

VII CONGRESSO BRASILEIRO DE  
**METEOROLOGIA**  
28 DE SETEMBRO A 2 DE OUTUBRO DE 1992  
S ã O P A U L O

**CENTRO DE CONVENÇÕES REBOUÇAS**

VOLUME 2

**ANAIS**

VARIABILIDADE DOS TERMOS DA EQUAÇÃO DO BALANÇO DE UMIDADE  
NA AMAZONIA DURANTE O EXPERIMENTO FLUAMAZON

Edson José Paulino da Rocha  
Departamento de Meteorologia-UFFA  
Pedro Leite da Silva Dias  
Departamento de Ciências Atmosféricas-USP  
Carlos Afonso Nobre  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE

ABSTRACT

It was used data collected during the meteorological experiment FLUAMAZON, which took place from Nov. 23-Dec. 21. This period corresponds to the transition period between the dry and wet seasons on the region. The water vapor transport from the Atlantic Ocean was found as being the main source of moisture of the Amazon Region, and showed a mean component normal to the coast in the period of the experiment, of approximately  $274.5 \text{ Kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ . The diurnal variation of the terms of moisture balance equation (precipitable water and moisture flux), associated to local effects can be as intense as the daily variation of these variables, that are associated with convective system of meso and sinotic scales which have affected the region of the experiment.

1. INTRODUÇÃO

O suprimento atmosférico de umidade na Amazônia são feitos através do transporte oceânico de vapor d'água, evapotranspiração e da variação local da água precipitável. Entretanto, o comportamento interdiurno e diário destes termos são pouco conhecidos na região. Ferreira (1987) observou a propagação para oeste de perturbações que causavam aumento do influxo de umidade na Amazônia, e alertou sobre a necessidade de estudar as variações diárias dos termos da equação do balanço de umidade. Entretanto, sabe-se que as perturbações intensas modificam o comportamento das variáveis da equação do balanço de umidade. Alguns pesquisadores já estudaram os efeitos provocados pelas penetrações de sistemas convectivos intensos, que afetavam a área estudada, com relação às variações diárias das variáveis da equação do balanço de umidade (Nitta e Esbensen, 1974; Cadet e Reverdin, 1981; Howland e Sikdar, 1983 e Silva Marques et.al., 1990). Todos mostram que as variações diárias dos termos depende da intensidade do sistema convectivo.

Neste trabalho são analisadas as variabilidades diárias e interdiurna dos termos da equação do balanço de umidade, verificando sua relação com as penetrações de sistemas convectivos intensos que afetaram a região do experimento.

## 2. DADOS E METODOLOGIA

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos durante o experimento FLUAMAZON, realizado no período de 23 de novembro a 21 de dezembro de 1989, através de radiossondagens feitas simultaneamente nas estações de ar superior localizadas em Alcântara (02° 19' S, 44° 25' W), Belém (01° 23' S, 48° 29' W), Oiapoque (03° 48' N, 51° 51' W), Manaus (03° 09' S, 59° 59' W), Alta Floresta (09° 52' S, 56° 06' W).

Os termos da equação do balanço de umidade analisados neste trabalhos foram:

1º) Água precipitável (mm), definida como o conteúdo total de vapor d'água na coluna atmosférica por unidade de área horizontal, disponível na atmosfera para a precipitação, e é dada por:

$$W = \frac{1}{g} \int_{p_t}^{p_{spf}} \bar{q} dp$$

2º) Fluxo de umidade integrado na coluna atmosférica ( $\text{Kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ), cujas componentes zonal ( $F_x$ ) e meridional ( $F_y$ ), determinados pelas equações:

$$F_x = \frac{1}{g} \int_{p_t}^{p_{spf}} \bar{q} u dp$$

$$F_y = \frac{1}{g} \int_{p_t}^{p_{spf}} \bar{q} v dp$$

e;

$$\vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j}$$

onde:  $q$  é a umidade específica ( $\text{g Kg}^{-1}$ );  
 $p$  é a pressão atmosférica (hPa)  
 $u$  e  $v$  são, respectivamente, as componentes zonal e meridional da velocidade do vento ( $\text{m s}^{-1}$ );  
 $g$  é a aceleração da gravidade ( $\text{m s}^{-2}$ );  
os sub-escritos  $t$  e  $spf$  significam, respectivamente, topo e superfície da camada.

