

CONTRIBUIÇÕES REPRODUZIDAS NA ÍNTEGRA

AS VARIAÇÕES INTRA-SAZONAIS DA PRECIPITAÇÃO NO BRASIL DURANTE O VERÃO DE 1989/1990

Mary Toshie Kayano ⁽¹⁾
 Vernon E. Kousky ⁽²⁾
 Caarem D. Studzinski ⁽¹⁾
 Pedro L. S. Dias ⁽¹⁾

(1) Instituto de Pesquisas Espaciais - CPTEC
 12201 - São José dos Campos - SP

(2) NOAA/NWS/NMC - Climate Analysis Center
 20233 - Washington, D.C. - USA

RESUMO

São discutidas as características da circulação atmosférica associadas com a oscilação intra-sazonal as quais contribuíram para a variabilidade de precipitação extrema sobre o leste da Região Sudeste e Região Nordeste do Brasil, durante o verão do Hemisfério Sul de 1989/90. Existem algumas indicações, baseadas nas médias a cada cinco dias da Pressão ao Nível do Mar (PNM) e da Radiação de Onda Longa (ROL), que mostram que a convecção tropical possivelmente foi fortemente modulada pela oscilação intra-sazonal durante o presente verão do Hemisfério Sul.

ABSTRACT

The atmospheric circulation features associated with intraseasonal oscillation which contributed to extreme precipitation variability over eastern and northeastern Brazil during the 1989/90 southern hemisphere summer are discussed. There are some indications, based on five days means of Sea Level Pressure (SLP) and Outgoing Longwave Radiation (OLR), that the tropical convection has likely been strongly modulated by the intraseasonal oscillation during the current southern hemisphere summer.

1. INTRODUÇÃO

A variabilidade da precipitação no Brasil, sobretudo na parte nordeste, ocorre em escalas de tempo que vão de intra-sazonal a interanual. Esta variabilidade produz, algumas vezes, condições de seca extrema ou inundações que podem ocorrer no decorrer de uma mesma estação chuvosa. A variabilidade interanual tem sido associada às características de grande escala, tal como a Oscilação Sul (Hastenrath and Heller, 1977; Kousky et al., 1984; Ropelewsky and Halpert, 1987, 1989; Kayano et al., 1988; Kousky and Cavalcanti, 1988; Accituno, 1988), às variações regionais da distribuição de anomalias da temperatura da superfície do mar (Markham e McLain, 1977; Moura e Shukla, 1981) e a posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Hastenrath e Heller, 1977; Uvo e Nobre, 1989). A variabilidade intra-sazonal da precipitação tem sido associada com incursões de sistemas frontais (Kousky, 1979; Virji and Kousky, 1983; Oliveira and Nobre, 1985) e com vórtices ciclônicos de altos níveis (Kousky and Gan, 1981; Gan e Kousky, 1986).

Os estudos de Weickmann (1983) e Weickmann et al. (1985) mostraram que em alguns anos, durante o

verão do Hemisfério Sul, a convecção subtropical e tropical associada à Zona de Convergência do Pacífico Sul (ZCPS), à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e à Zona de Convergência do Índico Sul (ZCIS) parece ser modulada pela oscilação intra-sazonal com período da ordem de 30/60 dias, conhecida como Oscilação de Madden e Julian.

Casarin e Kousky (1986) encontraram, durante o verão de alguns anos, anomalias negativas de ROL propagando-se para leste com uma velocidade de fase semelhante àquela associada com as oscilações intra-sazonais. Em particular seus resultados mostraram fortes anomalias negativas de ROL na ZCPS ocorrendo com uma antecedência de 15 dias daquelas observadas na Região Sudeste e sul do Nordeste.

Em Silva Dias et al. (1988) são discutidos os detalhes da circulação atmosférica global de fevereiro de 1988, quando ocorreram precipitações anormalmente intensas no sul da Amazônia, na Região Oeste e Sudeste do Brasil. O episódio em questão esteve associado ao estacionamento da ZCAS por um período de aproximadamente 3 semanas (Silva Dias, 1988), que coincidiu com a fase favorável a precipitação da oscilação de 30/60 dias (i.e., pressão baixa sobre o continente sul-americano).

Neste artigo documentam-se algumas características da circulação atmosférica associadas com a oscilação 30/60 dias que, possivelmente, contribuíram para uma grande variabilidade na precipitação sobre os setores leste e nordeste do Brasil durante o corrente verão.

1. DADOS E METODOLOGIA

Os dados utilizados neste trabalho foram fornecidos pelo NMC/CAC. São utilizadas as médias de cinco dias dos campos de vento em 250 hPa, radiação de Onda Longa Emergente para o Espaço ROL) e sua anomalia (Kousky, 1988). Valores inferiores a 250 W/m^2 são, em geral, associados à precipitação. As médias de cinco dias foram definidas nos períodos indicados na Tabela 1.

Nas Figuras 2a, c e e, que representam o campo médio de ROL, os valores entre 210 e 240 W/m^2 estão representados por hachuras claras e valores inferiores a 210 W/m^2 , com hachuras mais escuras. Essas hachuras mais escuras em geral correspondem às áreas com precipitação intensa. Nas Figuras 2b, d e f, de anomalia de ROL, hachuras claras representam áreas com valores entre -15 e -30 W/m^2 e hachuras escuras, áreas com valores inferiores a -30 W/m^2 .

