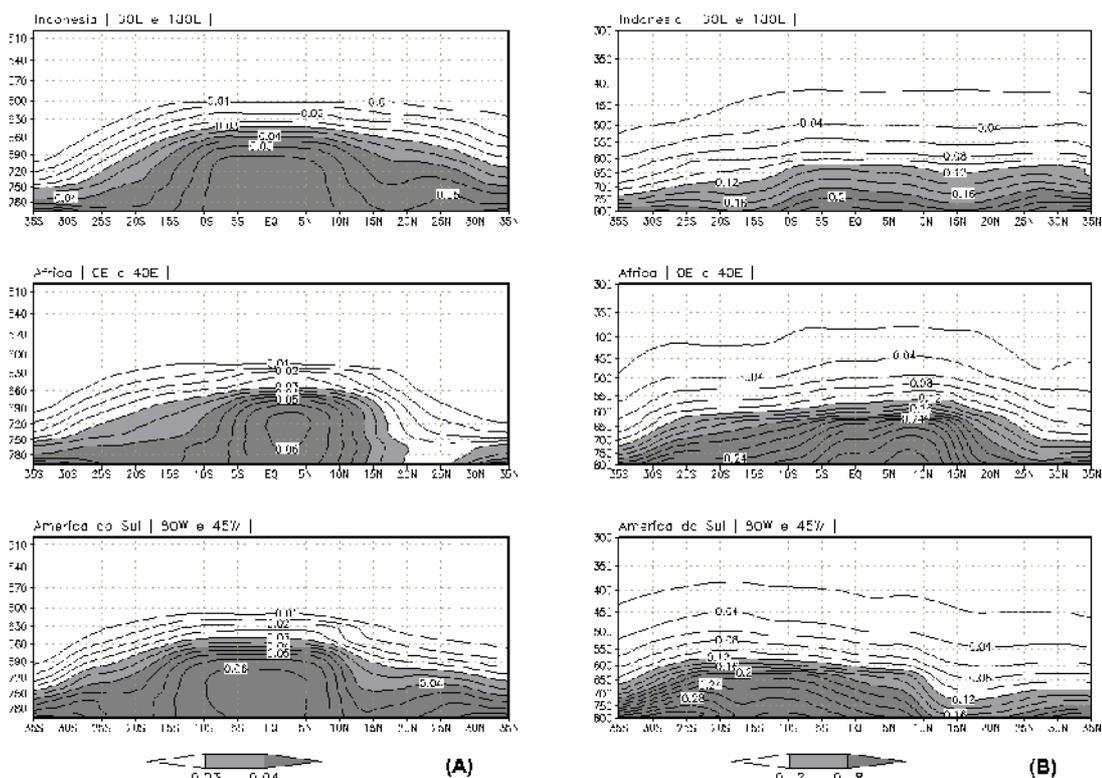


Figura 2 – Média de cinco anos (Dez/97 a Nov/02) das médias zonais dos perfis de conteúdo água estratiforme (A) e convectiva (B) em g kg^{-1} sobre a Indonésia (topo), África (meio) e América do Sul (inferior). O eixo vertical indica a pressão em hPa e o horizontal a latitude.

A Figura 3 é similar a 1, porém para o gelo. Na Fig. 3A, que mostra o gelo da região estratiforme, observa-se uma maior concentração deste sobre as regiões equatoriais dos continentes africano e sul americano, onde a convecção é mais profunda. Outros máximos continentais são aqueles no platô do Tibet, nas grandes planícies norte-americanas e no Cone Sul. Nos oceanos, a maior concentração de gelo é encontrada no oeste do Atlântico e Pacífico Norte e nas zonas de convergência do Pacífico, Índico e Atlântico sul. A região da Indonésia apresenta menor quantidade de gelo, talvez por uma maior eficiência do processo microfísico quente (Stith et al, 2002). Petersen e Rutledge (2001) demonstraram que a região amazônica tem padrões intermediários entre regiões continentais e marítimas. Isto fica evidente em ambas as figuras, onde se observa que o total de gelo sobre a região amazônica é menor do que o da África, classificada como puramente continental, porém maior do que da Indonésia.

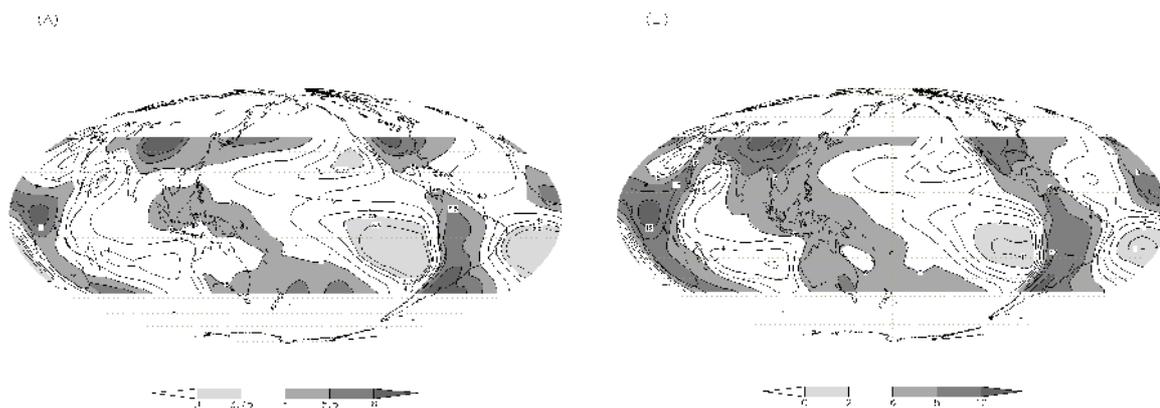


Figura 3 – Similar a Fig. 1 só que para o gelo.

