

## ESTUDO DE CASO DE INTENSA ATIVIDADE CONVECTIVA ASSOCIADA A SISTEMA FRONTAL NO SUL DO BRASIL: TRMM VERSUS ANÁLISES DO NCEP

Jorge Conrado Conforte;  
e-mail: [conrado@met.inpe.br](mailto:conrado@met.inpe.br)  
Nelson Jesus Ferreira,  
e-mail: [nelson@ltd.inpe.br](mailto:nelson@ltd.inpe.br)

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE  
C. Postal 515, 12.201-970 São José dos Campos, SP

### Abstract

A case study of an squall line associated to a frontal system over southern Brazil on 08<sup>th</sup> of September, 1999 is presented. This weather event caused heavy precipitation, lightning and strong wind gusts in Parana State. The analysis was done using the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) data and the National Centers for Environmental Prediction (NCEP) reanalysis. The results show that NCEP analysis did not allow the exact identification of the dynamically favorable areas for the convective activity onset. On the other hand, TRMM's analysis depicted very well the presence of an squall line organized in two distinct bands of precipitation. The first one (equatorward) is well organized and associated with high rainfall rates while the second one (poleward) is associated with stratiform rainfall pattern.

### 1. Introdução

Com o advento da missão TRMM no final de 1997 (Kummerow et al., 1998), iniciou-se uma nova era no que se refere ao sensoriamento remoto da precipitação nos trópicos. Esta missão pretende estudar as características microfísicas, elétricas e de aquecimento diabático da convecção tropical. Além disso, os dados obtidos serão usados para a validação de produtos do satélite do TRMM/NASA nos trópicos beneficiando uma gama de questões científicas relacionadas ao estudo da convecção.

Uma outra aplicação importante do TRMM é a sua utilização para diagnóstico de sistemas de tempo, principalmente em mesoescala e escala sinótica. Pela primeira vez, tem-se disponível um sistema que possibilita uma visão tridimensional do campo da precipitação. No caso da América do Sul, devido a carência de dados meteorológicos convencionais e radares meteorológicos, as informações do TRMM (Ferreira e Zhou, 1998) serão de grande valia para aprimorar tanto o conhecimento dos sistemas de tempo como a performance dos modelos de previsão numérica de tempo.

Com o intuito de demonstrar algumas características dos dados TRMM, compara-las com análises do NCEP, e estimular o seu uso na América do Sul, o presente trabalho enfoca uma situação meteorológica ocorrida no dia 09/09/1999 no sul do Brasil. Durante esse período, ocorreu chuvas intensas, muitos relâmpagos e vendavais, durante a passagem de uma linha de instabilidade associada ao ramo frio de um sistema frontal localizado no Atlântico Sudoeste.

## 2. Dados e Metodologia

Utilizou-se neste trabalho imagens dos canais infravermelho e microondas dos instrumentos VIRS e TMI respectivamente e do PR do satélite da Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM). Os dados brutos utilizados para derivar as imagens foram fornecidos pela Distributed Active Archive System (DAAC) dos Estados Unidos da América do Norte. As análises sinóticas apresentadas foram feitas a partir dos campos de vento (componentes zonal, meridional e vertical) e umidade específica do conjunto da reanálises do National Centers for Environmental Prediction (NCEP), descrita por Kalnay et. al.(1996).

## 3. Resultados

No dia 08 de setembro de 1999, na região sul do Brasil, houve uma intensificação de uma linha de instabilidade associada a passagem de uma frente fria no Oceano Atlântico Sudoeste. Como consequência ocorreram forte precipitação, relâmpagos e ventos fortes. O presente estudo analisa a situação sinótica associada, enfatizando as condições atmosféricas que ocorreram às 21:00 horas Z do dia 08 de setembro de 1999. A idéia desta opção é tirar vantagem da disponibilidade dos dados TRMM, cuja passagem pela região ocorreu às 19:10 do dia 08 de setembro.

