

# ESTIMATIVA DO CONTEÚDO DE HIDROMETEROS E DAS FONTES DE CALOR NA AMÉRICA DO SUL USANDO O RADAR DE PRECIPITAÇÃO DO TRMM

*Marcelo Barbio Rosa<sup>1</sup>*

## RESUMO

A liberação de calor latente associado a convecção é estudada desde os anos 50 e é calculada através do resíduo da equação termodinâmica. No presente trabalho, este termo foi calculado diretamente através de um modelo que usou como base a refletividade obtida com um radar banda Ku instalado a bordo do TRMM. Verificou-se que sobre a América do Sul há uma maior concentração de hidrometeoros sobre a Bacia Amazônica e sobre o Cone-Sul, porém há uma diferença no posicionamento dos máximos de aquecimento sobre esta última em relação aos máximos de concentração de hidrometeoros.

## ABSTRACT

The release of latent heat by convection is studied since 1950s and is calculated as the residue from the thermodynamic energy equation. In the present study this term is calculated directly from a model that used Ku band radar reflectivity installed aboard TRMM. It is observed that there is more concentration of hydrometeors over the Amazon Basin and over the southern cone of South America (SA). However, there is a difference in the position of latent heating in relation to the hydrometeor concentration over the southern cone of SA.

**Palavras-Chave :** Calor Latente, TRMM

## 1 - Introdução

A importância global dos trópicos como fonte de calor foi determinada por Riehl e Malkus (1958) por meio do estudo da circulação média meridional e o respectivo transporte de calor de latitudes baixas para médias e altas. A liberação de calor latente pela convecção contribui significativamente nos processos de grande escala (Simpson, 1988), sendo o seu modulador (Tao et al, 2001). Estes processos podem afetar a circulação de latitudes médias (Sui e Lao, 1989) e são

---

<sup>1</sup>INPE/CPTEC, Rod. Presidente Dutra, Km 40, Cachoeira Paulista, SP, 12640-000, (12) 3186-8459, marcelo@cptec.inpe.br.

responsáveis pelo balanço de calor na atmosfera tropical (Riehl e Malkus, 1958; Yanai et al, 1973). Tradicionalmente, o termo de aquecimento diabático por liberação de calor latente é calculado por meio das fontes e sumidouros de calor. Portanto, dependente da magnitude da divergência da umidade específica e está sujeita a erros de estimativa. O presente estudo usa metodologia desenvolvida em Rosa (2006) que mostrou que a liberação de calor latente pode ser estimada diretamente a partir de dados de radar. Serão mostrados a distribuição de água e gelo sobre o Brasil como também a distribuição da taxa de aquecimento devido a liberação de calor latente.

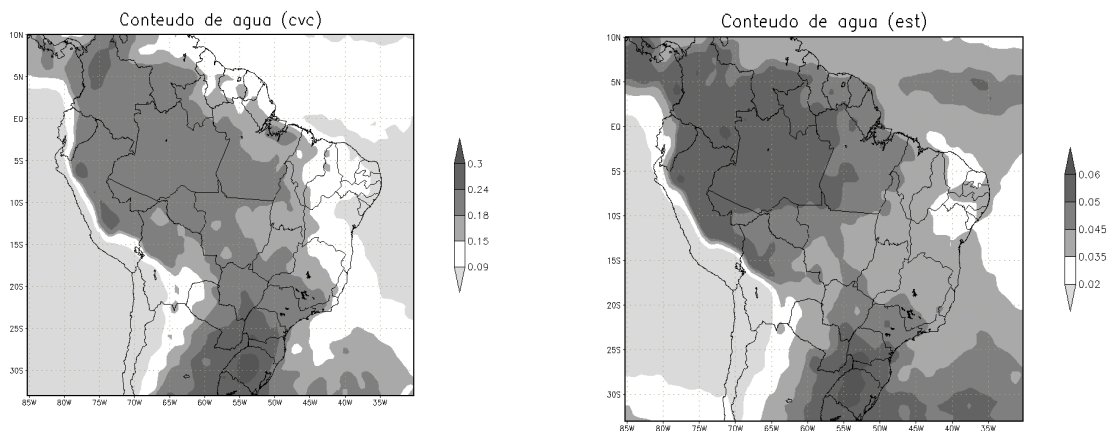
## **2 - Metodologia**

A metodologia empregada para o cálculo da magnitude da fonte de calor sobre a AS é mesma empregada em Rosa (2006) que estudou fontes de calor a partir de dados observado pelo radar de precipitação instalado no satélite TRMM (Tropical Rainfall Measurement Mission). Foram usados dados de refletividade horizontal em uma resolução de 0,5 e vertical de 250 m. O período do estudo foi de Jan/1998 a Dez/2005 com campos médios mensais.