Tabela 1

Pêntada	Data inicial	Data final
07	31/01	04/02
08	05/02	09/02
09	10/02	14/02
10	15/02	19/02
11	20/02	24/02
12	25/02	01/03
13	02/03	06/03
14	07/03	11/03
15	12/03	16/03
16	17/03	21/03

3. RESULTADOS

A Figura 1 mostra a secção longitude versus tempo de anomalia de ROL, média para a faixa 5°N - 5°S . Nesta figura ficam evidentes períodos alternados de aumentos e diminuições de convecção sobre o Oceano Pacífico Central-Oeste. Na faixa de longitude entre 30° - 60°W (América do Sul) também é notável um comportamento similar da convecção, onde os valores mínimos de anomalia de ROL não ocorrem simultaneamente com

os do Pacífico Central-Oeste. É plausível que haja uma propagação descontínua desses pulsos de convecção para leste, já que na região entre as duas áreas de anomalias negativas de ROL existe uma extensa região com características desfavoráveis para a sustentação e organização da convecção profunda (águas relativamente frias e de subsidência provocada pelo intenso movimento ascendente nas vizinhanças - América do Sul e Pacífico Ocidental/Central).

Na Figura 1 os polígonos com as letras A, B e C, determinados através da localização dos mínimos de ROL e dos de pressão ao nível médio do mar (PNM), correspondem aos sinais no Pacífico Central-Oeste, e os indicados pelas letras A', B' e C' correspondem aos sinais para a região da América do Sul. O pulso associado ao polígono B, ao ser identificado no campo da pressão (figura não mostrada), parece ocorrer com máxima intensidade na pênstada 67 (27/11/89 a 01/12/89). A localização do mínimo de ROL na pênstada anterior também não é coerente com a velocidade de propagação estimada a partir do sinal do Oceano Índico. A área indicada pela letra X, que está a oeste da faixa 30° - 60°W , não parece estar associada a oscilação 30/60 dias propriamente dita mas a uma oscilação transiente de origem baroclínica.

O mínimo de anomalia de ROL na região da América do Sul, conforme mostra a Tabela 2, ocorre aproximadamente entre três e quatro pênstadas após o mínimo do Pacífico Central-Oeste (180°W). A velocidade de propagação deste sinal é similar ao encontrado por Casarin e Kousky (1986) para a oscilação intra-sazonal.

A seqüência de mapas da Figura 2 mostra a circulação atmosférica de altos níveis (250 hPa), o campo médio de ROL e de sua anomalia para a região da América do Sul e adjacências nos períodos correspondentes aos aumentos de convecção na faixa equatorial da América do Sul, mostrados na Figura 1.

Tabela 2

Sinal	Longitude	Data da Pênstada	
		Inicial	Final
A	135°E	18/10/89	22/10/89
B	165°E	27/11/89	01/12/89
C	180°W	05/02/90	09/02/90
A'	50°W	02/11/89	06/11/89
B'	45°W	22/12/89	26/12/89
C'	45°W	25/02/90	01/03/90

O aumento de convecção sobre a América do Sul (Figura 1) em meados de outubro/novembro de 1989 parece ser o primeiro pulso organizado de convecção associado à oscilação de 30/60 dias no final de 1989.

Durante este episódio convectivo, houve um deslocamento para o norte da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), intensificando a convecção sobre o leste da Região Sudeste e o Nordeste do Brasil, como mostrado nas Figuras 2a e b. Na segunda organização da convecção sobre a América do Sul, em dezembro de 1989, houve um aumento de convecção sobre uma extensa área, incluindo todo o Nordeste e parte leste da Amazônia (Figuras 2c e d). O episódio de dezembro provocou anomalias de grande intensidade do regime de chuvas, sobretudo no final do mês e foi discutido no Climanálise de dezembro de 1989. Este segundo episódio convectivo também parece estar associado à propagação da oscilação de 30/60 dias, conforme sugerido pela análise da Figura 2.

No mês de janeiro, sobretudo na primeira quinzena, supõe-se que foi a fase desfavorável da oscilação de 30/60 dias que atuou na América do Sul, produzindo inclusive uma diminuição da atividade convectiva na região tropical, conforme caracterizado na Figura 20 do Climanálise de janeiro de 1990.

Em fins de fevereiro ocorreu um acoplamento da convecção associada à ZCIT e à ZCAS, deixando porém o sul do Nordeste e parte do Brasil leste com pouca atividade convectiva. Esta mesma sequência de mapas mostra que quando ocorreu intensificação da convecção sobre o nordeste-sudeste houve inibição simultânea da convecção no sul do Brasil, Uruguai, Paraguai e centro-norte da Argentina, fato este anteriormente observado por Casarin e Kousky (1986).

A Figura 3 contém a climatologia e a anomalia de ROL para o ponto de grade localizado em 5°S e 40°W, no período de março de 1989 a fevereiro de 1990. Nesta figura nota-se uma grande variabilidade da ROL: os mínimos de dezembro e fevereiro coincidiram com um considerável aumento da precipitação em todo o Estado do Ceará (Kayano, 1990 e Figura 4).

Uma outra maneira de monitorar o sinal da oscilação 30/60 dias na atmosfera baseia-se na análise das pântadas (Tabela 1) de pressão ao nível do mar. Pela Figura 5 são acompanhadas as quedas de pressão que ocorrem sequencialmente no tempo e em regiões gradualmente mais para o leste, até que o cavado atinja a região da América do Sul. A Figura 5 também mostra o caso do evento que atingiu a América do Sul no final de fevereiro.

As técnicas elementares utilizadas para o monitoramento da oscilação de 30/60 dias são muito subjetivas e torna-se difícil distinguir sinais transientes dos da oscilação 30/60 dias propriamente dita. Uma análise mais detalhada da Figura 5 mostra claramente o alto grau de subjetividade na localização do sinal associado à oscilação de 30/60 dias. Na realidade, o acompanhamento vem sendo feito de forma conjunta, através da análise simultânea de mapas de PNM, ROL, e vento em 850 e 200 hPa. Parte da subjetividade na

análise deverá ser removida com o uso de um filtro que elimine as oscilações de menor escala espacial. A filtragem dos dados deverá ser feita através da expansão em série de Fourier na direção zonal dos dados globais de forma a permitir a análise do sinal da oscilação em suas duas componentes mais importantes, isto é, a componente zonal e a de número de onda 1 (Weickmann et al., 1985). Também deverão ser produzidos mapas de tendência de pressão a partir das análises operacionais disponíveis no National Meteorological Center.