### 3.1 Análise do TRMM

A Figura 1 mostra a imagem do canal infravermelho (12,0 microns) obtida pelo Visible Infrared Scanner (VIRS) sobre o estado do Paraná, na noite do dia 08 de setembro. Observa-se uma ampla faixa de nebulosidade estendendo do oeste do Paraná até leste de Santa Catarina. A temperatura dos topos mais frios situa-se entre  $-63^{\circ}$  e  $-73^{\circ}$  C. Essas temperaturas baixas sugerem a presença de forte atividade convectiva. Entretanto, devidos as características espectrais do VIRS, não é possível a identificação de linhas de convecção ou células isoladas na região.

Alternativamente, utilizou-se a imagens do TRMM Microwave (TMI), 85 GHz (Figura 2) para identificar a atividade convectiva. A resolução espacial desse canal de microondas passivo, 4 km, é menor que a do VIRS, 2 km. Entretanto, ao contrário do primeiro, que detecta absorção/emissão pelo topo das nuvens o TMI detecta a presença de água em nuvens e precipitação não apenas por emissão mas também por espalhamento, sinal produzido por partículas de gelo relativamente grandes. Ao contrário do mostrado pela imagem do VIRS, a imagem de microondas destaca a presença de duas linhas de convecção embebidas no campo de nebulosidade. Ao longo dessas linhas, a atividade convectiva mais intensa (tonalidades vermelho e magenta circundados por amarelo ou temperatura de brilho entre 140 a 160 K ocorreu na regiões central e sudoeste do Paraná. Observa-se também diversas células convectivas no Oceano Atlântico Sudoeste, vizinhanças do Paraná e São Paulo.. Torna-se evidente que a imagem TMI, 85 GHz, possibilita uma ampla visão qualitativa da atividade convectiva a nível regional.

Entretanto, para uma análise quantitativa da precipitação, mas num domínio espacial menor, o sensor Precipitation Radar (PR) (Figura 3) é mais adequado. Agora, observa-se objetivamente a presença de duas banda de precipitação separadas por uma zona relativamente estável. Os valores maiores atingem taxas de 70 a 80 mm/hora na região central do Paraná e localizam-se ao longo de uma banda (AB) dominada por forte atividade convectiva na dianteira do sistema frontal. Observa-se também uma segunda banda mais ao sul (CD), caracterizada por precipitação estratiforme, com taxas de precipitação entre 08 a 40 mm/h.

Um corte vertical ao longo da banda AB (Figura 4) mostra essencialmente a presença de seis grandes sistemas de células. Em geral a precipitação mais intensa situa-se entre 1,5 a 3,5 km de

altura; a partir desse nível ela cai rapidamente. Além disso, a atividade convectiva mais intensa ocorre na região central do Paraná atingindo 13 km de altura. Por outro lado, ao longo de CD a chuva estratiforme concentra-se abaixo de 3,5 km de altura e apresenta taxas de precipitação bem menores que ao longo de AB. Recentemente, Sales, (2000), apresentou uma análise detalhada dos aspectos observacionais e dinâmicos de uma linha de instabilidade simétrica sobre a região Sudeste. Diversas características encontradas no presente estudo são similares às encontradas por Sales.

### **3.2 Análise do NCEP**

Com o intuito de diagnosticar as condições dinâmicas favoráveis a atividade convectiva que ocorreu no sul do Brasil no dia 08 de setembro de 1999 foram analisadas os campos de vento, umidade, divergência do fluxo de umidade, e movimentos verticais no horário das 00:00 Z do dia 09/09/99. Como mencionado antes, a idéia é comparar as análises com os dados do TRMM, que passou aproximadamente duas horas antes sobre essa região.

#### **3.2.1 Situação sinótica**

No dia 08 de Setembro de 1999, uma frente fria encontrava-se no região Sul do Brasil, estendendo-se do oeste de Santa Catarina/sudoeste do Paraná, passando pelo litoral sul de Santa Catarina, até o Oceano Atlântico Sudoeste. O sentido de deslocamento da frente era para nordeste. Neste período, observaram-se ventos fortes e chuva de granizo a oeste de Santa Catarina. Segundo o Jornal Estado de São Paulo, nesse dia ocorreram rajadas de vento de até 140km/h nos municípios de Chapecó e Concórdia, causando danos consideráveis. No Paraná, a Folha de Londrina, mencionou a ocorrência de ventos de 111 quilômetros por hora associada a chuvas de granizo na tarde do dia 08/09/99, no Oeste e Sudoeste do Estado.

