

ESTUDO DE CÉLULAS CONVECTIVAS EM RONDÔNIA DURANTE O EXPERIMENTO WETAMC-LBA/TRMM

MARCOS CEZAR YOSHIDA¹
NELSON JESUS FERREIRA¹

¹INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
mcezar@cptec.inpe.br, nelson@ltid.inpe.br

Abstract: This study analyzes convective rain cells on Rondônia state during the first Wet Season Atmospheric Mesoscale Campaign (WETAMC) of the Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia (LBA) and the validation of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), during the January to February, 1999 period. Rain images from the Precipitation Radar (PR) onboard of TRMM satellite were used for characterizing the convective cells. In the analyses of the vertical behavior of convective cells, it was selected only strong and intense cells in their mature stage to obtain zonal and meridional vertical rain profiles. A case study of a supercell storm occurred in northern Rondônia on the 25 of January was analyzed. The results show that in general rainfall rates decay rapidly with height, the highest values are observed around 3km of altitude. It stands out small areas which concentrates most of rainfall. Also, the relationship between the depth, organization and distribution of convective cells show that supercells storms have a significant number of shallow cells.

Keywords: TRMM, convective cells, rainfall

1. Introdução

Um dos fatores marcantes do clima de Rondônia é a sua variabilidade. Durante a estação úmida (outubro-março) os ventos próximos à superfície são fracos e a sua direção é condicionada pelas frentes estacionárias que se deslocam pelos trópicos e pela ação da Alta da Bolívia e do cavado do Nordeste do Brasil (Rickenback et al., 2001). Neste período, a umidade relativa média é alta, e as taxas de precipitação mensais ultrapassam 250 mm (Nobre et al., 1996). A comparação entre a direção do vento zonal e a precipitação em Rondônia indica que a chuva está condicionada a fatores de grande escala (Rutledge et al., 2000; Cifelli et al., 2000; Petersen, 2000). Eles notaram que quando os ventos de oeste em baixos níveis transportam a umidade da bacia Amazônica equatorial para o sudeste, estes produzem uma quantidade de chuva menor do que quando o regime de vento é de leste. No regime de leste as chuvas são mais intensas e possuem grande desenvolvimento vertical.

Durante a primeira *Wet Season Atmospheric Mesoscale Campaign* (WETAMC) do *Large Scale Biosphere-Atmospheric Experiment in Amazônia* (LBA) que ocorreu em conjunto com a *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) no período de janeiro a fevereiro de 1999, no estado de Rondônia (Silva Dias et al., 2001). Particularmente neste período, foram obtidos os perfis verticais de precipitação utilizando-se os dados do *Precipitation Radar* (PR) com o objetivo de caracterizar a variabilidade espacial das células convectivas. Ênfase é dada a uma forte tempestade convectiva ocorrida no norte de Rondônia no dia 25 de janeiro de 1999.

2. Dados e Metodologia

O satélite TRMM possui órbita geocêntrica aproximadamente circular a 350 km de altitude e período de revolução de 91,5 minutos, com inclinação de 35° em relação ao plano equatorial (Kummerow et al., 1998). Esta característica lhe permite varrer toda a faixa tropical através da composição de sucessivas órbitas. O TRMM possui cinco sensores: *TRMM Microwave Imager* (TMI), *Precipitation Radar* (PR), *Visible and Infra Red System* (VIRS), *Clouds and Earth's Radiant Energy System* (CERES) e *Lightning Imaging System* (LIS). O

PR atua na banda de frequência de 13,8 GHz, e apresenta resolução horizontal de 4,3 km no nadir com largura de varredura de 215 km. Ele possibilita o estudo tridimensional da precipitação nos trópicos. A taxa de precipitação é estimada a partir da refletividade (Z) obtida pelo PR, e processada por um algoritmo híbrido (Iguchi e Meneghini, 1994) que utiliza a relação Z-R ajustada ao tipo de chuva, fator de correção na superfície de referência e parâmetros de não uniformidade. Este modelo apresenta resoluções horizontal de 4x4 km e vertical de 250 m.