4. CONCLUSÕES

No presente trabalho foram encontradas evidências observacionais que confirmam os resultados de Casarin e Kousky (1986) e Silva Dias et al. (1988). A alta variabilidade da precipitação tropical sobre a América do Sul durante o corrente verão também parece ter sido fortemente relacionada com a atuação da oscilação intra-sazonal. A velocidade de propagação para leste do sinal encontrada nas anomalias dos campos de ROL e de PNM foi similar àquela da oscilação 30/60 dias. Entretanto, a oscilação 30/60 dias que se apresentou de forma intensa no presente verão ocasionou uma considerável variação de precipitação em regiões mais ao norte do que aquelas mostradas por Casarin e Kousky (1986).

Os resultados apresentados ainda são preliminares, porém sugerem que em alguns verões há um grande potencial para se usar anomalias médias de cinco dias dos campos de ROL e PNM no monitoramento das condições climáticas do leste e nordeste do Brasil, a fim de aprimorar a previsão de médio prazo. Também é importante mencionar que a regularidade da oscilação de 30/60 dias não ocorre em todos os períodos de verão do Hemisfério Sul. Em certos anos, as condições de propagação do fenômeno, associadas ao perfil vertical e horizontal do campo do vento e à própria intensidade da fonte anômala de calor associada à precipitação, não permitem o desenvolvimento regular do fenômeno.

A subjetividade do método atualmente utilizado na determinação da atividade e velocidade de propagação da oscilação de 30/60 dias deverá ser substancialmente reduzida com a incorporação de técnicas de filtragem nos dados de ROL e PNM. O exemplo do pulso indicado pela letra B e o evento transiente X na Figura 1 também demonstram a necessidade de identificar a propagação efetiva do sinal desde o Pacífico Oeste. Com relação ao mecanismo de propagação, deve ser enfatizado que a dinâmica dessa propagação ainda não é bem conhecida e, portanto, será necessário fazer o monitoramento tanto na região equatorial como em latitudes médias.

O monitoramento da oscilação de 30/60 dias foi feito de forma experimental desde dezembro de 1989

pelo "South American Desk" do NMC, Grupo de Monitoramento do Tempo do CPTEC/INPE e FUNCEME. Pretende-se adotar uma metodologia mais automática a partir do próximo verão.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accituno, P. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I: Surface Climate. *Mon. Wea. Rev.* 116, 505-524, 1988.
- Casarin, D. P., and Kousky, V.E. Anomalias da precipitação no sul do Brasil e variáveis na circulação atmosférica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 1, 83-90, 1986.
- CLIMANÁLISE. Boletim de Monitoramento e Análise Climática, 4, n.º.12, 2-3, 1989.
- Climate Diagnostics Bulletin, 90(2), feb., 1990.
- Gan, M. A.; Kousky, V. E. Vórtices Ciclônicos da Alta Troposfera no Oceano Atlântico Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 1, 19-28, 1986.
- Hastenrath, S.; Heller, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 103, 72-92, 1977.
- Kayano, M. T.; Rao, V. B.; Moura, A. D. Tropical circulation and the associated rainfall anomalies during 1983-1984. *J. Climatol.*, 8, 477-488, 1988.
- Kayano, M. T. Análise das chuvas no estado do Ceará em dezembro de 1989. *CLIMANÁLISE*, 5, (2): 36-43, fev., 1990.
- Kousky, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. *Mon. Wea. Rev.*, 107, 1140-1153, 1979.
- Kousky, V.E. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American Sector. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 3, 217-231, 1988.
- Kousky, V. E.; Gan, M. A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. *Tellus*, 33, 538-551, 1981.
- Kousky, V. E., Kagano, M. T.; Cavalcanti, I. F. A. A review of the Southern Oscillation: Oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus*, 36A, 490-504, 1984.
- Kousky, V. E.; Cavalcanti, I. F. A. Precipitation and atmospheric circulation anomaly patterns in the South American sector. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 3, 199-206, 1988.
- Markham, C. G.; McLain, D. R. Sea surface temperature related to rain in Ceara, Northeast Brazil. *Nature*, 265, 320-323, 1977.
- ✓ Moura, A. D.; Shukla, J. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *J. Atmos. Sci.*, 38, 2653-2675, 1981.
- Oliveira A.; Nobre, C. A. Meridional penetrations of frontal systems in South America and its relation to organized convection in the Amazon. 16th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, Houston, Texas, May, 1985.
- ✓ Ropelewski, C. F.; Halpert, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 1606-1626, 1987.
- Ropelewski, C. F.; Halpert, M. S. Precipitation patterns associated with the high index phase of the Southern Oscillation. *J. Climate*, 2, 268-284, 1989.
- Silva Dias, P. L. As anomalias globais observadas em fevereiro e a previsão de médio a longo prazo. *CLIMANÁLISE*, 3(2): 32-33, 1988.
- ✓ Silva Dias, P. L.; Caplan, P.; Kousky, V. E. As chuvas intensas de fevereiro de 1988: Circulação global e previsibilidade. *Anais do V Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Vol 2, IX.6-IX.10, 1988.
- ✓ Uvo, C. R. B.; Nobre, C. A. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no norte do Nordeste do Brasil. Parte I: A posição da ZCIT no Atlântico Equatorial. *CLIMANÁLISE*, 4(7): 34-40, jul., 1989.
- ✓ Virji, H.; Kousky, V. E. Regional and global aspects of a low latitude frontal penetration in Amazonas and associated tropical activity. Preprints of the first International Conference on Southern Hemisphere Meteorology, São José dos Campos, SP, Brazil, 215-220, 1983.
- ✓ Weickmann, K. M. Intraseasonal circulation and outgoing longwave radiation modes during Northern Hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.*, 111, 1838-1858, 1983.
- ✓ Weickmann, K. M.; Lussky, G. R.; Kutzbach, J. E. A global-scale analysis of intraseasonal fluctuations of outgoing longwave radiation and 250 mb stream function during northern winter. *Mon. Wea. Rev.* 113, 941-961, 1985.

