

INFLUÊNCIAS DA OSCILAÇÃO DE MADDEN-JULIAN SOBRE O NORDESTE BRASILEIRO NO FINAL DE MARÇO/1997

Carlos Alberto Repelli (1); Everaldo Barreiros de Souza; Mario Francisco Leal de Quadro; José Maria Brabo Alves; Meiry Sayuri Sakamoto

(1) Lamont-Doherty Earth Observatory of the Columbia University, Palisades-NY 10964 (USA)

RESUMO

Este trabalho apresenta um diagnóstico das condições atmosféricas de grande escala associadas com a manifestação da Oscilação 30-60 dias (Madden e Julian, 1971) observada sobre as Bacias do Pacífico e Atlântico, durante a segunda quinzena de março de 1997. A passagem da onda sobre a América do Sul interferiu nas condições meteorológicas sobre a região, resultando na ocorrência de chuvas intensas em praticamente toda a Região do Nordeste Brasileiro (**NEB**).

ABSTRACT

This work presents a diagnostic of the large scale atmospheric conditions associated with the manifestation of the 30-60 day Oscillation (Madden and Julian, 1971) observed over the Pacific and Atlantic Basins during the second half of March 1997. The presence of the wave over the South America interfered on the meteorological conditions over the region, resulting in the occurrence of heavy precipitations in almost all Region of the Northeast of Brazil (**NEB**).

1. INTRODUÇÃO

As variações climáticas intrasazonais sobre os trópicos estão associadas com alguns padrões (ou sistemas meteorológicos) de escala sinótica e de grande escala, tais como, a presença de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (**VCAS**), instabilidades provocadas pelo posicionamento das Frentes Frias, e, em alguns casos, de fenômenos de escala global, como por exemplo a Oscilação 30-60 dias. A Oscilação 30-60 dias consiste basicamente da propagação de uma onda atmosférica na direção zonal (sentido leste) ao longo da globo terrestre e em torno do Equador. Em geral, observa-se uma perturbação nos campos de pressão e convergência de ventos nos baixos níveis, originando a formação de nuvens convectivas, cuja origem se dá sobre o Pacífico Oeste. Essas oscilações constituem-se no principal fenômeno de escala intrasazonal capaz de ocasionar variações na convecção de larga escala no cinturão tropical (Kousky e Kayano, 1994).

Os primeiros trabalhos que identificaram a Oscilação 30-60 dias datam do início da década de 1970 (Madden e Julian, 1971, 1972). Os trabalhos de Lau e Chan (1983a,b) mostraram que a convecção sobre a Bacia do Oceano Pacífico Tropical geralmente apresenta movimento ascendente do ar, através de um padrão de teleconexões com as latitudes médias. Além disso, também foi mostrado que existe uma gangorra ou oscilação entre a convecção sobre o Pacífico Equatorial Central e o continente de Bornéu e Indonésia, com períodos de 2 a 3 meses e até interanuais. Foi mostrado que a oscilação 30-60 dias é ativada sobre o Oceano Índico durante o verão. Weickman (1983) mostrou que, durante o inverno boreal, uma oscilação de período similar também existe na circulação atmosférica e campos de Radiação de Onda Longa (**ROL**). Weickman et al. (1985), utilizando os dados de **ROL** e ventos em 200 hPa, através de análise estatística (análise espectral e espectral cruzada) concluíram que as flutuações no campo de **ROL**, com períodos entre 28-72 dias, estão localizadas desde o Equador até 15°S e se estendem de 60°E a 160°E, propagando-se com uma velocidade de aproximadamente 5m/s. Weickman (1983) sugeriu que estas oscilações são as componentes mais importantes das variações intra-sazonais da convecção tropical e propagam-se orientadas no sentido oeste-leste sobre o Oceano Índico, diminuindo a sua intensidade quando atingem a Indonésia e o Pacífico Equatorial Central. Quando o centro do dipolo está sobre a Indonésia a convecção anômala estende-se para sudeste e sobre o norte da Austrália até a Nova Zelândia (veja Fig. 1). Esta oscilação afeta fortemente as flutuações de