A atividade convectiva no estado de Rondônia durante o WETAMC-LBA/TRMM foi estudada a partir dos perfis verticais da taxa de precipitação e da chuva próximo à superfície. Utilizou-se 113 imagens obtidas pelo PR para o período. Essas variáveis foram interpoladas em uma grade de 0,05x0,05. Na análise espacial, o campo de chuva horizontal foi obtido através da composição de imagens, efetuando-se a média dos valores acumulados nos pontos de grade, e os perfis verticais foram obtidos em relação ao eixo central de máxima precipitação. Na análise temporal as imagens foram alocadas dentro de 8 períodos com intervalos de 3 horas, iniciando-se às 0000 UTC. A variabilidade da chuva foi analisada para cada período, na área total e em 3 sub-regiões: norte (I), central (II) e sudeste (III) do estado de Rondônia (**Figura 1**). As tempestades que apresentaram núcleos de precipitação fortes e intensos (36 eventos) foram classificadas de acordo com a sua organização em: unicelulares, multicelulares e supercelulares. As unicelulares envolvem três fases distintas: cumulus, maturação e dissipação (Atkinson, 1981). As multicelulares e supercelulares são compostas de várias células, porém as multicelulares apresentam células em diferentes estágios de formação. Este critério foi aplicado por inspeção visual à área precipitante captada pelo PR.

3. Resultados e Discussões

A **Figura 1** mostra o campo de precipitação próximo à superfície estimada pelo PR em Rondônia (setores I, II e III). Observam-se pequenas áreas com altas taxas de precipitação aliadas a extensas áreas onde ela é pequena. É notado uma grande variação da intensidade com a distância em relação às regiões de concentração de altas taxas de precipitação. O período de revolução orbital deste satélite possibilita caracterizar a chuva em diferentes horários do ciclo diurno. O setor I é o mais chuvoso, enquanto que o setor III apresentou-se menos chuvoso. A partir dos valores das taxas de precipitação obtidos, a precipitação acumulada para os setores I, II e III seria de 750, 350 e 200 mm para o período, respectivamente. Estas estimativas são distintas em relação às mencionadas anteriormente, sugerindo a necessidade de se ampliar a base de dados para minimizar os erros.

Na **Figura 2**, observam-se as diferenças na intensidade do ciclo diurno entre as sub-regiões I, II e III. A variabilidade do ciclo diurno mostra que nessas sub-regiões o máximo da atividade convectiva ocorre às 1800 UTC, concordando com o ciclo diurno apresentado pela rede de pluviômetros (Marengo et al., 2001). Na subregião I, além do máximo principal, existem dois máximos secundários, respectivamente às 1200 e 0300 UTC. A baixa quantidade de imagens durante o período estudado contribuiu para que a chuva próxima à superfície apresentasse características centralizadas, principalmente nas regiões onde a precipitação é mais elevada. Isto contribuiu no aumento da chuva em algumas sub-regiões, como no caso do setor I. Assim, estes resultados devem ser vistos com cautela.

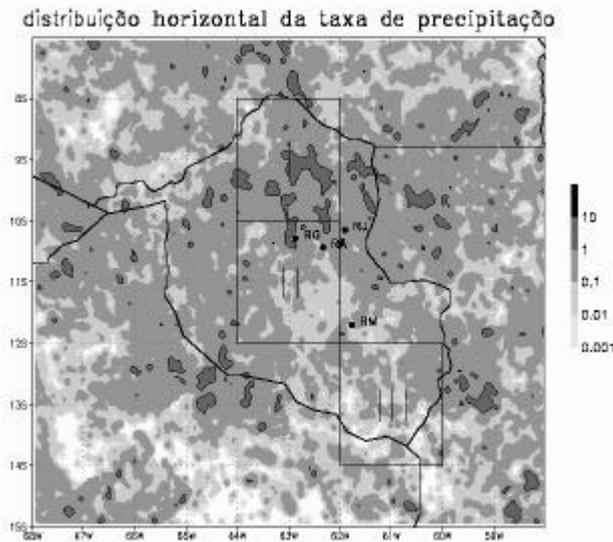


Figura 1: Distribuição da taxa de precipitação na superfície ($\text{mm}\cdot\text{hr}^{-1}$) obtida pelo PR durante o período de janeiro e fevereiro de 1999, para a região de Rondônia e setores norte (I), central (II) e sudeste (III).