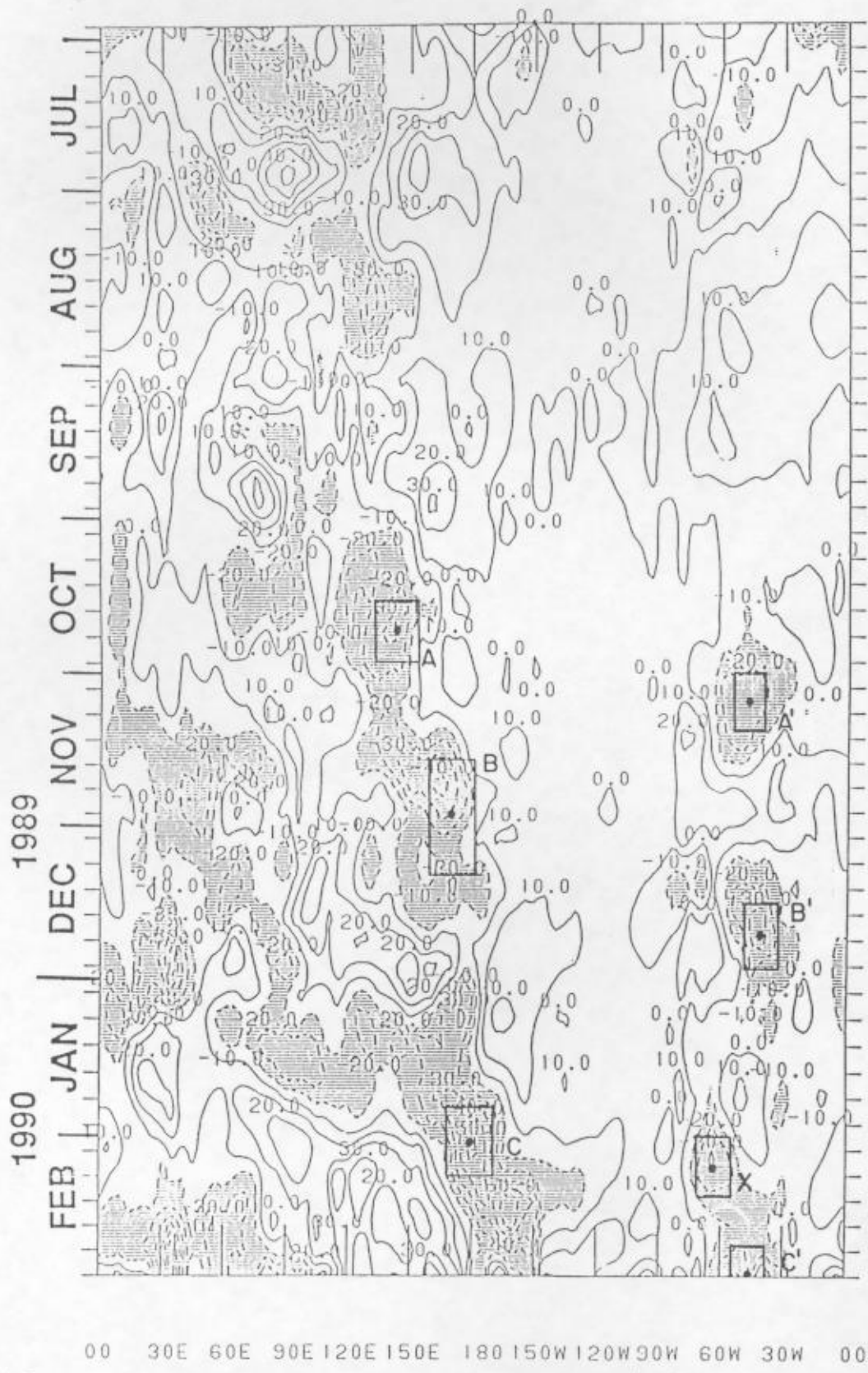
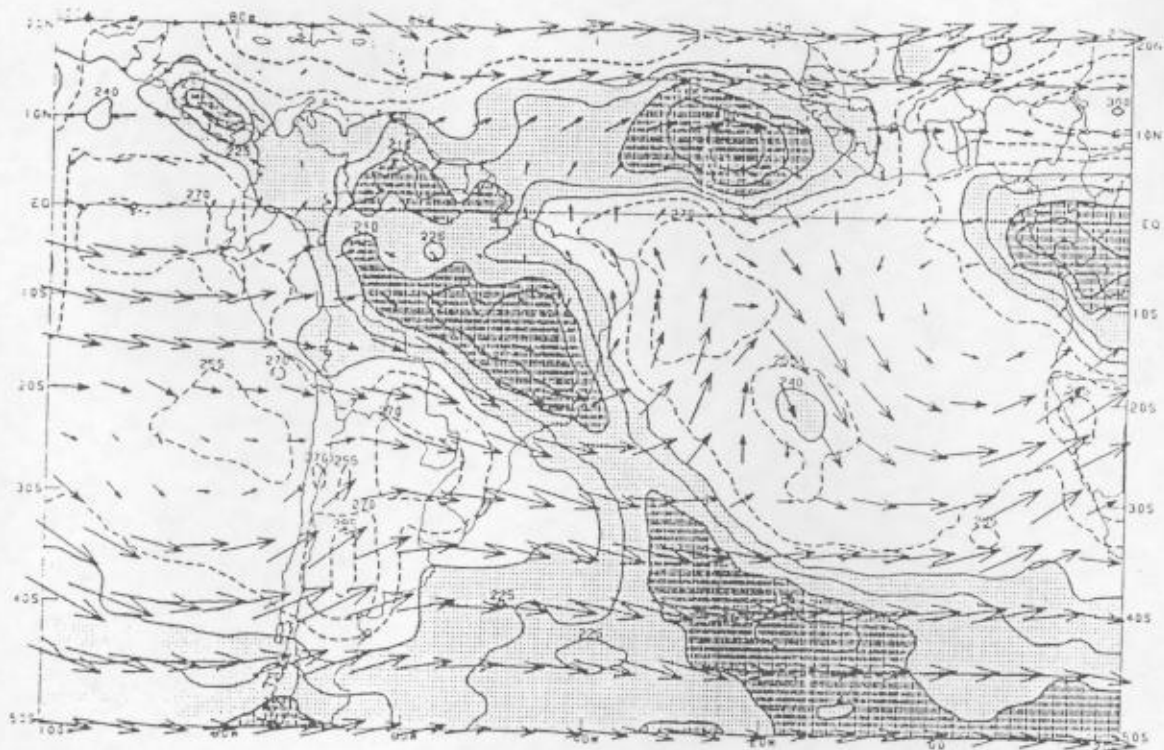
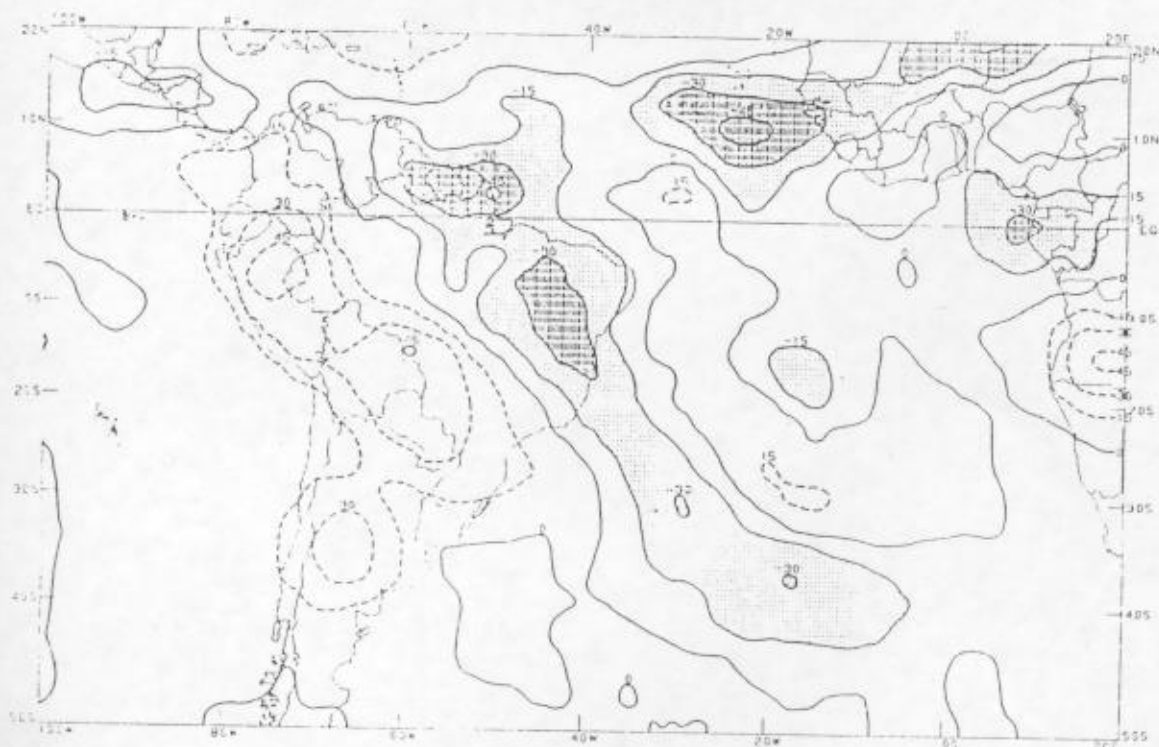