Na Figura 4 veem-se os perfis de gelo para o setor estratiforme (A) e convectivo (B). No setor estratiforme, observa-se uma certa similaridade no que se refere a magnitude dos máximos (isolinha de $0,08 \times 10^{-2} \text{ g Kg}^{-1}$), apesar de variarem ligeiramente de latitude em cada região. Neste AS, também é notável a quantidade de gelo na região frontogenética sobre o Cone Sul. Na mesma figura observa-se um pequeno máximo em 35°N , já na América do Norte, associado atividade convectiva sobre as planícies do EUA. Apesar de pouco aparente, o conteúdo de gelo (isolinha de $0,04 \times 10^{-2} \text{ g Kg}^{-1}$) sobre a África e AS é ligeiramente maior nos alto níveis do que o observado na Indonésia, o que concorda com as características mais marítimas da região, onde nuvens contém menos gelo. Ainda nesta mesma lógica, as regiões equatoriais da África apresentam características de nuvens tipicamente continentais, ricas em gelo, diferentemente da Amazônia cujas nuvens são de caracter misto (Petersen e Rutledge 2001).

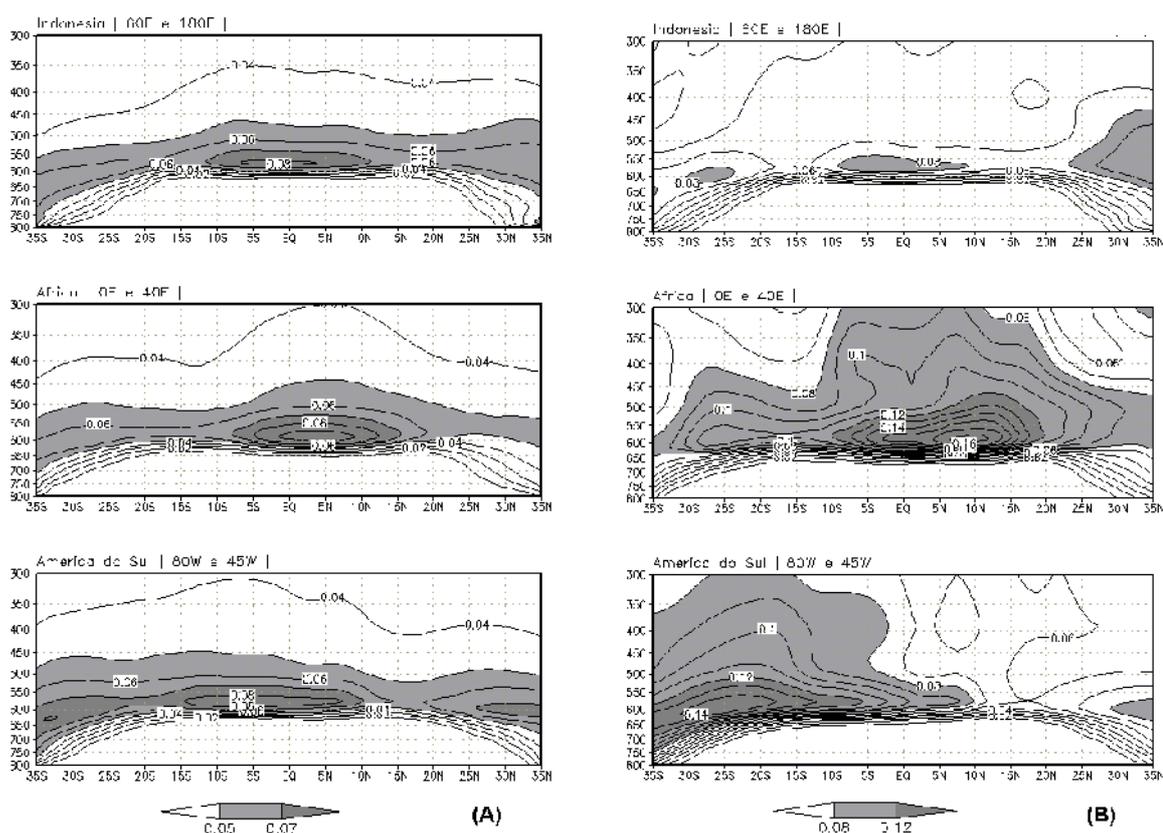


Figura 4 – Idem que 2 mas para o Gelo.