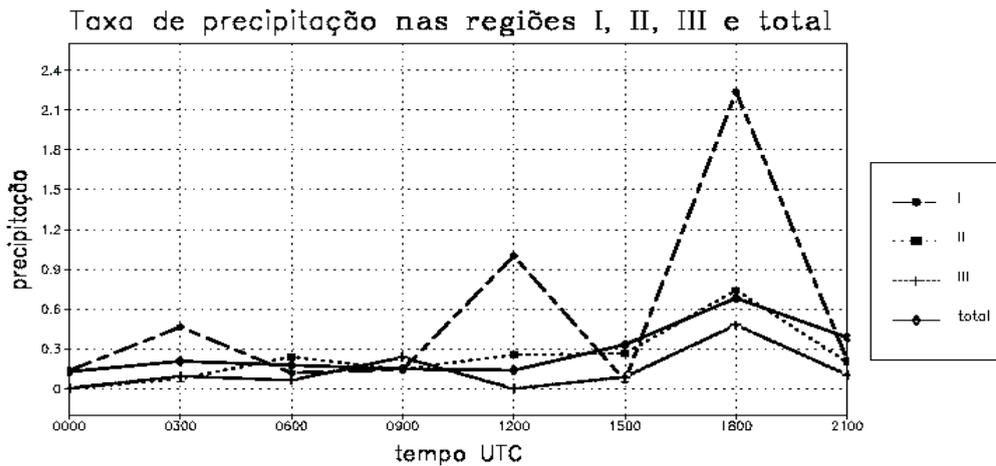


Figura 2: Distribuição da chuva por período para Rondônia e setores I, II, e III, obtida pelo PR, durante janeiro e fevereiro de 1999.

A estrutura horizontal do evento de chuva do dia 25 de janeiro de 1999, às 1219 UTC, pode ser vista em quatro altitudes na **Figura 3** (2, 3, 4, e 6 km). Observa-se que a taxa de precipitação decai rapidamente com a altura. A precipitação mais intensa se encontra em torno de 3 km de altura. Isto ocorre porque presumivelmente nesta região estão concentrados as correntes ascendentes e descendentes e outros fatores que aumentam a quantidade de partículas de gelo e o tamanho de gotículas. Além disso, neste caso a precipitação mais significativa (acima de $2\text{mm}\cdot\text{hr}^{-1}$) está abaixo de 6 km de altura (banda brilhante). A característica em destaque é a pequena área onde se concentra quase toda a precipitação. Observa-se um grupo de 7 células (A-G) com forte taxa de precipitação, onde a célula A está a noroeste e as células B-G estão no mesmo bloco. Os perfis verticais zonal e meridional de cada célula são mostrados na **Figuras 4 e 5**.

Aglomerados de cumulus que precipitam sincronizadamente foram poucas vezes detectados. A exposição deste caso, mostra que para as 7 células fortes e maduras, as distâncias que as separam são de poucos quilômetros. Existe interligações entre a maioria das células, de

tal forma que elas atuam como um bloco convectivo único. Na área como um todo, existe o domínio de moderada taxa de precipitação. A relação entre a profundidade das células, a organização e a distribuição de células convectivas (não mostrado) revela que as tempestades supercelulares apresentam uma expressiva quantidade de células rasas. Observa-se também que as interligações entre as células auxiliam nesta peculiar característica. As frentes de rajadas podem atuar como mecanismo de formação deste tipo de células, pois uma gênese comum pode conduzir o desenvolvimento de células com características semelhantes. A profundidade uniforme das células neste evento exemplifica este comportamento, e sugere haver uma distribuição entre a abrangência em área e a altura alcançada pelas células. Nos casos observados de células isoladas em ambientes unicelulares e supercelulares, as alturas máximas alcançadas tendem a ser rasas ou profundas sugerindo que o desenvolvimento vertical de células isoladas podem estar condicionadas pela circulação.