FIG. 1 - Seção tempo versus longitude de anomalias de radiação de onda longa para a faixa 5°N-5°S. As anomalias foram computadas para cada pênstada. O intervalo é 10 W/m². Isolinhãs de valores positivos (negativos) estão representadas por linhas cheias (tracejadas). Valores inferiores a -10W/m² estão hachuradas. (FONTE: Climate Diagnostics Bulletin, 1990).



a

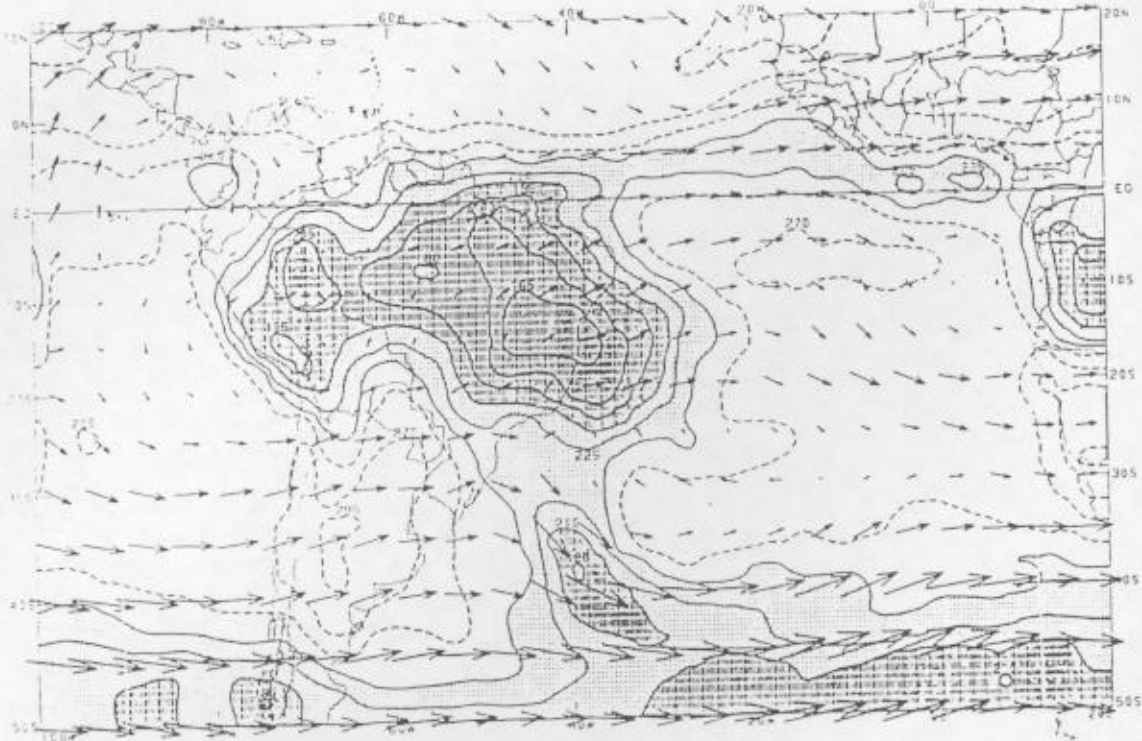
OLR/250 MB VECT WIND FOR 12-16 NOVEMBER 1989



