

ANÁLISE DA VARIABILIDADE DIÁRIA DA PRECIPITAÇÃO EM ÁREA DE PASTAGEM PARA A ÉPOCA CHUVOSA DE 1999 – PROJETO TRMM/LBA

Julio TOTA¹, Gilberto FISCH², José FUENTES³, Paulo Jorge de OLIVEIRA¹
Michael GARSTANG³, Ryan HEITZ³, Jeffrey SIGLER³

RESUMO — Como parte das investigações do experimento TRMM/LBA na Amazônia, medidas de chuva foram obtidas continuamente sobre uma área de pastagem. Neste trabalho foram analisados dados de precipitação durante o período compreendido entre 10 de janeiro a 28 de fevereiro de 1999 (período chuvoso). Os totais mensais de precipitação para o período estudado foram de 322,3 e 468,6 mm para janeiro e fevereiro, respectivamente. As análises da distribuição de frequência para os eventos inferiores à 1 mm/h e superiores à 1, 3, 5, 10, 15 e 20 mm.h⁻¹, mostraram diferentes distribuição temporal. Os eventos inferiores à 1 mm.h⁻¹ apresentaram uma distribuição temporal mais regular, porém representando apenas cerca de 3% do volume total de precipitação (27 mm). Os eventos com precipitação superiores à 1, 3, 5 mm.h⁻¹ apresentaram um padrão similar entre si, sendo que os casos mais frequentes ocorreram durante a madrugada e final da tarde. Esses eventos representaram cerca de 97, 91 e 86% do total da precipitação, respectivamente. Finalmente, os eventos acima de 10, 15 e 20 mm.h⁻¹ totalizaram, respectivamente, 73, 68 e 62% do total da precipitação, e as maiores frequências relativas concentraram-se entre 2 às 4 HL e 15 às 17 HL. A precipitação observada pode ser classificada em 2 sistemas distintos de produção de chuva: convecção isolada local e sistemas convectivos de mesoescala, os quais provocaram máximos de precipitação às 16 e 4 HL, respectivamente.

Palavras-Chave: Chuva, Amazônia, Ciclo diário

The Analysis of the Daily Rainfall in a Pasture Site During the Wet Season of 1999 - TRMM/LBA Project

ABSTRACT — As part of the investigations of the experiment TRMM/LBA in Amazônia, measurements of the rain were obtained in a pasture site. In this work precipitation distribution were analyzed during the period from January 10 to February 28, 1999 (wet season). The monthly totals of precipitation for the period were 322.3 and 468.6 mm for January and February, respectively. The analyses of the frequency distribution for the events lower than 1 mm.h⁻¹ and higher than 1, 3, 5, 10, 15 and 20 mm.h⁻¹ showed different time distribution. The events lower than 1 mm.h⁻¹ presented a more regular temporary distribution, even representing only 3% of the total volume of precipitation (27 mm). The events with precipitation above 1, 3, 5 mm.h⁻¹ presented a similar pattern among them, and the most frequent cases occurred during late afternoon. Those events represented about 97, 91 and 86% of the total of the precipitation, respectively. Finally, the events above 10, 15 and 20 mm.h⁻¹ represented 73, 68 and 62% of the total of the precipitation respectively, and the largest relative frequencies concentrated among 2 up to 4 HL and 15 up to 17 HL. The rainfall observed can be classified in 2 distinct system: local convection and mesoscale convective system, which provoke peaks at 16 LT and 4 LT, respectively.

Key-words: Rain, Amazonia, Daily cycle

¹ Centro de Previsão e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE)-Cachoeira Paulista, 12630-000, SP, Brasil. E-mail: tota@met.inpe.br

² Centro Técnico Aeroespacial (CTA/IAE-ACA), São José dos Campos, 12228-904, SP, Brasil. E-mail: gfish@iae.cta.br

³ University of Virginia (UVA), Charlottesville, Virginia, USA. E-mail: jf6s@virginia.edu.

INTRODUÇÃO

A precipitação é uma das variáveis mais importantes no estudo da caracterização do clima de uma região. Além de seu papel no ciclo hidrológico, esta variável também influencia na manutenção do equilíbrio do meio ambiente e biodiversidade. A Amazônia possui um papel importante na determinação do clima global, pela sua vasta bacia hidrográfica situada na região equatorial e também por ser uma fonte de energia aos processos atmosféricos da circulação atmosférica de grande escala (Molion, 1987).