A Figura 6 mostra o campo horizontal das linhas de corrente e velocidade vertical do vento em 500 hPa, sobre a América do Sul, as 00:00 Z do dia 9 de Setembro de 1999. Observa-se a presença de um amplo cavado que se estende do Atlântico Sudoeste até o Peru. Aparentemente, a configuração desse cavado sugere que na média troposfera, a região sul estava sob condições dinâmicas favoráveis para suportar a instabilidade observada naquele período. Entretanto, a área com movimentos verticais ascendentes mais acentuados ( $29^{\circ}$  S,  $46^{\circ}$  W), situada a leste do litoral de Santa Catarina, esta deslocada da região convectivamente instável, mostrada pelo TRMM (Fig. 3), mesmo levando-se em conta a pequena diferença de horário.

Em baixos níveis, a Figura 7 mostra a distribuição horizontal da umidade específica em 850 hPa. Observa-se que o máximo de umidade situa-se na vizinhança do leste do Paraná, próximo da região onde ocorreu a atividade convectiva. Embora o campo da divergência do fluxo de umidade (Figura 8) indique um padrão consistente com a nebulosidade observada, ele revela uma convergência maior no Atlântico Sudoeste, e não na região continental como indicado pelo TRMM. Uma característica observada em 850 hPa, mas não em 500 hPa, é a presença de um cavado de onda curta a leste da região Sul. Importante destacar a presença de forte baroclinicidade na região Sul (Fig. 9), denotando a presença do sistema frontal. Em alguns locais como Criciúma, no sul do Estado, no dia 08 a temperatura caiu de  $34^{\circ}$  C para  $17^{\circ}$  C em menos de duas horas, de acordo com a Folha de Londrina.

### **4. Considerações Finais**

Os resultados apresentados sugerem que o campo de umidade das análises do NCEP apresentam um padrão consistente com a localização da instabilidade observada pelo TRMM na região Sul. Entretanto, o campo da convergência do fluxo de umidade está deslocado dessa região.

Possivelmente, isto se deve a deficiência de informações do campo de vento na América do Sul, prejudicando a assimilação. Neste horário, sobre o Brasil, geralmente há uma diminuição considerável do número de observações de ar superior feitas por radiossondagens. Além disso, a resolução horizontal dos dados, 250 km, não é suficiente para captar algumas características de mesoescala. No caso de umidade, este problema não deve ser tão crucial uma vez que as sondagens feitas por satélites conseguem qualitativamente mapear bem as regiões úmidas. Importante destacar o potencial do TRMM para a caracterização tridimensional dos padrões de precipitação.