b

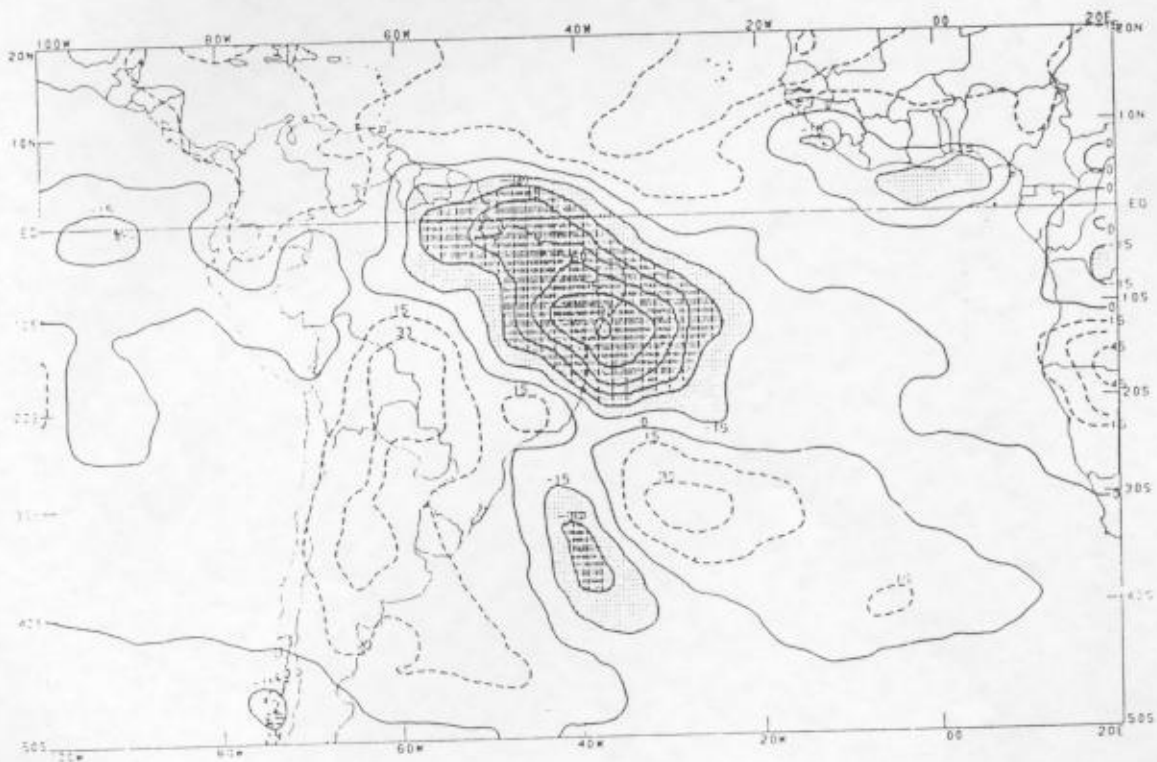
OLR ANOMALIES FOR NOAA-11, 12-16 NOVEMBER 1989

FIG. 2 - ROI, média, vento em 250 hPa e anomalia de ROI, para pñtadas selecionadas correspondentes aos aumentos de convecção no setor equatorial sul-americano. As datas estão indicadas na figura.



c

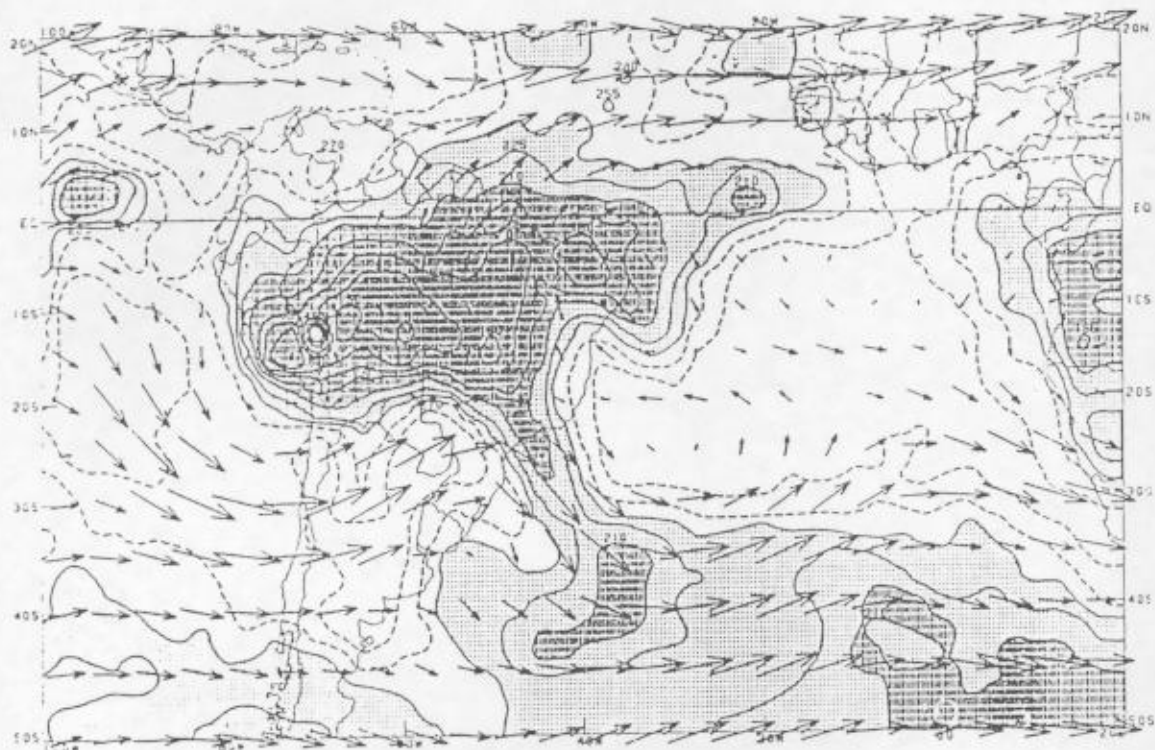
OLR 250 MB VECT WIND FOR 17-21 DECEMBER 1989