Atualmente há um grande interesse científico na avaliação das alterações que o desmatamento da floresta tropical Amazônica possa provocar nos climas regional e global. Alguns estudos de simulação numérica do clima usando Modelos de Circulação Geral da Atmosfera (MCGAs) foram realizados, os quais foram calibrados com dados obtidos em experimentos de campo na região (por exemplo o Projeto ABRACOS – veja Gash e Nobre, 1997). Os resultados desses estudos sugerem que a troca de vegetação provoca um aumento da temperatura do ar (variando de 0,6 a 2,0 °C), uma redução nos totais de evaporação e de precipitação (de 20 a 30%) e que a estação seca na Amazônia seria mais prolongada após o desmatamento (Nobre *et al.*, 1991; Fisch *et al.*, 1997).

Uma revisão do clima e das principais interações dos fenômenos meteorológicos em várias escalas sobre a região Amazônica pode ser encontrado em Fisch *et al.* (1998).

Devido a forte interação floresta-atmosfera, existe uma alta variabilidade da distribuição de chuva ao longo do dia na região Amazônica. Entretanto, grande parte desta área de floresta natural tem sido convertida em área de pastagem (fazenda), cuja distribuição e variabilidade diária das chuvas é ainda desconhecida e pouco abordada pelos estudos de simulação climática citados anteriormente. Estudos observacionais no contexto da variabilidade horária de precipitação em áreas desmatadas são poucos, tais como Dias de Paiva (1996) e Ferreira da Costa *et al.* (1998).

O Projeto TRMM-LBA foi um experimento de campo, inserido no Projeto LBA (Experimento de Grande Escala na Biosfera-Atmosfera na Amazônia) - INPE, que coletou dados de superfície e de ar superior visando a calibração de sensores do satélite NASA-TRMM (Tropical Rain Measuring Mission). Dentre os dados desse experimento, realizado no Estado de Rondônia durante a estação úmida, foram medidas as taxas de precipitação em uma área de pastagem. O objetivo deste estudo é o de caracterizar a distribuição da precipitação (total mensal, ciclo diário, sistemas produtores de precipitação,

etc.) durante a estação chuvosa, utilizando os dados coletados na campanha de campo do Projeto TRMM/LBA (jan-fev/1999).

MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de dados foi realizada em uma área de pastagem, (Fazenda Nossa Senhora de Aparecida) localizada em 10° 45' S e 62° 22' W, 293 metros acima do nível do mar, no município de Ouro Preto D'Oeste, a 50 km de Ji-Paraná e com cobertura vegetal do tipo gramínea (*Brachiaria brizantha*). Esta área possui uma orografia com elevações de cerca de 150 metros (Fig. 1).

Para caracterizar a climatologia da região de Ji-Paraná, na Figura 2 são mostradas as médias mensais de precipitação para o período de 1982 a

1996, medidos a partir de uma estação convencional localizada em Ouro Preto D'Oeste, cerca de 50 km do experimento (Ferreira da Costa *et al.*, 1998). Uma forte sazonalidade pode ser observada na distribuição da precipitação, com o período mais chuvoso (novembro-abril) apresentando valores médios mensais acima de 200 mm mês⁻¹. Durante a estação seca (junho-agosto), o total mensal médio raramente alcança valores de 20 mm mês⁻¹.

Foram utilizados dados de totais de precipitação coletados, a cada minuto, através de um pluviômetro de balsa (Tipping Bucket Rain Gauge), de 10 de janeiro a 28 de fevereiro de 1999 (estação chuvosa). Os dados medidos a cada minuto foram integrados para cada hora do dia. A partir deste conjunto de dados foi

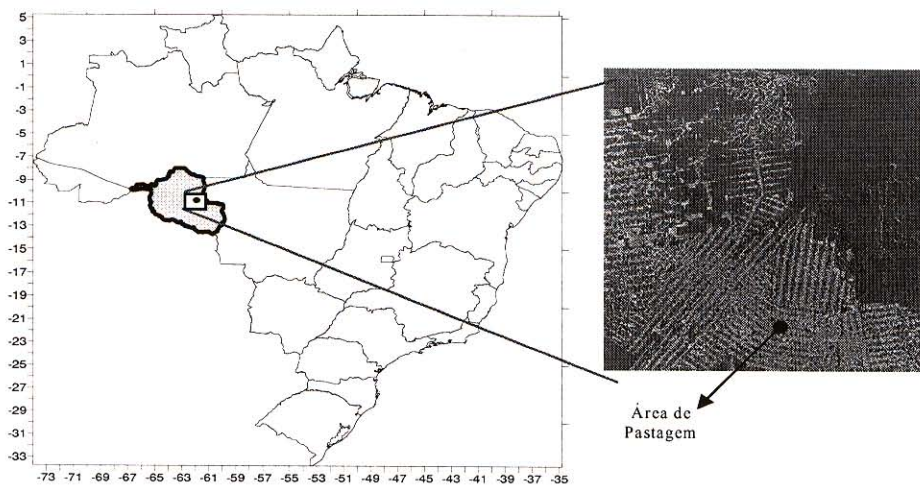


Figura 1. Localização geográfica do sítio experimental no Estado de Rondônia.