Célula de Walker sobre o Pacífico e a Zona de Convergência do Pacífico Sul (**ZCPS**). A Fig. 1 mostra esquematicamente as regiões “padrão” encontradas por Weickman et al. (1985), em que a convecção anômala oscila. As regiões 1 e 3 oscilam em fase entre si e fora de fase com as regiões 2 e 4, isto é, o desenvolvimento da nebulosidade anômala sobre o leste da América do Sul e África Equatorial tendem a coincidir com as variações de nebulosidade sobre a região 1 e 3.

Kousky e Kayano (1994) mostraram que a oscilação 30-60 dias possui, de fato, grande influência no padrão de nebulosidade sobre a América do Sul, tanto na sua fase positiva (quando a onda faz com que haja uma intensificação da nebulosidade convectiva sobre a América do Sul), quanto na fase negativa (quando a onda está inibindo a nebulosidade sobre a América do Sul). Quando a fase positiva está passando sobre a América do Sul, observa-se um aumento da convecção continental, e pode haver uma associação com a **ZCIT** (Kousky e Kayano, 1994). Devido a sua influência ser grande sobre a região do Nordeste Brasileiro (**NEB**), o conhecimento mais profundo de sua forma de atuação torna-se muito importante, pois em alguns anos quando a estação chuvosa (fevereiro a maio) do norte do **NEB** fica normal a abaixo da média climatológica, a sua influência é mais evidente e modula as variações intrasazonais das precipitações região no período de dezembro a maio.

O objetivo principal deste trabalho é fazer uma análise diagnóstica de um caso em que a Oscilação 30-60 dias manifestou-se com sua fase positiva sobre a América do Sul e África e associou-se com mudanças significativas nas condições de tempo sobre a Região do **NEB**, durante o final de março/1997.

2. DADOS E METODOLOGIA

Foram utilizados os seguintes conjuntos de dados: campos de **ROL** diário (outubro de 1996 a abril de 1997); climatologia pentadal de **ROL** 12 anos (1985 a 1997) do NCEP (*National Center for Environmental Prediction*); composição global de imagens dos satélites geoestacionários (horários sinóticos do dia 23/04/97 SSEC/University of Wisconsin); precipitação estimada entre 20 a 25/04/97 a partir das imagens horárias do satélite Meteosat-5, utilizando a técnica **NAWT** (Negri et al., 1984); e os campos meteorológicos contidos no arquivo de análises diárias geradas pelo Modelo Global do CPTEC/INPE para os dias 20 a 25/04/97. A metodologia empregada neste trabalho foi a seguinte: Primeiramente foram geradas as médias pentadais (médias de 5 dias) dos campos diários de **ROL** e subtraíram-se de suas respectivas climatologias pentadais, obtendo-se então, as anomalias. Plotou-se o diagrama (longitude versus tempo) contendo a série temporal das anomalias pentadais de **ROL**, mediadas entre as latitudes de 5°N-5°S sobre todo o globo terrestre, afim de se identificar a propagação da Oscilação 30-60 dias e sua fase. A partir da constatação da atuação da onda (Oscilação 30-60 dias), analisaram-se os parâmetros meteorológicos de grande e escala sinótica que, concomitantemente, atuaram no sentido de favorecer o episódio de chuvas intensas observadas sobre a região do **NEB** como um todo, durante o final de março de 1997.

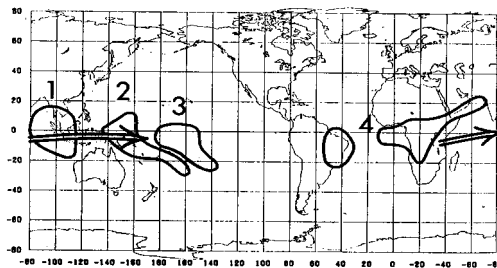


Fig. 1: Evolução esquemática das oscilações no campo de **ROL** com escala de tempo entre 28-72 dias. O ciclo de nebulosidade propaga-se na direção especificada pela seta, ou seja, de 1 para 2, 3 e 4, respectivamente, sendo que as regiões 1 e 3 oscilam fora de fase com as regiões 2 e 4. FONTE: Weickmann et al. (1985), pg. 948.