d

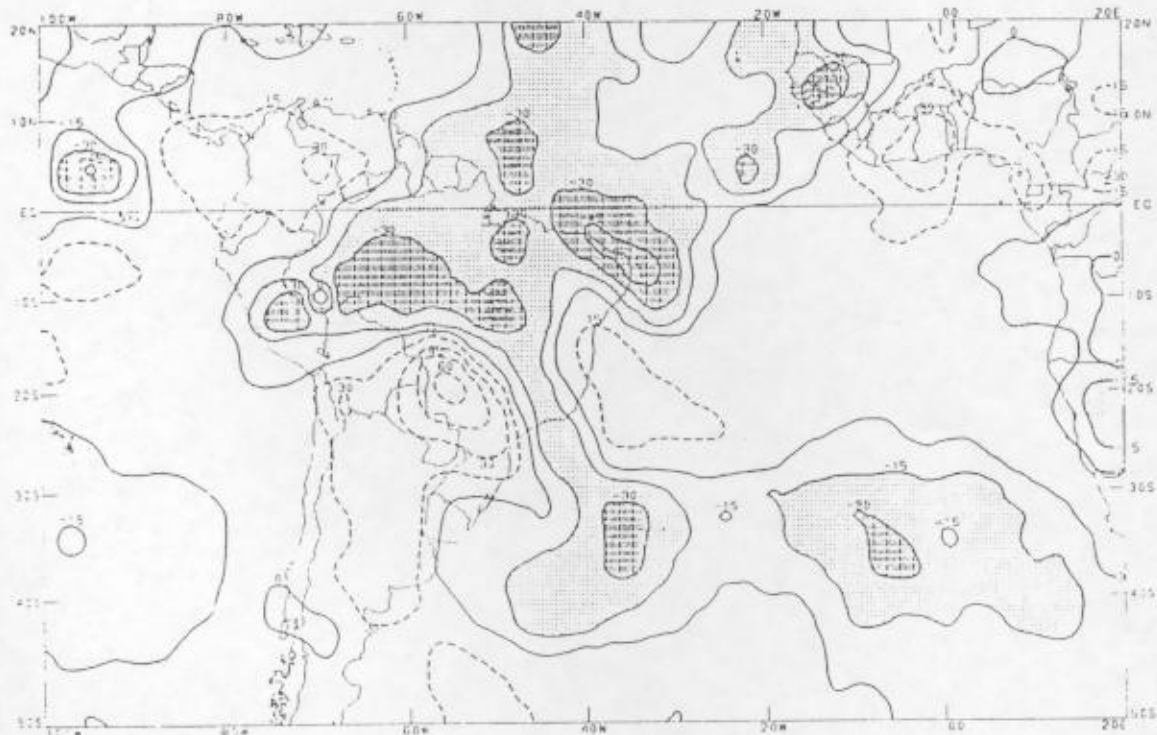
OLR ANOMALIES FOR NOAA-11, 17-21 DECEMBER 1989

FIG. 2 - Continuação.



e

CLR/250 MB VECT WIND FOR 25 FEB-1 MAR 1990



f

CLP ANOMALIES FOR NOAA-11, 25 FEB-1 MAR 1990

FIG. 2 - Conclusão.