Fonte: Adaptado de Tóta (1998).

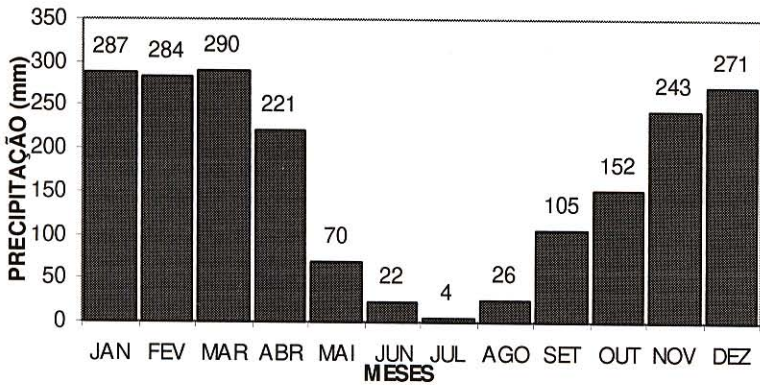


Figura 2. Climatologia da Precipitação para Ouro Preto D'Oeste (RO), período 1982-1996.
Fonte: Ferreira da Costa et al. (1998)

calculada a frequência de ocorrência da precipitação para casos com taxas inferior e superior a 1 mm/h superiores à 3, 5, 10, 15, e 20 mm/h. Dessa forma, foram definidos o número de eventos de precipitação que ocorreram em cada hora para os dias estudados. Para definir a frequência relativa de precipitação, foi utilizada a relação entre o número de eventos de precipitação de cada hora e o total de eventos nas 24 horas, dada por:

$$FR = \frac{F_h}{F_{24}} \times 100$$

onde, FR é a frequência relativa da precipitação, F_h é o número de eventos ocorridos numa dada hora, e F_{24} é o número de eventos ocorridos durante as 24 horas do dia. Além disso, também foram feitos cálculos da frequência relativa para intervalos de 6 horas, divididas como períodos entre 1-6, 7-12, 13-18, 19-24 hora local (HL).

RESULTADOS

A precipitação total para os períodos estudados (10-31 de janeiro e 1-28 de fevereiro de 1999) foram de 322,3 e de 468,6 mm (total de 790,9 mm); respectivamente. Esses totais mensais caracterizam bem a estação chuvosa da região e foram superiores aos da normal climatológica (Fig. 2). Em relação aos totais diários de precipitação (Fig. 3-b), observou-se que o dia 25/02 foi o mais chuvoso com um total de 112,5 mm, seguido pelo dia 20/01 com um total diário de 81,8 mm. A série temporal dos totais horários de precipitação (Fig. 3-a) mostram também que as chuvas concentraram-se às 16 HL (tarde) para o dia 20/01, enquanto que para 25/02 foram predominantes às 19 HL (noite). Além disso, na Figura 3-a, pode ser visto que durante o mês de fevereiro houveram eventos com forte precipitação durante a madrugada (dias 15 e 18/02).

Vale ressaltar que o total de precipitação entre 10 e 20 HL é cerca

de 66,6% (526,8 mm) do total acumulado durante o experimento, enquanto que o período entre 21 e 09 HL correspondeu a 33,4% (264,1 mm). Essa é uma importante informação da estação chuvosa durante o TRMM-LBA, uma vez que a chuva durante a madrugada ocorreu devido a formação de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) (15 e 18/02), enquanto que as chuvas de formação local (convectiva) predominaram durante a maior parte do período analisado, principalmente entre 20/01 e 8/02. O período entre 8

e 14/02 apresentou-se como uma pequena estiagem, com pouquíssima precipitação (10 mm). A chuva convectiva local caracteriza-se por uma convecção profunda porém isolada, produzindo chuvas intensas mas de curta duração (1-2 horas, no máximo). Os SCM's formam-se da organização da convecção local com características estratiformes, cobrindo ampla área espacial e apresentando chuvas fracas a moderadas. Estes sistemas não produzem nuvens cumuliformes de grande desenvolvimento vertical como aqueles tipos característicos da