3. RESULTADOS

3.1 - Identificação da fase da Oscilação 30-60 dias

A Fig. 2 mostra o diagrama longitude versus tempo das anomalias pentadais de **ROL** desde 1 de outubro de 1996 até 20 de abril de 1997. Observa-se entre as longitudes de 60E e 160W, desde o mês de novembro de 1996, uma sequência de núcleos de anomalias negativas de **ROL** (associado à

nebulosidade convectiva mais ativa do que o normal) propagando-se no sentido oeste-leste e levando em média 30 dias para percorrer esta distância. Em torno de 60W e 40W percebe-se também a presença de núcleos de **ROL** mais intensos do que o normal, periodicamente. Nota-se que existe um período de aproximadamente 30 dias entre o núcleo existente na região 2 e o que aparece sobre a região 4. Sobre a faixa compreendida entre 160W a 60W, a evolução desta nebulosidade anormalmente negativa não é evidente, possivelmente pelo fato de que próximo ao Pacífico leste a atmosfera é bastante estável (devido à própria ressurgência de águas frias naquele local). Pode-se notar que durante o mês de dezembro de 1996, a fase positiva da onda esteve atuando fortemente entre as latitudes 60W a 150W. A evolução dos padrões alternados de **ROL** anormalmente positivo e com período em torno de 60 dias sugere que seja devido à manifestação da oscilação 30-60 dias atuando sobre as regiões 4a e 4b em torno da quinta. pênstada do mês de março de 1997.

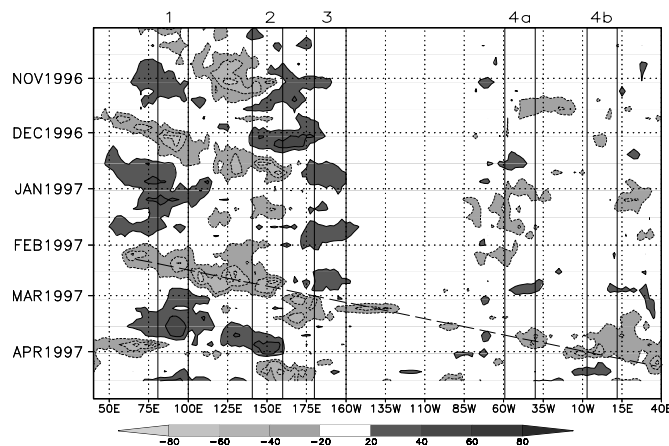


Fig. 2: Série temporal das anomalias pentadais de **ROL**, mediadas entre 5°N-5°S ao longo do globo, de 1 de outubro de 1996 até 20 de abril de 1997. O espaçamento entre as isolinhas é de 20Wm². As regiões 1, 2, 3 e 4 referem-se às mesmas mostradas na Fig. 1. A linha tracejada indica a propagação da onda associada à Oscilação 30-60 dias que influenciou as chuvas sobre o **NEB**.

Assim, conclui-se que entre dezembro de 96 até início de abril de 97, as fases positiva e negativa da oscilação 30-60 dias estiveram evidentes ao longo do Equador, e em particular, sobre a América do Sul. Dessa forma, sugere-se que a fase positiva da onda foi a principal responsável pelos eventos de chuva ocorridos em finais de março de 97 sobre a região **NEB**.

A estação chuvosa do norte do **NEB** é centrada entre os meses de fevereiro a maio. De acordo com o monitoramento de clima feito operacionalmente na **FUNCEME** (Boletins de Fevereiro a Abril de 1997), até o início da segunda quinzena do mês de março de 97 as chuvas sobre a região estiveram bastante abaixo da média em quase todos os estados, e ainda assim ocorreram de formas isoladas. Com a passagem da onda; ou seja, a partir do início da atuação de sua fase positiva sobre a região, houve um favorecimento das condições meteorológicas para ativar a convecção e iniciarem as chuvas a partir do dia 21 de março de 97.