PENTAD MEAN AND CLIM. OLR FOR 5S. 40W

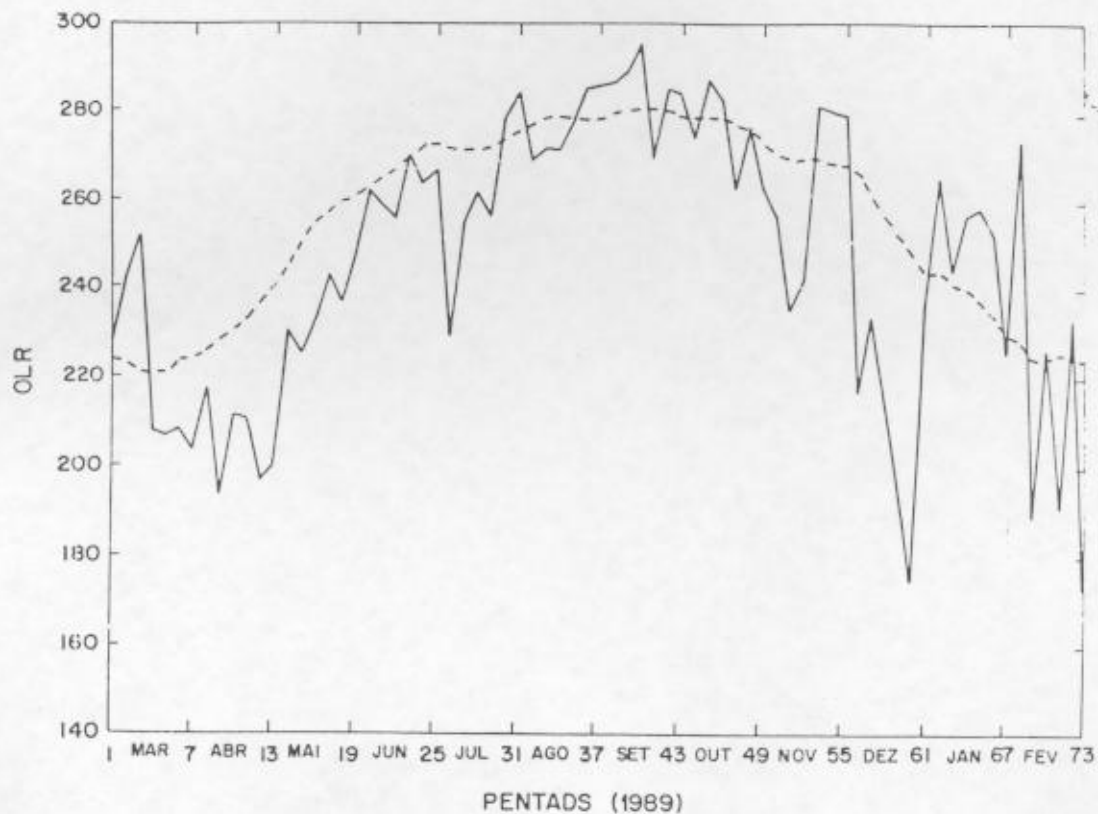


FIG. 3 - ROL e Climatologia de ROL, para 5^oS- 40^oW para março de 1989 e fevereiro de 1990. A escala horizontal representa os meses deste período.



FIG. 4 - Precipitação acumulada da pênlada de 25 de fevereiro a 1 de março 1990 para o Estado do Ceará.

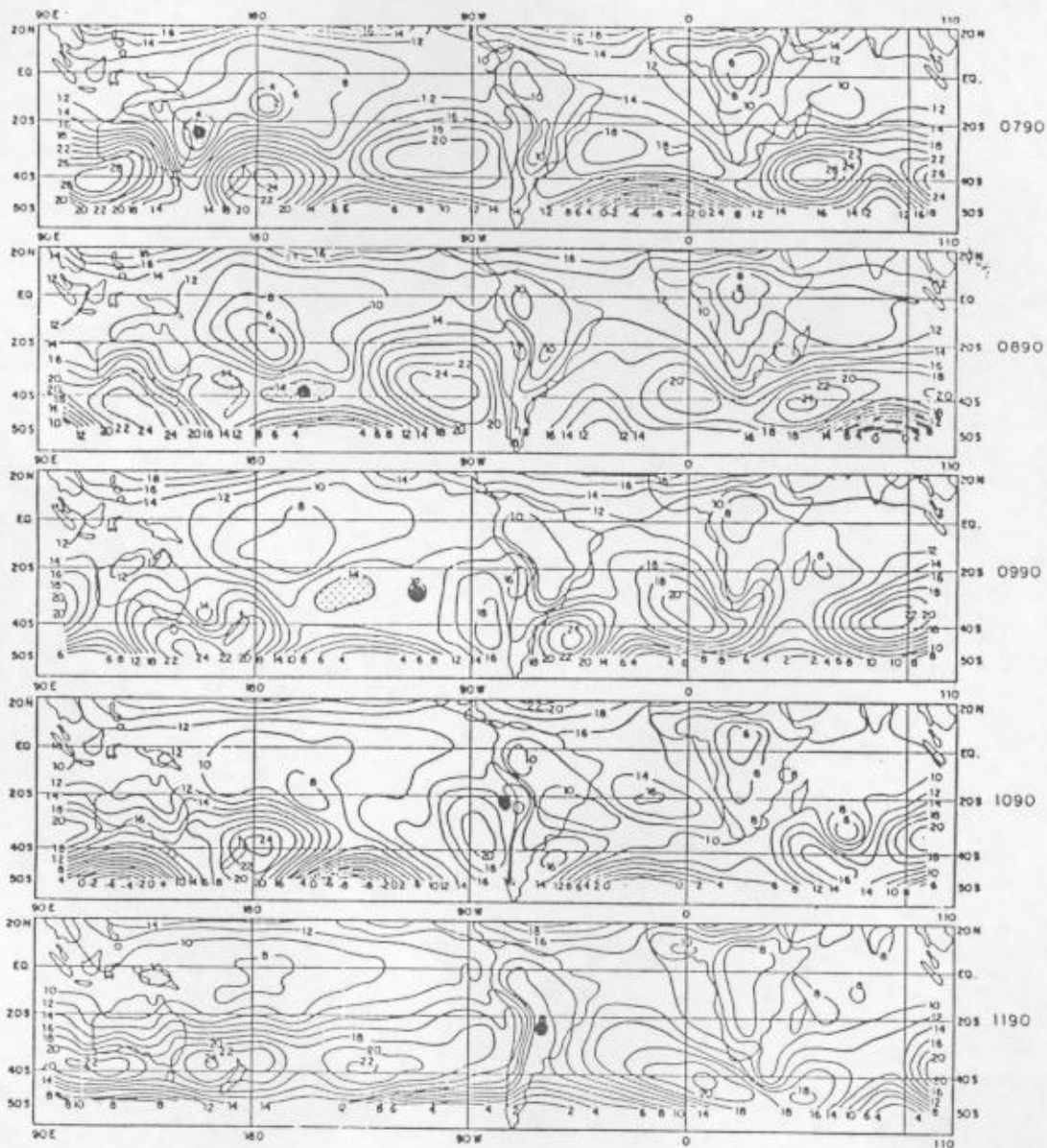


Fig. 5 - Campos médios de 5 dias de pressão ao nível do mar para o período de 31 de janeiro a 24 de fevereiro 1990. O número da correspondente pântada está indicado à direita na própria figura.