## **3 - Análise**

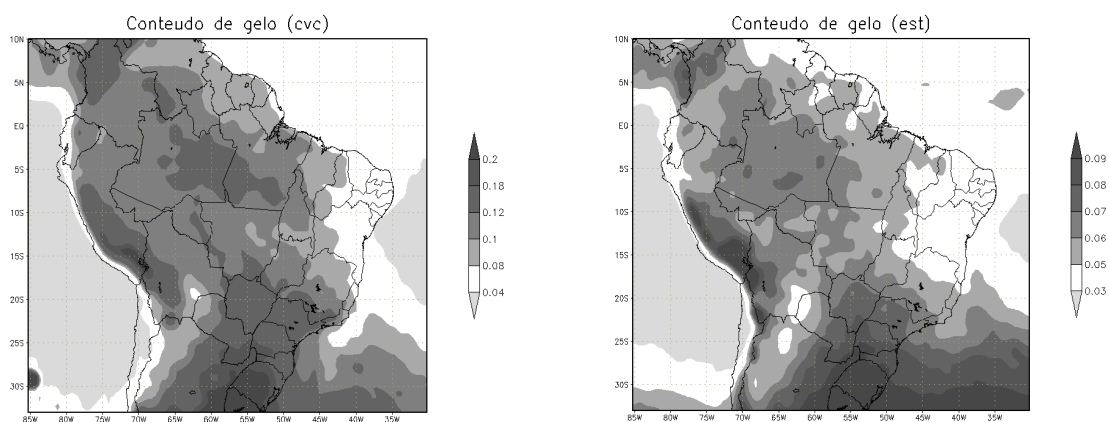
Na Figura 1 se pode ver o conteúdo de água do setor convectivo (CVC) e estratiforme (EST) integrado em toda a camada, médio de oito anos sobre o Brasil. O máximo de água no setor convectivo (CVC) se situa sobre a região Sul e partes da Argentina e Paraguai e sobre o Uruguai (tratados aqui como região do Cone-Sul), são encontrados valores acima de  $0,24 \text{ g Kg}^{-1}$ , com máximo no Rio Grande do Sul. Este região concorda bem com o observado com a taxa de precipitação (não mostrado) obtido com o TRMM. Este máximo é uma consequência da formação de complexos convectivos de mesoescala, frentes e ciclones (Satyamurti et al, 1999). Na Bacia Amazônica, assim como em parte da região Sudeste, valores de acima de  $0,13 \text{ g Kg}^{-1}$  são presentes, estando estes associados a convecção durante o verão e apresentam, em especial o último, uma grande variabilidade sazonal. A Zona de Convergência Inter-Tropical (ZCIT) também quase não contribui no total de água disponível.

No setor estratiforme (EST), além do máximo sobre o Cone-Sul um novo máximo é presente sobre grande parte da Amazônia. O que mostra a importância do setor estratiforme para a distribuição de água nas regiões equatoriais. O mesmo padrão foi encontrado na Indonésia e África (Rosa, 2006). Apesar da diferença de magnitude, no que se refere ao conteúdo de hidrometeoros, em relação ao setor convectivo, o setor estratiforme, como será visto mais a frente, é importante para o padrão de aquecimento da troposfera.



**Figura 1 : Total de água do setor convectivo (CVC) e estratiforme (EST) integrado na camada médio entre Jan/1998 e Dez/2005. Unidades :  $\text{g Kg}^{-1}$ .**

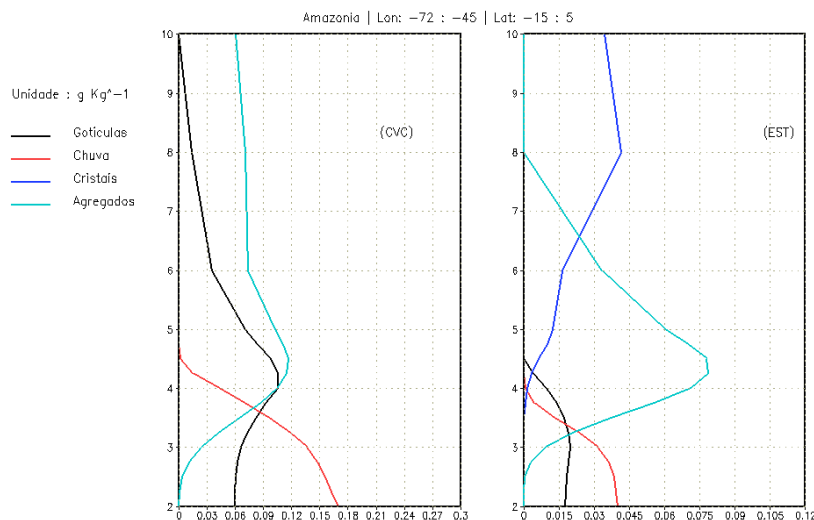
Na Figura 2 é mostrado o total de gelo. No setor convectivo, novamente se vê uma maior quantidade de gelo na Região Sul, parte do Sudeste e regiões centrais da Bacia Amazônica. A menor quantidade de gelo nas regiões tropicais pode ser uma consequência da maior eficiência dos processos microfísicos quentes (Szoke et al, 1986; Stith et al, 2002) e/ou pelo fato da Amazônia ter padrões intermediários entre regiões continentais e marítimas no que se refere ao tipo de aerossóis higroscópicos (Nesbitt et al, 2000 e Petersen e Rutledge, 2001). Na África equatorial (não mostrado), que é considerada como tendo padrões puramente continentais, o total de gelo tem magnitude similar ao do Cone-Sul.