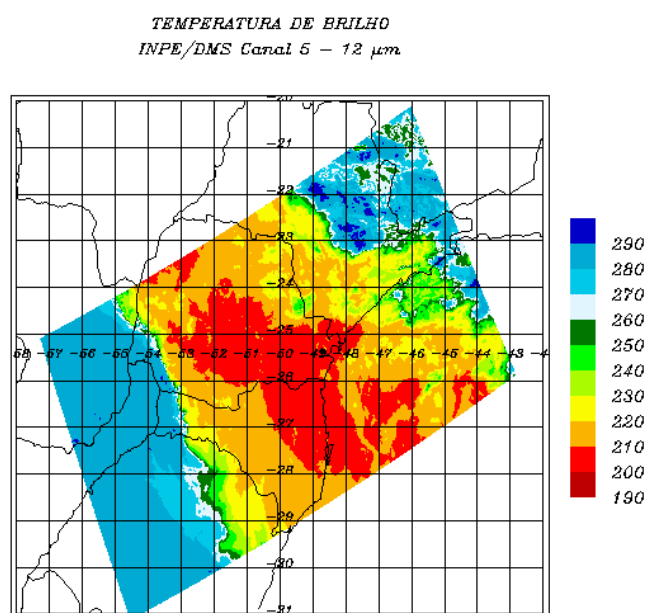


Figura 1: Imagem Infravermelho, 12,0 microns, do TMI/ TRMM

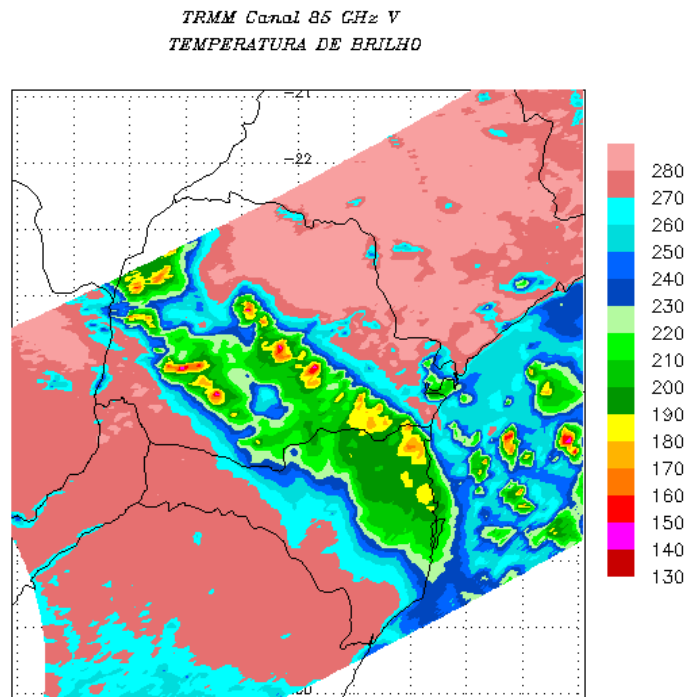


Figura 2: Imagem do canal de microondas TMI/TRMM, 85 GHz, polarização vertical.