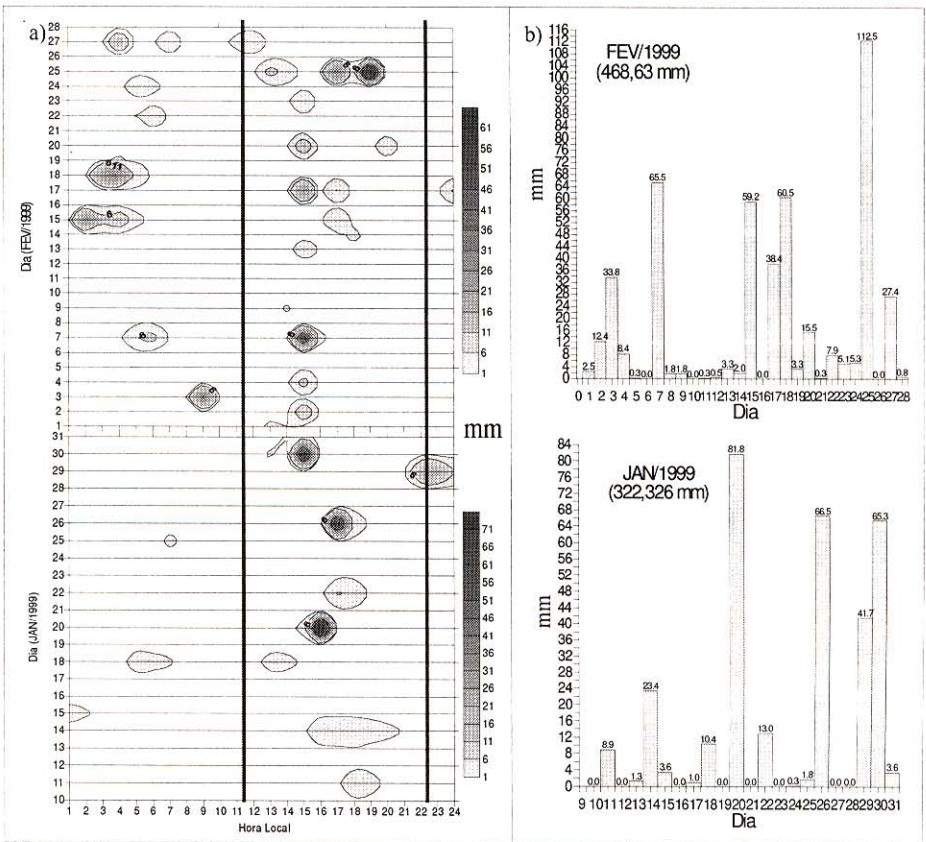


Figura 3. Distribuição horária (a) e diária (b) de precipitação de 10 janeiro a 28 de fevereiro 1999.

convecção local.

As análises da distribuição de frequência da precipitação foram feitas para os eventos onde a ocorrência de precipitação foi inferior a 1 mm.h^{-1} e superior a 1, 3, 5, 10, 15 e 20 mm.h^{-1} . Na Figura 4, pode-se observar que para eventos inferiores a 1 mm/h (71 casos), a distribuição foi regular cobrindo praticamente todos os horários do dia. Nesta Figura é possível visualizar uma leve predominância da ocorrência durante a madrugada (principalmente durante o mês de fevereiro), talvez

relacionada a atuação de fenômenos de meso e/ou larga escala (particularmente os dias 15 e 18/02). O restante da precipitação concentrou-se durante o período de máxima convecção do ciclo diurno, o qual é característico da região. Entretanto, em termos de volume, os casos com taxa de chuva inferior a 1 mm.h^{-1} representam apenas 3,4% do total de precipitação do período analisado (27,2 mm).