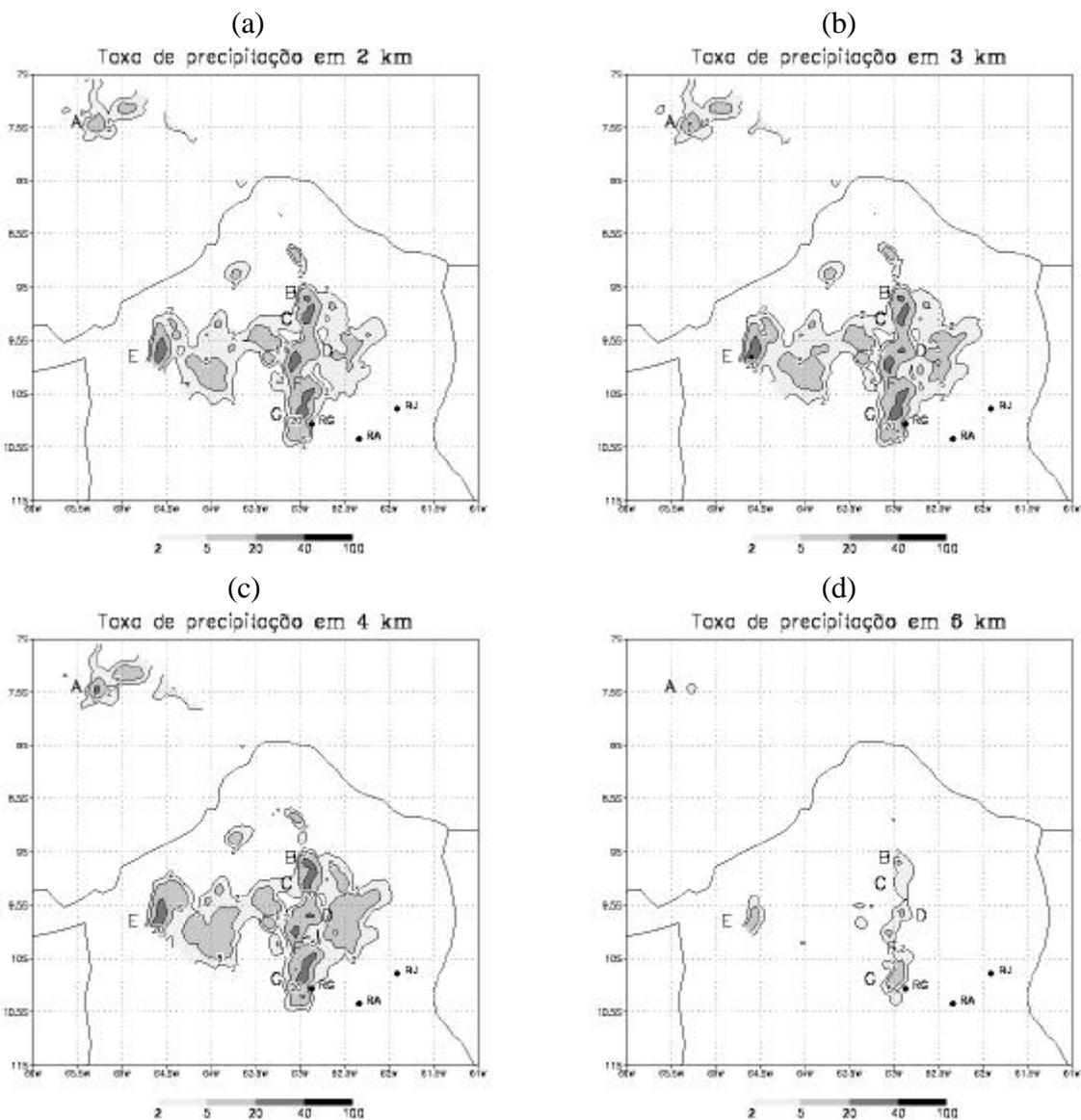


Figura 3: Taxas de precipitação obtidas pelo PR para o evento ocorrido em 25/01/1999, às 1219 UTC, sobre a região de Rondônia. A seqüência mostra quatro perfis verticais em alturas distintas: (a) 2 km, (b) 3 km, (c) 4 km e (d) 6 km, para as células A, B, C, D, E, F e G.