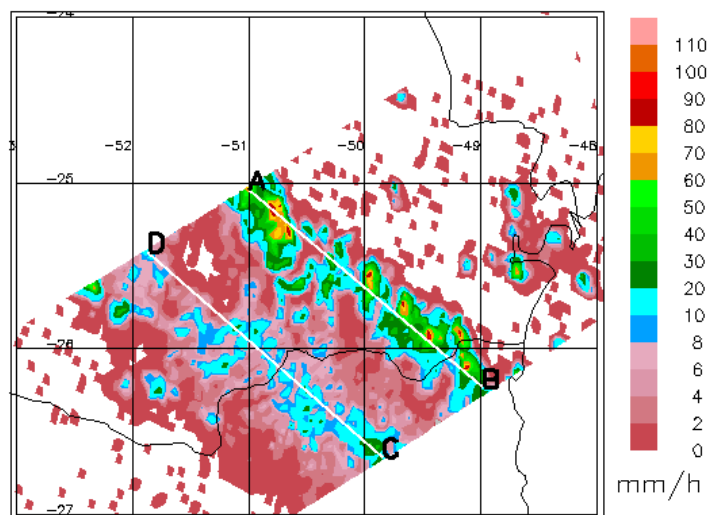


Figura 3: Imagem da taxa de precipitação (mm/h) obtida pelo PR/TRMM

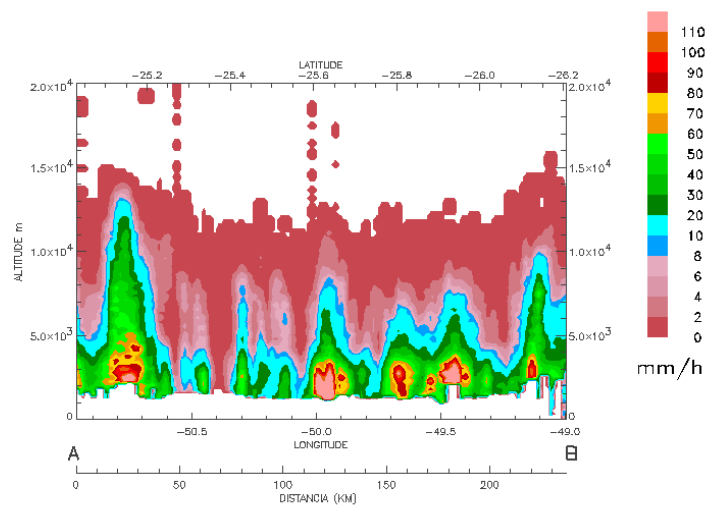


Figura 4. Corte vertical ao longo de AB (Fig. 3), mostrando a estrutura vertical da precipitação, em mm/hora.

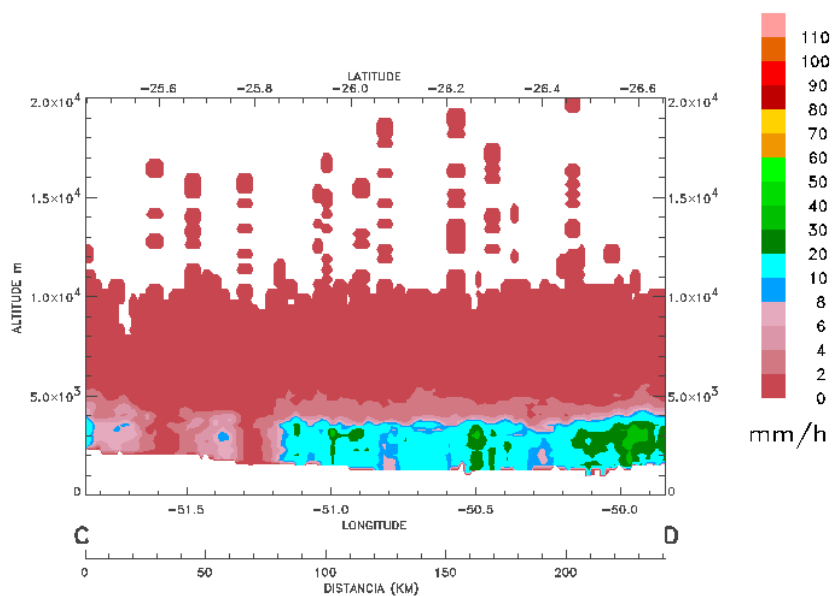


Figura 5. Corte vertical ao longo de CD (Fig. 3), mostrando a estrutura vertical da precipitação, em mm/hora.

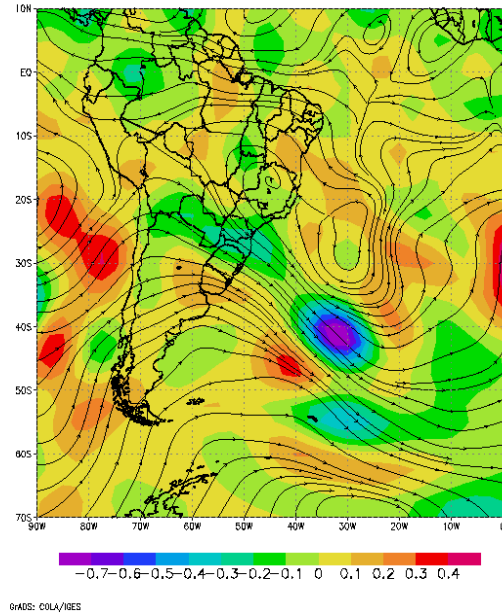


Figura 6: Linhas de corrente e velocidade vertical (hPa/s) em 500 hPa, 09/09/99, 00Z: dados NCEP