Para os eventos com taxas de precipitação superiores a 1, 3 e 5

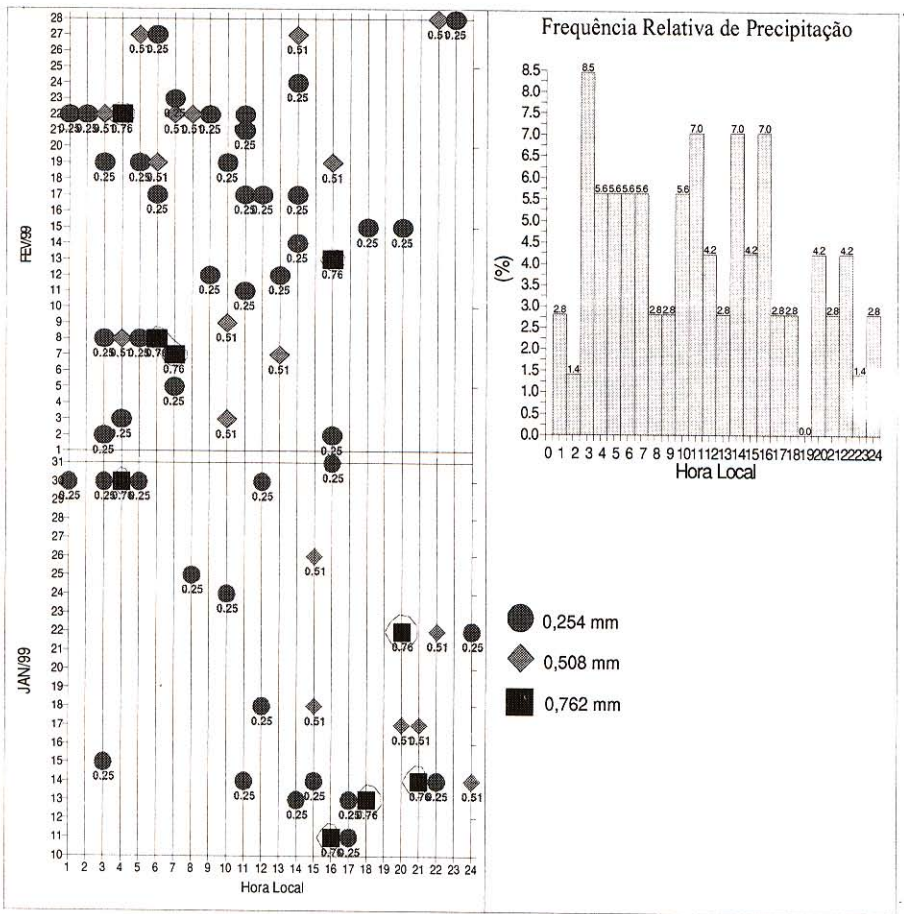


Figura 4. Série Temporal e Frequência Relativa da Precipitação inferior à 1 mm.h^{-1} .

mm.h⁻¹ (com 71, 43, e 34 casos), a frequência relativa de precipitação foi concentrada em dois máximos (Distribuição Bimodal), sendo um máximo secundário durante a madrugada e um outro máximo principal à tarde, conforme mostram as Figuras 5-a e 6-a. Esses resultados mostram uma frequência relativa de

precipitação consistente com o estudo feito por Ferreira da Costa *et al.* (1998), entretanto com magnitude superiores. Em termos de volume de precipitação, estes casos representaram cerca de 97, 91 e 86% do total da precipitação, ou seja, 764, 717, 684 mm.