O perfil convectivo (Fig 4B), ao contrário do estratiforme, apresenta um comportamento extremamente diversificado. De imediato observa-se a grande diferença quanto a magnitude e distribuição do conteúdo de gelo sobre as três regiões. Na África, valores acima $0,1 \times 10^{-2} \text{ g kg}^{-1}$ foram encontrados sobre grande parte deste continente, com máximos de até $0,16 \times 10^{-2} \text{ g kg}^{-1}$. O núcleo máximo, localizado em 9°N , se situa sobre a Bacia do Congo (Fig. 3B). Como já era esperado, a Indonésia também apresenta pouco gelo no setor convectivo, com valores em torno de $0,05 \times 10^{-2} \text{ g kg}^{-1}$. Os valores acima da latitude de 25°N estão associados à convecção no sul do platô do Tibet. A AS tem menor conteúdo de gelo do que a África, sendo que a maior quantidade deste está em 25°S , associado à sistemas frontais e complexos convectivos. Esta última região, apesar de associada a sistemas transientes, mesmo numa média de cinco anos, apresentou magnitudes equiparáveis à aquelas observadas sobre a África equatorial. A presença expressiva de gelo na alta troposfera,

claramente indica a presença de nuvens profundas e se formam ao longo de todo o ano, apesar de serem mais comuns na primavera e verão. Em contrapartida, a Amazônia mostra ser pobre em gelo, apesar de ainda possuir muito mais do que a Indonésia, novamente vem a confirmar estudos anteriores de que as nuvens amazônicas são mistas entre oceânicas (pobre em gelo) e continentais.

Como ficou demonstrado, o conteúdo de água e gelo sobre o globo apresenta uma distribuição bastante heterogênea. No geral, as regiões tropicais da América do Sul e África apresentaram maiores concentrações de conteúdo d'água do que a Indonésia no setor convectivo. Apesar desta última ter uma maior área e magnitude similar no setor estratiforme. Já para o gelo é evidente a pobreza de gelo sobre a Indonésia. Na América do Sul também ficou evidente a região frontogenética sobre o Cone Sul, rica em gelo no setor convectivo, e o caráter misto de nuvens continentais e oceânicas sobre a Amazônia, quando comparadas as nuvens ricas em gelo da África e as pobres da Indonésia. Em geral, os núcleos de maior concentração de água e gelo convectivo e estratiforme sobre a bacia amazônica e o Cone Sul apresentam magnitudes similares, com uma predominância desta última região.

5 - Referencias Bibliográficas

- Lang, S., W.-K. Tao, J. Simpson e B. Ferrier, 2003: *Modeling of Convective–Stratiform Precipitation Processes: Sensitivity to Partitioning Methods*. Journal of Applied Meteorology, 42: 505-527.
- Lang S., W.-K. Tao, J. Simpson, R. Cifelli, S. Rutledge, W. Olson e J. Halverson, 2007: *Improving Simulations of Convective Systems from TRMM LBA: Easterly and Westerly Regimes*. Journal of the Atmospheric Sciences, 64: 1141-1164
- Pessi, A. T. e S. Businger, 2009: *Relationships among Lightning, Precipitation, and Hydrometeor Characteristics over the North Pacific Ocean*. Journal of Applied Meteorology and Climatology 2009; 48: 833-848
- Petersen, W. A. e S. A. Rutledge, 2001: *Regional Variability in the Tropical Convection: Observations from TRMM*. Journal of the Climate, 14: 3566-3586.
- Rosa, M. B., 2006: *Estimativa dos Perfis de Liberação de calor latente das regiões tropicais a partir de dados do radar TRMM*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 203 pg.
- _____, A. J. Pereira Fo. e P. Satyamurty, 2010: *Hydrometeor and Latent Heat Profiles of Tropical Cyclones Conson, Ivan and Catarina using PR/TRMM Data*. Revista Brasileira de Meteorologia, artigo aceito.
- Steiner, M. e R. A. Houze Jr., 1998: *Sensitivity of Monthly Three-Dimensional Radar-Echo Characteristics to Sampling Frequency*. Journal of the Meteorological Society of Japan, 76: 73-95.
- Stith, J. L., J. E. Dye, A. Bansember, A. J. Heymsfield, C. A. Grainger, W. A. Petersen e R. Cifelli, 2002: *Microphysical Observations of Tropical Clouds*. Journal of Applied Meteorology, 41: 97-117.
- Sukovich E. M., D. E. Kingsmill e S. E. Yuter, 2009: *Variability of Graupel and Snow Observed in Tropical Oceanic Convection by Aircraft during TRMM KWAJEX*. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 48(2): 185-198.
- Tao, W.-K., S. Lang, W. S. Olson, R. Meneghini, S. Yang, J. Simpson, C. Kummerow, E. Smith e J. Halverson, 2001: *Retrieved Vertical Profiles of Latent Heat Release Using TRMM Rainfall Products for February 1998*. Journal of Applied Meteorology, 40: 957-982.