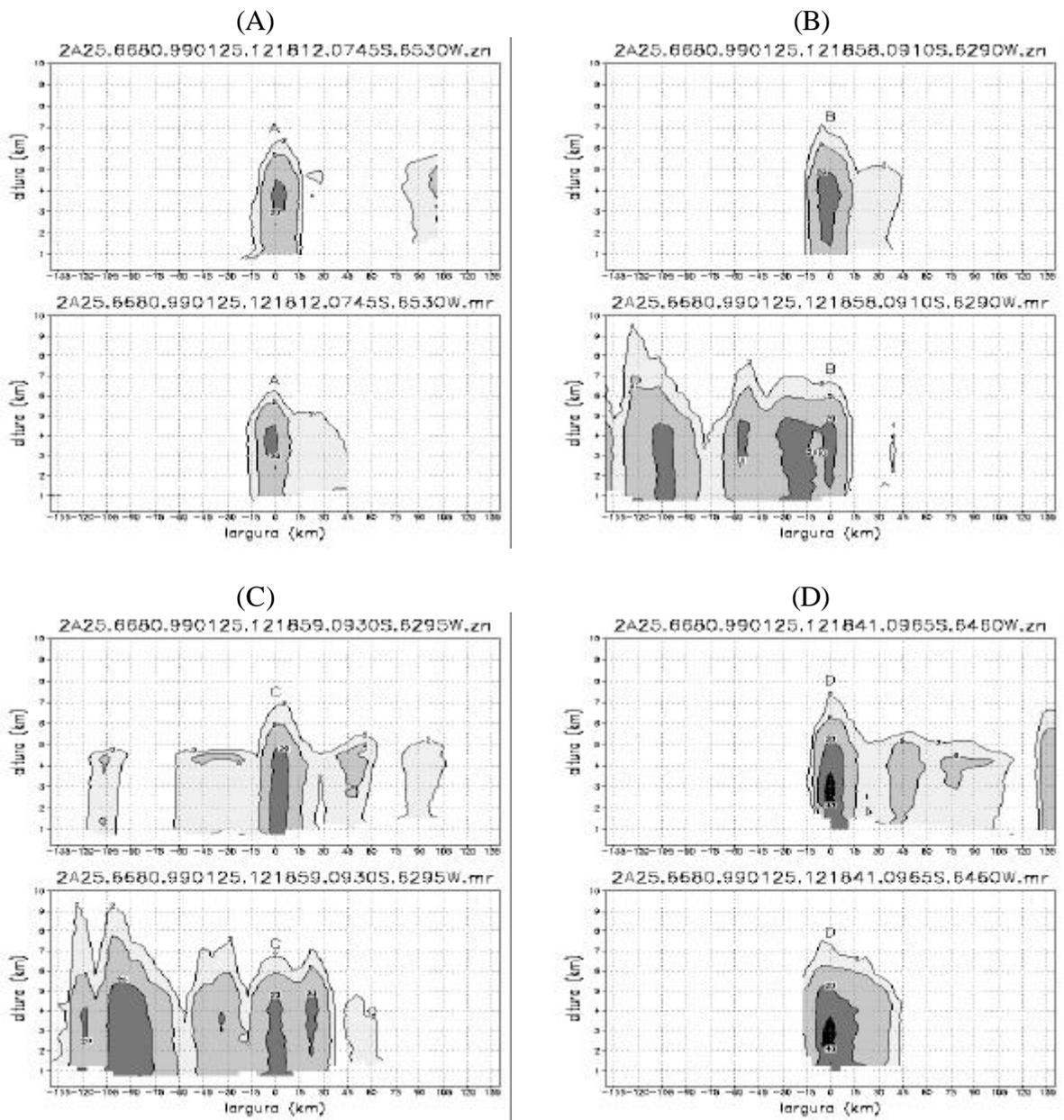


Figura 4: Perfis verticais zonal e meridional das células A, B, C e D. O título de cada figura contém em seqüência e separados por um ponto: o número da órbita, a data, o horário, a latitude, a longitude e o tipo de perfil (“zn” e “mr” correspondem a zonal e meridional).