A Fig. 3 mostra a composição das imagens infravermelhas dos satélites geoestacionários para o dia 25 de março de 97, as 15 h **GMT**; gerada pelo **SSEC-UW** (Space Science and Engineering Center da University of Wisconsin). Nota-se que a nebulosidade sobre a América do Sul está deslocada para o setor leste e nordeste; estando a região Amazônica praticamente sem convecção. Nota-se ainda a presença de uma frente fria estacionada na altura do Espírito Santo. Sobre o continente Africano, observa-se que a nebulosidade que normalmente se encontra sobre a Floresta do Congo (Africa Central), está deslocada para leste, sobre o Golfo da Guiné. Estas características de configuração são devidas à presença da fase positiva da Oscilação 30-60 dias, e que esteve atuando próximo à América do Sul e Oceano Atlântico (conforme descrito na Fig. 1). Na secção seguinte é feita uma análise das condições sinóticas da atmosfera durante o período de 22 a 25 de março de 97, quando a fase positiva da onda iniciou sua atuação, provocando as chuvas sobre a região do **NEB**.

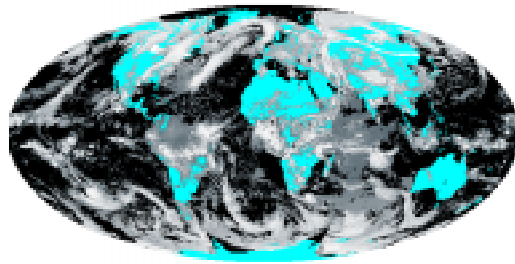


Fig. 3: Composição global das imagens dos Satélites Geostacionários no dia 25/03/97, às 15:00 horas, gerada pelo Space Science and Engineering Center da University of Wisconsin (SSEC-UW).

3.2. Condições sinóticas e de grande escala no período de 22 a 25/março/1997

A manifestação da Oscilação 30-60 dias sobre a América do Sul e África provocou uma intensificação da convecção de grande escala nessas regiões (veja Fig. 4), principalmente, durante os dias 22 a 25 de março de 1997. Nesse período, o aumento da convecção propiciou o estacionamento de uma Frente Fria que encontrava-se no litoral da Bahia e ao mesmo tempo, contribuiu para o deslocamento levemente ao sul do Equador da Zona de Convergência Intertropical (**ZCIT**) sobre o Atlântico Ocidental. Nos campos médios entre os dias 22 a 25/03/97 (Fig. 5) observou-se o eixo de confluência dos alisos inclinado sobre o Estado do Ceará, e oeste do Atlântico Equatorial, acompanhado de convergência e baixa pressão à superfície com conseqüente movimento ascendente do ar. Essas características estenderam-se por toda a região do **NEB** até a Bahia, intensificando a Frente Fria posicionada no litoral bahiano. O deslocamento da Alta da Bolívia para o Mato Grosso (Fig. 4a), acompanhada do desintensificação da nebulosidade sobre a região Amazônica para leste estão fisicamente relacionados, pois de acordo com os estudos de De Maria (1985), a formação e posicionamento da Alta é devido à dispersão das Ondas de Rossby oriundas de uma perturbação na atmosfera provocada pela presença de uma fonte de calor tropical (a convecção Amazônica, no caso). Como a nebulosidade do continente Sul Americano deslocou-se para leste, com a presença da Oscilação 30-60 dias, conseqüentemente, houve também um deslocamento da Alta da Bolívia na mesma direção. O mesmo ocorreu com o cavado que se encontrava dias anteriores sobre o **NEB**. Com a presença da onda ele também foi deslocado para leste, permitindo a diminuição da estabilidade atmosférica nas proximidades do **NEB**, ou seja fez com que houvesse uma diminuição ou até supressão da subsidência sobre a região.