Conforme pode ser visto,

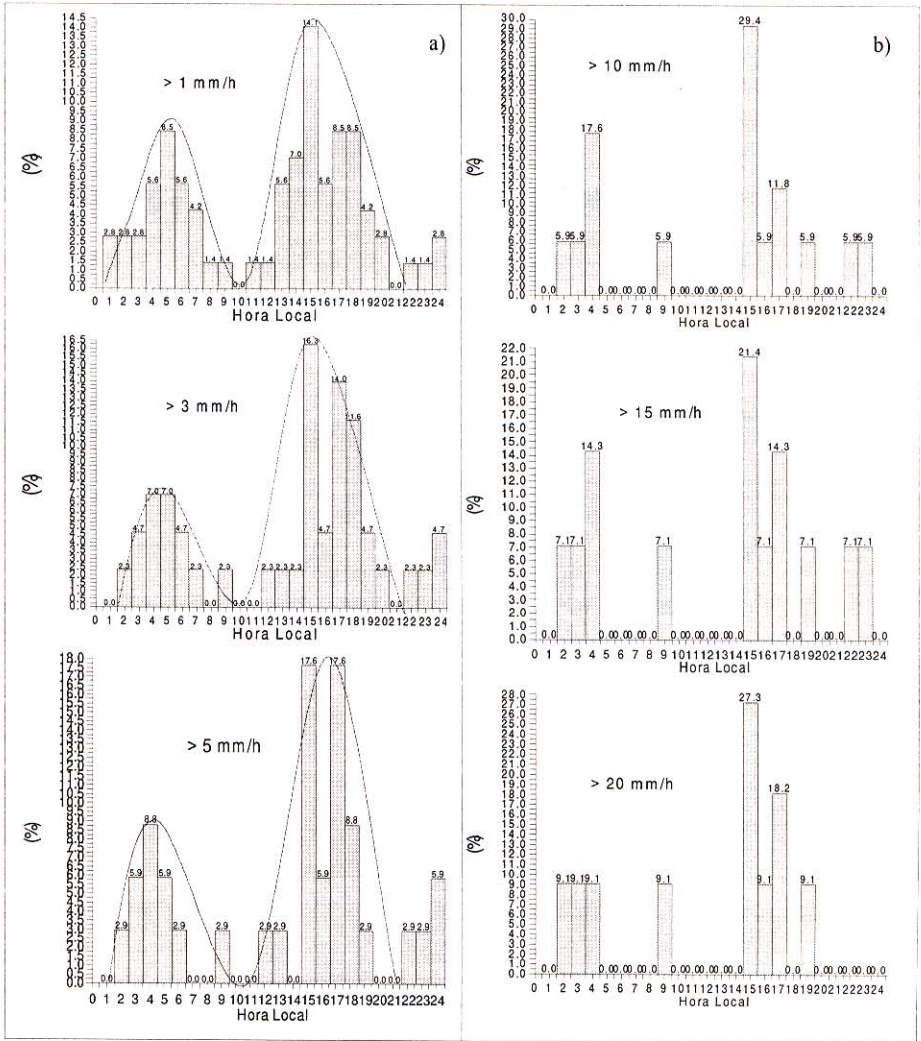


Figura 5. Frequência relativa de precipitação.

respectivamente, para os eventos acima de 10, 15 e 20 mm.h⁻¹ (17, 14, e 11 casos), a frequência relativa de precipitação foi ainda mais concentrada em dois máximos às 4 e 15 HL (Figuras 5-b e 6-b). Na série temporal dessas taxas de precipitação, mostrada na Figura 6-b, fica evidente a concentração e intensidade da precipitação durante o período de convecção diurna local. Estes eventos representam, apesar do reduzido número

de casos, cerca de 73, 68 e 62% do total da precipitação, ou seja, 577, 541 e 489 mm. Durante a madrugada de 15 e 18/02 pode-se também observar nestas Figuras eventos com chuvas intensas que, como mencionado anteriormente, podem estar associados à atuação de sistemas de meso ou larga escala sobre a região.

A Figura 7 mostra a frequência relativa integrada em intervalos de 6

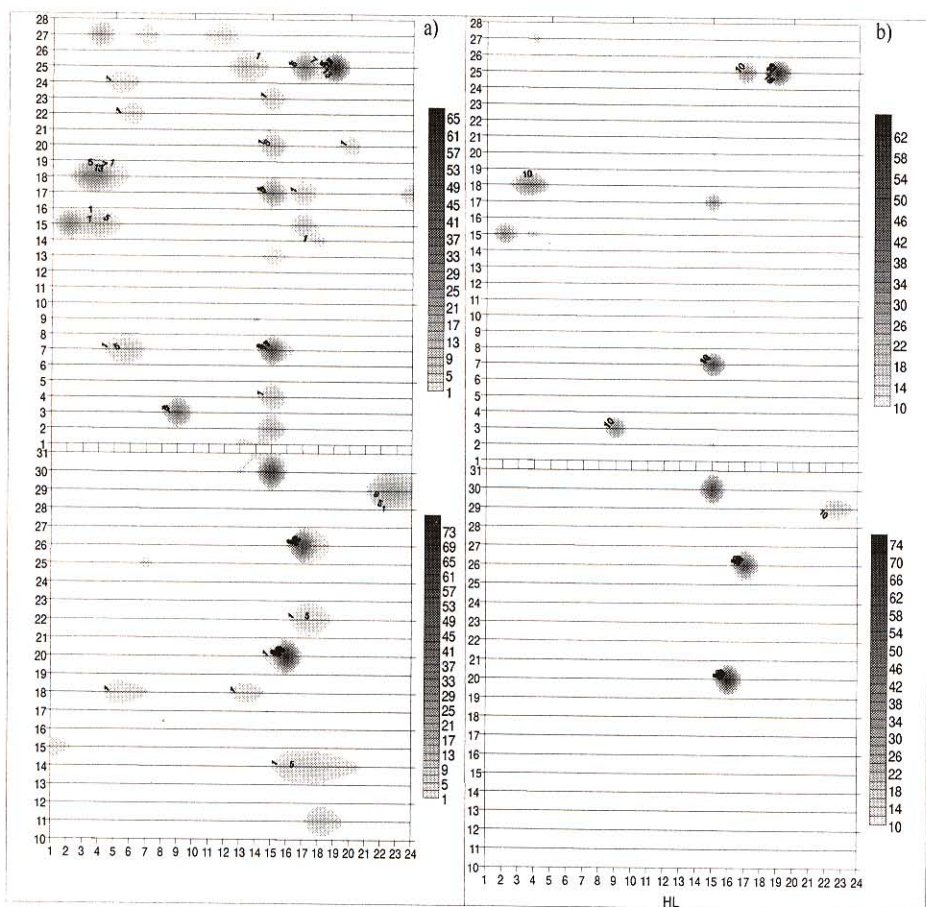


Figura 6. Série temporal e frequência relativa de precipitação superior à 1 mm.h⁻¹ (a) e 10 mm.h⁻¹ (b).