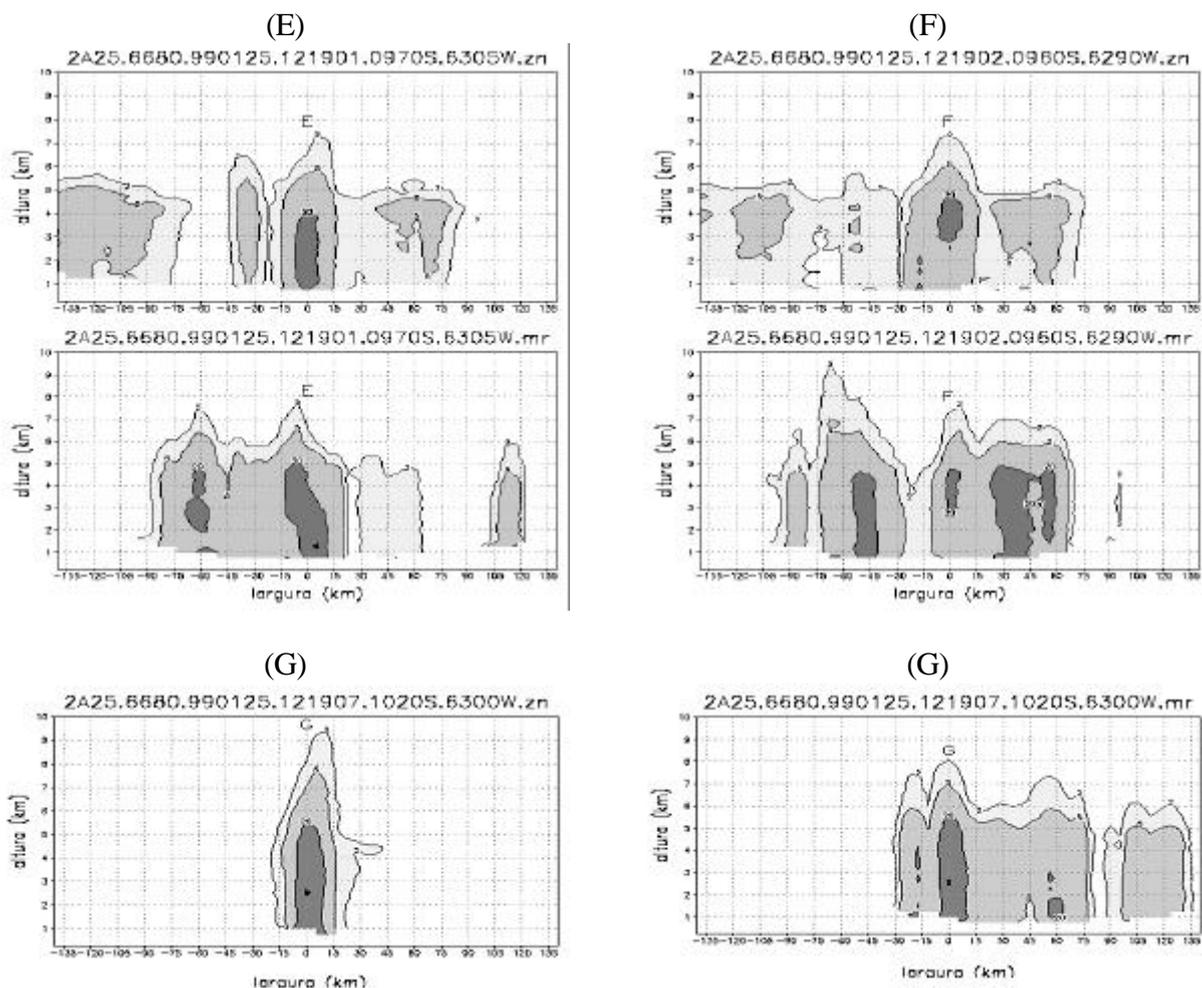


Figura 5: Perfis verticais zonal e meridional das células E, F e G. O título de cada figura contém em seqüência e separados por um ponto: o número da órbita, a data, o horário, a latitude, a longitude e o tipo de perfil (“zn” e “mr” correspondem a zonal e meridional).