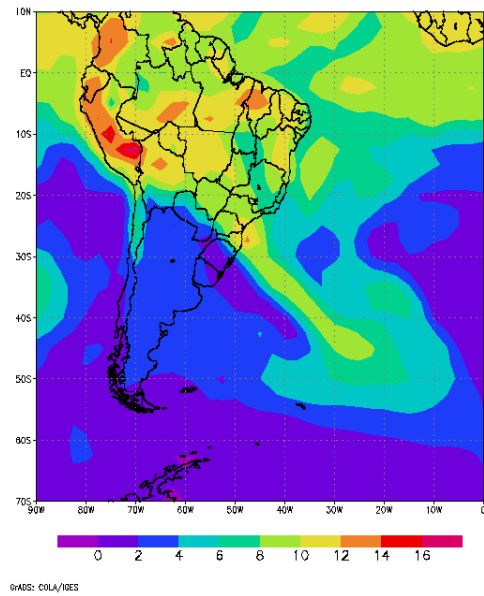


Figura 7: Campo da umidade específica (g/Kg) em 850 hPa, derivada de dados do NCEP, 09/09/99, 00Z.

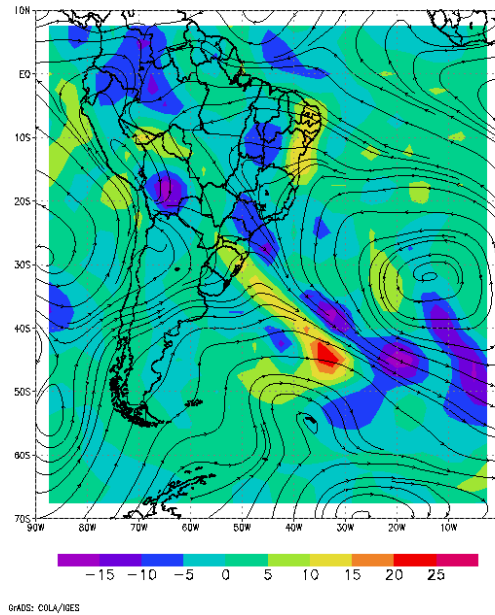


Figura 8: Linhas de corrente e divergência do fluxo de umidade ( $\text{g}/(\text{Kg}\cdot\text{s})$ ) em 850 hPa, 09/09/99, 00:00 Z dados NCEP/

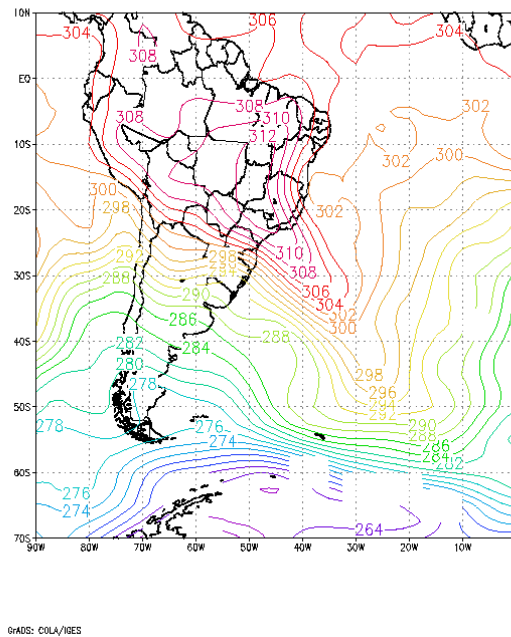


Figura 9: Temperatura potencial equivalente (K) em 850 hPa, 09/09/99, 00:00 Z, dados NCEP



## **Agradecimentos**

Agradecemos ao Dr. Vernon E. Kousky, pelo fornecimento dos dados do NCEP.

## **Bibliografia**

Ferreira, N. J. e Zhou, F., 1998: TRMM data applications on rain monitoring over Amazônia. X Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília, DF.

Kalnay, E., and co-authors, 1996: The NCEP/NCAR 40 years reanalysis project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437-471.

Kummerow, C.; Barnes, W.; Kozu, T.; Shiue, J. and Simpson, J.:1998: The tRropical Rainfal Measuring Mission (TRMM) Sensor Package. Journal of Atmospheric and oceanic Technology, 1998.

Sales, F. H., 2000: Aspectos observacionais e simulações numéricas de uma linha de instabilidade simétrica de longa duração. Dissertação de mestrado, DCA, IAS-USP, SP.