**Figura 2 : Idem que 1, só que para o gelo.**

No setor estratiforme, novamente a Bacia Amazônica demonstrou ter muito menos gelo do que a região do Cone-Sul e Atlântico Sul. O contrário do observado para o conteúdo de água (Fig.

1, EST), novamente em consequência da menor disponibilidade de água para conversão em gelo.

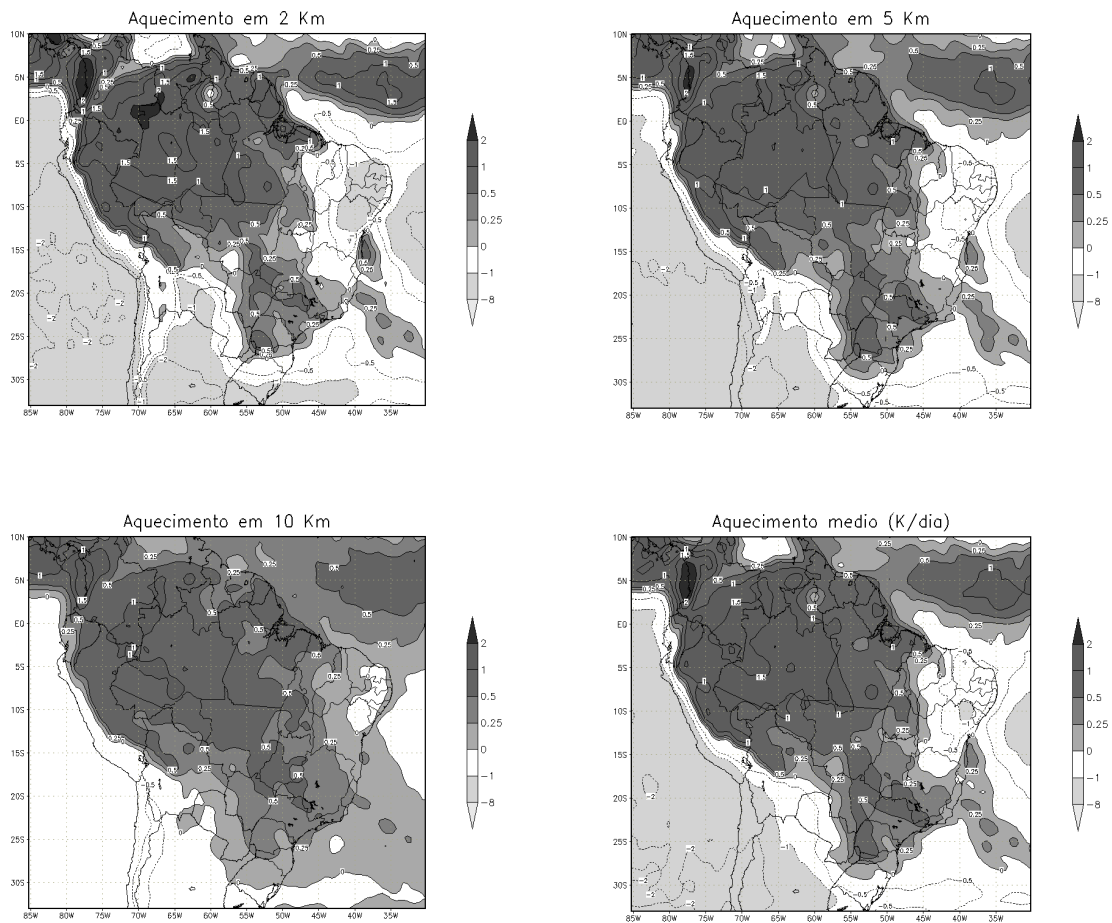


**Figura 3 – Perfis de hidrometeoros médios entre Jan/1998 e Dez/2005 para a região da Bacia Amazônica (acima) e para o Cone Sul (abaixo).**