4. Considerações Finais

Este trabalho analisou a estrutura tridimensional e temporal dos eventos convectivos observados em Rondônia, durante o experimento WETAMC-LBA/TRMM, utilizando-se dados do PR. Das 113 imagens que monitoraram a região de Rondônia, neste período, somente 36 apresentaram células convectivas maduras fortes ou intensas. Exemplificando este comportamento, estudou-se o evento de uma tempestade supercelular ocorrida no norte de Rondônia no dia 25 de janeiro de 1999. Esta tempestade foi captada pelo TRMM às 1219 UTC. O campo horizontal e os perfis verticais da precipitação mostraram uma distribuição de diversos núcleos ativos dentro de um bloco convectivo. As características básicas das 7 células maduras e fortes presente neste caso é a uniformidade em termos da profundidade máxima alcançada e a interação entre as células. Estas características não foram observadas quando a convecção era multicelular. durante o período de estudo.

5. Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pelo projeto Interação Biosfera-Atmosfera em Mesoescala na Amazônia financiado pela FAPESP, processo 1997/9926-9. O segundo autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, processo 300486/96-0 pelo suporte.

6. Referências Bibliográficas

- Atkinson, B.W. *Severe Local Storms*. In: Atkinson, B.W. ed. *Meso-scale Atmospheric Circulations*. 1.ed. Academic Press. 1981. v.1, Cap.8, p.313-398.
- Cifelli, R.; Petersen, W.A.; Carey, L.D.; Rutledge, S.A.; Silva Dias, M.A.F. Radar Observations of the Kinematic, Microphysical, and Precipitation Characteristics of Two MCSs in TRMM-LBA. *Submitted to Journal of Geophysical Research*, 2000.
- Iguchi, T.; Kozu, T.; Meneghini, R.; Awaka, J.; Okamoto, K. Rain-Profiling Algorithm for the TRMM Precipitation Radar. *Journal of Applied Meteorology*. V.39, p.2038-2052, 2000
- Kummerow, C.; Barnes, W.; Kozu, T.; Shiue, J.; Simpson, J. The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Sensor Package. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. 1998.
- Marengo, J.A.; Fisch, G.F.; Iria Vendrame, P.C.; Morales, C.A. On the diurnal and day-to-day variability of rainfall in Southwest Amazonia during the TRMM-LBA and LBA-WETAMC campaign of the summer of 1999. *Submitted to Journal of Geophysical Research Special Issue on TRMM-LBA/LBA-WETAMC*. 2001
- Nobre, C.A.; Fisch, G.; Rocha, H.R.; Lyra, F.; Rocha, E.P.; Ubarana, V.N. *Observation of the Atmospheric Boundary Layer in Rondônia*. In: Gash, J.H.C.; Nobre, C.A. Roberts, J.M.; Victoria, R.L. ed. *Amazonian deforestation and climate*. Chichester: John Wiley & Sons. Cap.24, p.414-424, 1996.
- Petersen, W.A.; Rutledge, S.A.; Cifelli, R.C.; Carey, L.D. Vertical Profiles of Tropical Convections as Observed by the TRMM Satellite. *AMS 24th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology*. Lauderdale, Florida. 29 May-2 June. 2000.
- Rickenbach, T.M.; Ferreira, R.N.; Halverson, J.; Silva Dias, M.A.F. Modulation of Convection in the Southwestern Amazon Basin by extratropical Stationary Fronts. *Conditionally accept, Journal of Geophysical Research, Special Issue on LBA*. 2001.
- Rutledge, S.A.; Petersen, W.A.; Cifelli, R.C.; Carey, L.D. Early Results from TRMM-LBA: Kinematic and Microphysical Characteristics of Convection in Distinct Meteorological Regimes. *AMS 24th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology*. Lauderdale, Florida. 29 May-2 June. 2000.
- Silva Dias, M.A.F.; Rutledge, S.; Kabat, P.; Siva Dias, P.L.; Nobre, C.A.; Dolman, A.J.; Rutledge, S.; Fisch, G.; Dolman, A.J.; Zipser, E.; Garstang, M.; Manzi, A.; Fuentes, J.D.; Rocha, H.; Marengo, J.; Plana-Fattori, A.; Sá, L.; Alvalá; Andreae, M.O.; Artaxo, P.; Gielow, R.; Gatti, L. Clouds and rain processes in a biosphere atmosphere interaction context in the Amazon Region. *Submitted Journal of Geophysical Research – Atmospheres, LBA Special Issue*. 2001.