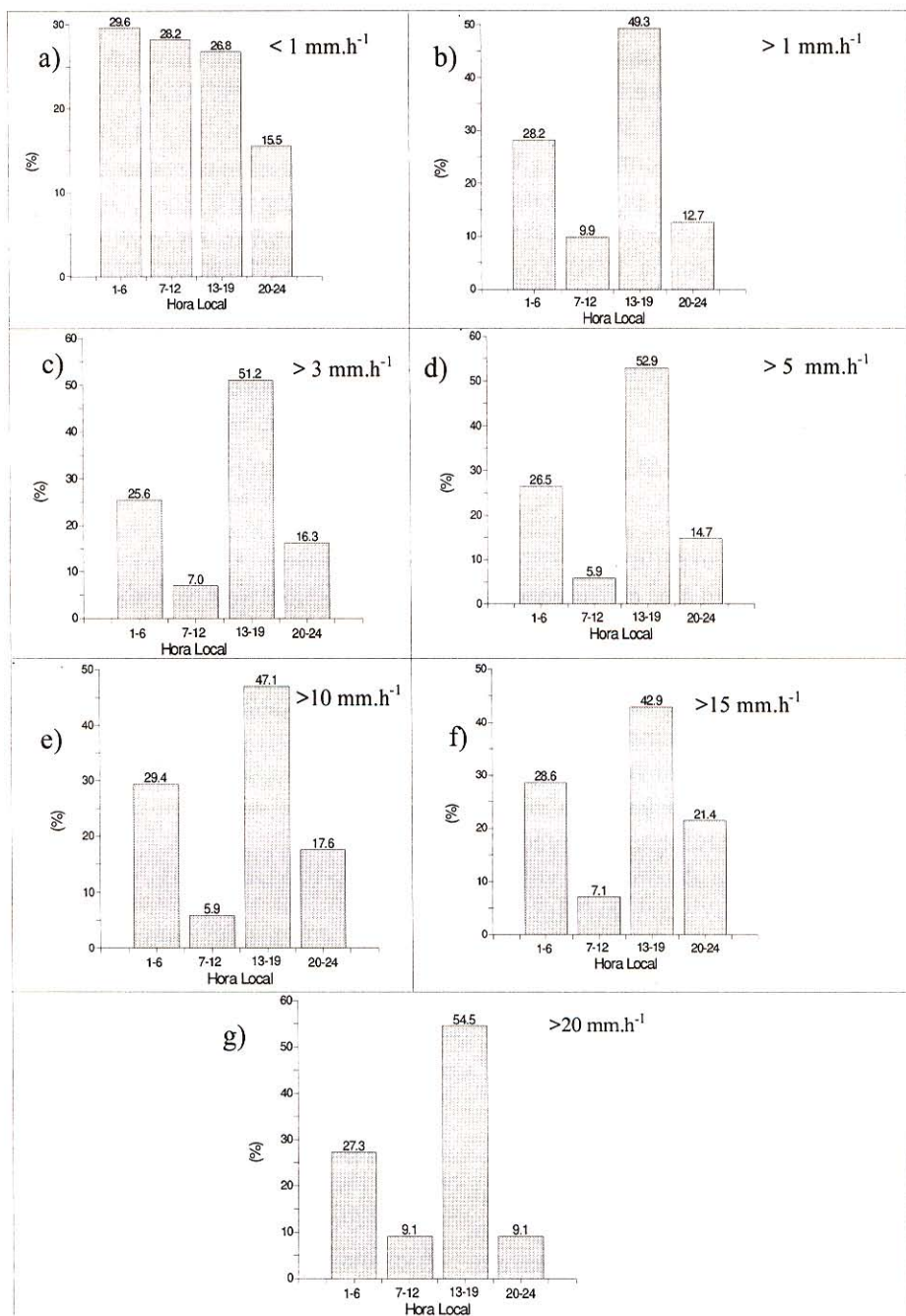


Figura 7 – Frequência Relativa Integrada de Precipitação para os eventos: a) $< 1 \text{ mm.h}^{-1}$, b) > 1 , c) >3 , d) >5 , e) >10 , f) >15 e g) $>20 \text{ mm.h}^{-1}$.

horas, a saber: 0-6, 7-12, 13-19 e 20-24 HL. Nos casos inferiores a 1 mm/h de precipitação, há uma distribuição mais regular e com a menor ocorrência durante à noite. Os eventos com precipitação horária acima de 1, 3 e 5 mm.h⁻¹ mostram uma predominância nos intervalos 1-6 e 13-19. Os eventos com precipitação acima de 10, 15 e 20 mm.h⁻¹, praticamente, mostram um mesmo padrão entre si, com os maiores números de casos durante 1-6 e 13-18 HL.