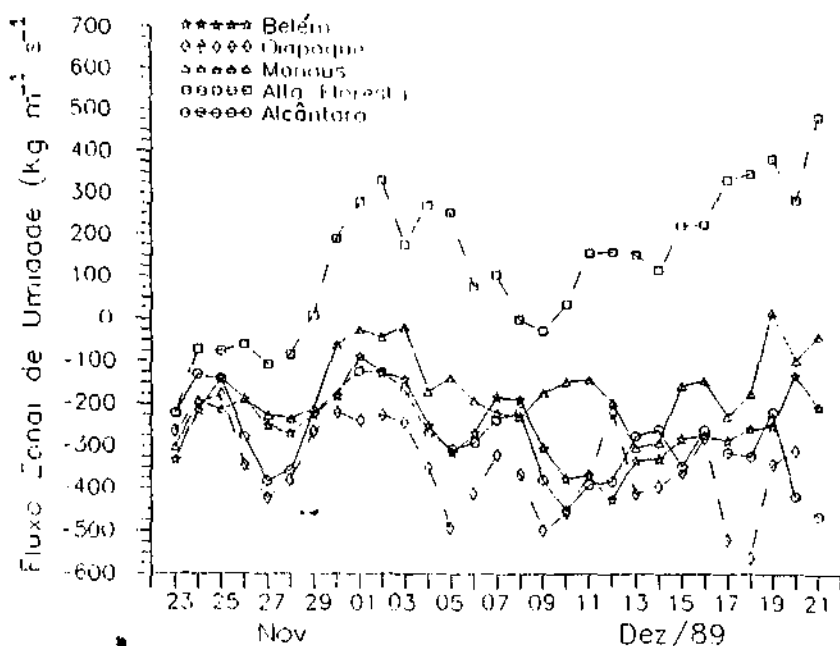
Os fluxos normais entre as estações, foram calculados com direções positivas apontadas para o centro da área do experimento.

## 3. RESULTADOS

Segundo Rocha (1991), o período do experimento FLUAMAZON, pode ser subdividido em cinco sub-períodos considerando-se: a) a distribuição espacial e temporal da nebulosidade utilizando-se imagens de satélites meteorológicos; b) distribuição espacial e temporal da precipitação; c) campo do vento e sua divergência. No primeiro sub-período (23 a 30/11/89), predominou uma forte subsidência na região, observado-se bom tempo responsável pela baixa precipitação (18,1 mm, correspondendo a 9% da precipitação do período do experimento). A in-

tensidade das chuvas começa a aumentar no segundo sub-período (01 a 07/12/89), devido a algumas linhas de instabilidade que se formaram na área, neste sub-período a precipitação acumulada foi de 29,4 mm (15% da precipitação do período do experimento). O terceiro sub-período (08 a 13/12/89), foi marcado pela propagação de sudoeste para nordeste de um aglomerado convectivo não muito intenso que causou um índice pluviométrico de 44,5 mm (22% da precipitação do período do experimento). A influência de sistemas extra-tropicais na formação de aglomerados convectivos aumentou no quarto sub-período (14 a 18/12/89), e precipitou 47,3 mm (23% da precipitação do período do experimento). No quinto sub-período ocorreram os maiores índices pluviométricos do experimento, com um total acumulado de 62,4 mm (31% da precipitação total do experimento), causado pela propagação de um aglomerado convectivo na região, aparentemente associado a um sistema extratropical. O campo do vento na baixa troposfera foi predominantemente de este durante todo o experimento.

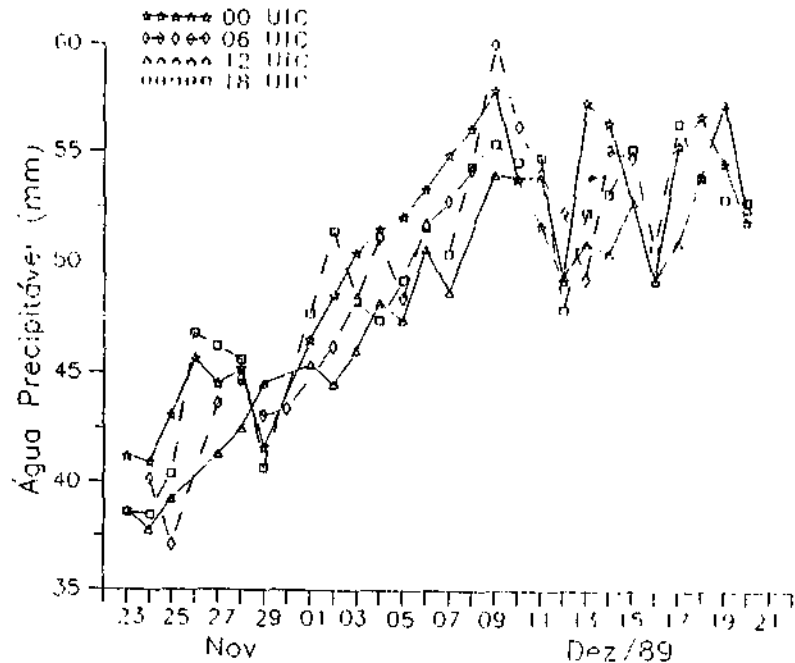
A figura 3.1 mostra a variação diária e interdiurna da água precipitável. Observa-se que existe um ciclo interdiurno com máximos tendendo a ocorrer às 18 ou 00 UTC e mínimo às 12 UTC, provavelmente associados às explosões convectivas que ocorrem na região após às 16 UTC, provocadas pelo aquecimento solar. As oscilações diárias são pronunciadas quando observam-se sistemas convectivos intensos atingindo a área do experimento (principalmente durante o quarto e quinto sub-período).