Na Figura 3 são mostrados os perfis médios convectivos e estratiformes de hidrometeoros (gotículas de nuvem, gotas de chuva, agregados e cristais de gelo) para a região Amazônica. No que se refere à distribuição vertical se vê um máximo de agregados logo acima da linha de degelo (4,5 Km na Amazônia e 4,0 km no Cone-Sul (não mostrado)) e um outro de gotículas logo abaixo desta. Um ligeiro aumento do conteúdo de cristais em 8 km do setor estratiforme esta associado a maior eficiência com que o vapor se converte em gelo. Se comparado ao Cone-Sul, a Amazônia tem menos gelo e água o que pode estar relacionado ao tipo de aerossol disponível naquela região. Também se nota a total ausência agregados nos níveis abaixo de 2 km (no Cone-Sul estes atingem níveis em torno de 1 km).

Na Figura 4 se pode ver o total de aquecimento devido a liberação de calor latente nos níveis de 2, 4 e 10 km e o valor integrado. Nota-se que a Amazônia e partes do Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil aquecem a troposfera em toda a sua extensão vertical. O aquecimento devido a Zona de Convergência do Atlântico Sul também pode ser notado, apesar de sua acentuada sazonalidade (com maiores taxas positiva de liberação de calor latente entre Setembro e Março). Também é interessante notar que apesar de no Rio Grande do Sul se encontrar as maiores concentrações de água e gelo (Figs. 1 e 2) é no Paraná que se dá o maior aquecimento da região.

Isto se deve a uma taxa de evaporação de gotas de nuvem nas camadas mais baixas da atmosfera (não mostrado) neste primeiro estado.



**Figura 4 : Aquecimento diabático devido a liberação de calor latente em 2, 5, 10 Km e integrado na camada médio entre Jan/1998 e Dez/2005. Unidades : K/dia.**

#### 4 - Conclusão

O conteúdo de água e gelo sobre a bacia amazônica e o Cone-Sul apresentam magnitudes similares, com uma predominância desta última região. Todavia é a Amazônia quem mais aquece a atmosfera localmente, sendo este devido aos processos de condensação e deposição. No Cone-Sul a evaporação de gotículas é a maior responsável pelo resfriamento da atmosfera. A ZCAS, mesmo sendo sazonal, ainda é evidente nos campos médios anuais, já que a sua contribuição durante o período de Setembro a Março é significativo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NESBITT, S. W., ZIPSER, E. J., CECIL, D. J. *A Census of Precipitation Feature in the Tropics using TRMM: Radar, ice Scattering, and Lightning Observations*. Journal of the Climate, 13, 4087-4106, 2000.

PETERSEN, W. A., RUTLEDGE, S. A. *Regional Variability in the Tropical Convection: Observations from TRMM*. Journal of the Climate, 14, 3566-3586, 2001.

RIEHL, H., MALKUS, J. S. *On the latent balance in the equatorial trough zone*. Geophysica (Helsinki), 6, 503-508, 1958.

ROSA, M. B. *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, 2006.

SIMPSON, J. ADLER, R. F., NORTH, G. R. *A Proposed Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Satellite*. Bulletin of the American Meteorological Society, 69, 278-295, 1988.

STITH, J. L., DYE, J. E., BANSEMER, A., HEYMSFIELD, A. J., GRAINGER, C. A., PETERSEN, W. A., CIFELLI, R. *Microphysical Observations of Tropical Clouds*. Journal of Applied Meteorology, 41, 97-117, 2002.

SUI, C-H., LAU, K-M., *Origin of Low-Frequency (Intraseasonal) Oscillations in the Tropical Atmosphere. Part II: Structure and Propagation of Mobile Wave-CISK Modes and Their Modification by Lower Boundary Forcings*. Journal of the Atmospheric Sciences, 46, 37-56, 1989.

SZOKE, E., ZIPSER, E., JORGENSEN, D. *A Radar Study of Convective Cells in Mesoscale Systems in GATE. Part I: Vertical Profile Statistics and Comparison with Hurricanes*. Journal of Atmospheric Science, 43, 182-197, 1986.

TAO, LANG, S., OLSON, W. S., MENEGHINI, R., YANG, S., SIMPSON, J., KUMMEROW, C., SMITH, E., HALVERSON, J. *Retrieved Vertical Profiles of Latent Heat Release Using TRMM Rainfall Products for February 1998*. Journal of Applied Meteorology, 40, 957-982, 2001.

YANAI, M., ESBENSEN, S., CHU, J. *Determination of Bulk Properties of Tropical Cloud Clusters from Large-Scale Heat and Moisture Budgets*. Journal of Atmospheric Sciences, 30, 611-627, 1973.