CONCLUSÕES

Este estudo analisa a ocorrência de chuva durante o experimento TRMM/LBA, realizado em área de pastagem na região de Ji-Paraná (RO) durante os meses de janeiro e fevereiro de 1999 (estação chuvosa). Os resultados mostraram que a precipitação ocorrida foi acima da média climatológica, sendo que a origem da formação dessas chuvas foi predominantemente convectiva (representa cerca de 66% do volume total de chuva) com máximo de frequência de ocorrência às 15 HL. Ocorreu um curto período de estiagem (8 a 14/02), seguido da passagem de 2 sistemas de mesoescala (15 e 18/02). Estes eventos de mesoescala provocaram chuvas fortes durante a madrugada (máximo às 4 HL) e representaram 33% do volume total de chuva. Estes resultados sugerem que a atmosfera, sobre a área em estudo, organizou-se de 2 maneiras na produção de chuva: através da convecção isolada, com um máximo

de precipitação à tarde (16 HL); e através da organização da convecção por Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), os quais provocaram chuvas estratiformes fracas e também eventos fortes no período noturno (4 HL). Além disso, estes resultados concordam com observações independentes de precipitação realizadas recentemente por Rickenbach et al. (2000), através de radar meteorológico sobre a mesma área de estudo deste trabalho, os quais sugerem que estes SCM's possuíam características estratiformes e chuvas mais fraca. Este mesmo trabalho lança a hipótese de que o escoamento atmosférico de larga escala possam estar modulando o tipo de convecção (isolada e profunda local ou do tipo sistemas convectivos de mesoescala) predominante durante o TRMM-LBA.

AGRADECIMENTOS

Os autores desejam agradecer à todos aqueles que ajudaram na implementação do experimento TRMM/LBA. Os autores agradecem aos "referees" por seus comentários e sugestões. Julio Tóta (bolsa de doutorado 142398/98-5) e Gilberto Fisch (bolsa 300564/96-1) agradecem ao CNPq por apoiar esta pesquisa. Agradecimento especial à FAPESP pelo projeto Interação Biosfera-Atmosfera de Mesoescala na Amazônia (97/9926-9).

Bibliografia citada

- Dias de Paiva, E.M.C. 1996. *Regime de precipitação na Amazônia e sua relação com o desmatamento e temperatura da superfície do mar*. Tese de Doutorado, IPH - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Abril de 1996. 205 p.
- Ferreira da Costa, R.; Feitosa, J.R.; Fisch, G.; Souza, S. S.; Nobre, C.A. 1998. Variabilidade diária da precipitação em regiões de floresta e pastagem na Amazônia. *Acta Amazonica* 28(4): 395-407.
- Fisch, G.; Lean, J.; Wright, I.R.; Nobre, C.A. 1997. Simulações climáticas do efeito do desmatamento na região Amazônica: Estudo de um caso em Rondônia. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 12 (1): 33-48
- Fisch, G.; Marengo, J.A.; Nobre, C.A. 1998. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. *Acta Amazonica* 28(2):101-126
- Gash, J.H.C.; Nobre, C.A. 1997. Amazonian Deforestation and Climate. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 75 (5): 823-830
- Molion, L.C.B. 1987. Micrometeorologia of a Amazonian rain forest. In: Dickinson, R.E. (ed.). *The Geophisiology of Amazonia: Vegetation and Climate Interactions*. New York, Willey & Sons, 255-272
- Nobre, C.A.; Sellers, P.J.; Shukla, J. 1991. Amazonian deforestation and regional climate change. *Journal of Climate*, 4 (10): 957-988
- Rickenbach, T. M.; Cifelli, R. C.; Halverson, J. B.; Kucera, P. A.; Thieli, O. W. 2000. Convective systems in contrasting regimes during TRMM-LBA in Rondônia, Brasil. *15th Conference on Hydrology*, AMS 80 TH Annual Meeting, Long Beach – USA. p. 329-332
- Tóta, J. 1998. *Estimativa regional de fluxos de calor sensível e latente em áreas de floresta e pastagem na Amazônia*. (Dissertação de Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos-SP. 113p.

Aceito para publicação em 14/06/2000