- Água precipitável média na área do polígono do experimento FLUAMAZON para cada horário de radiossondação.

O fluxo zonal de umidade é predominantemente de leste (negativo), com diminuição de intensidade nos períodos de forte atividade convectiva. A figura 3.2 mostra a existência de um ciclo diurno do fluxo zonal de umidade com a componente de leste máxima, quase sempre observada às 12 UTC e a mínima às 18 UTC, novamente este ciclo pode estar relacionado ao aumento da convecção na região amazônica no período da tarde e conse-

quente diminuição da atividade do campo horizontal do vento. A atividade convectiva geralmente é mínima ao amanhecer na área do experimento, justificando os máximos de fluxo de umidade. O fluxo zonal de umidade é bem mais sensível às perturbações que afetam a região que a água precipitável, e dependendo da intensidade do sistema convectivo pode superar as oscilações interdiurna.



- Fluxo zonal de umidade médio diário para cada estação de radiossondagem do experimento FLUAMAZON.

O fluxo meridional de umidade não tão intenso quanto o zonal e é predominantemente de norte (negativo), aumentando de intensidade nos períodos de maior atividade convectiva na região. O ciclo interdiurno também foi observado, com mínimos ocorrendo às 18 UTC e máximos quase sempre observados às 00 UTC. O ciclo diário também apresenta grandes oscilações associadas a penetrações de perturbações que afetam a área do experimento.

Os fluxos normais entre as estações do experimento mostram que a principal entrada de vapor d'água na Amazônia é através do litoral, onde o fluxo normal foi da ordem de  $274,5 \text{ Kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ . O influxo de umidade é evidente nos sub-períodos de fraca atividade convectiva na região.

#### 4. CONCLUSÃO

A análise dos termos da equação do balanço de umidade mostra a existência de um ciclo interdiurno com fluxos de umidade máximos ocorrendo pela manhã (horários de água precipitável mínima), e mínimos observados ao anoitecer (horários de máximos valores de água precipitável). A variabilidade diária das variáveis da equação do balanço de umidade tende a ser mais acentuada que a variação diurna durante as penetrações de sistemas convectivos intensos na área do experimento. As oscilações dos fluxos de umidades são mais sensíveis às penetrações

ções das perturbações que a água precipitável. A principal fonte de umidade para a atmosfera da Amazônia é proveniente do transporte oceânico de vapor d'água, que apresenta um fluxo de umidade normal ao litoral da ordem de  $274,5 \text{ Kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Cadet, D. and Reverdin, G.. Water vapor transport over the Indian Ocean during summer 1975. TELLUS, 33, 1981, pp. 476 a 486.
- Ferreira, N.. Large scale feature of the atmospheric water vapor over the Amazon Region. Ph.D. Thesis, University of Wisconsin-Madison, 1987.
- Howland, M. and Sikdar, D.. The moisture budget over the northeastern Arabian Sea during premonsoon and monsoon onset, 1979. Monthly Weather Review, 111, 1983, pp. 2255 a 2268.
- Nitta, T. and Esbensen, S.. Heat and moisture budget analyses using BOMEX data. Monthly Weather Review, 102, 1974, pp.17 a 28.
- Rocha, E.J.P.. Balanço de umidade na Amazônia durante o experimento FLUAMAZON. Dissertação de Mestrado. Departamento de Ciências Atmosféricas-USP. São Paulo, setembro de 1991.
- Silva Marques, V.; Sucharov, E. e Picanço, C.. Contribuições dos distúrbios temporais e espaciais no diagnóstico da estrutura física da atmosfera durante o período de chuvas intensas. Anais do VI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Vol.II,1990, pp.420 a 424.