Portanto, a manifestação em conjunta da convecção de grande escala, intensificada pela presença da Oscilação 30-60 dias com a instabilidade provocada pela Frente Fria na Bahia e a influência da **ZCIT** sobre o Ceará, compuseram os fatores responsáveis pela ocorrência de precipitações intensas observadas em praticamente todos os estados que compõem a região do **NEB** (como pode ser visto na Fig. 5)

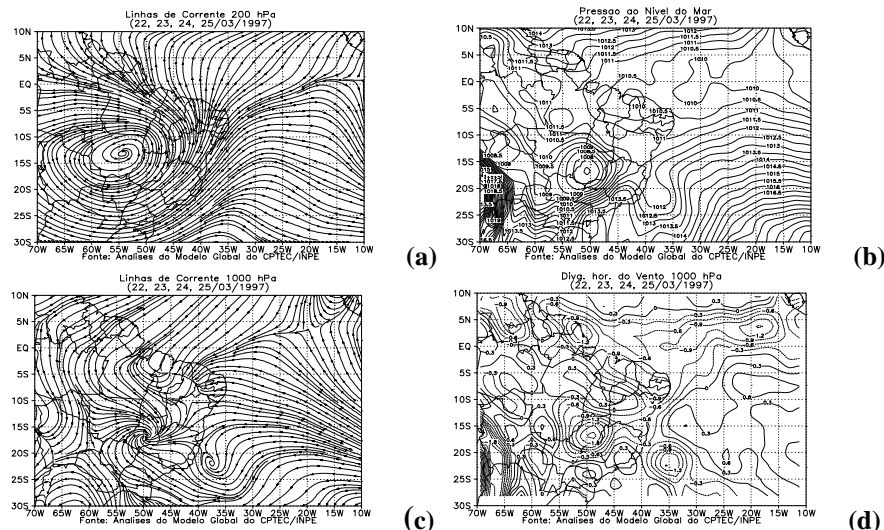


Fig. 4: Campos meteorológicos médios para os dias 22 a 25 de março de 1997 das 09:00 h local; obtidos através das análises do Modelo de Circulação Geral da Atmosfera do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

(CPTEC/INPE). a) Linhas de corrente em 200 hPa; b) Pressão ao nível do mar; c) Linhas de corrente em 1000 hPa e d) Divergência do vento em 1000 hPa.

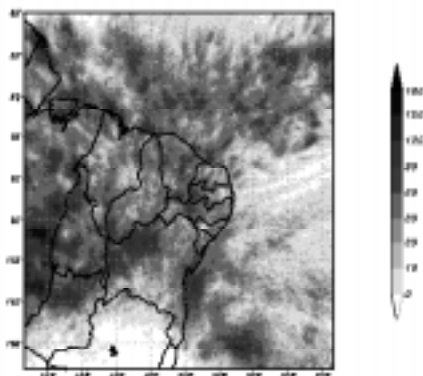


Fig. 5: Precipitação estimada a partir das imagens horárias do satélite Meteosat-5, gerada na **FUNCEME**, através da técnica **NAWT** (Negri et al, 1984).

4. DISCUSSÕES FINAIS

Observou-se que durante os últimos 5 meses, a partir de março de 1997, a Oscilação 30-60 dias esteve bastante evidente na evolução temporal dos campos de anomalia de ROL mediados em torno do Equador (5S a 5N); bem como sua fase e efeitos sobre a convecção sobre o nordeste da América do Sul, se estendendo até a África. Através das análises diagnósticas dos campos meteorológicos, pôde-se comprovar que mesmo durante um ano em que as condições de grande escala (padrões de anomalias de **TSM**, vento e pressão sobre o Oceano Atlântico), como 1997, não são muito favoráveis para precipitações acima da média sobre o **NEB**, a passagem da onda pode gerar condições para ativar a convecção e iniciarem as chuvas estacionais da região, durante um período de 5 a 15 dias. Assim, o contínuo monitoramento da evolução da onda portadora da Oscilação 30-60 dias, bem como sua predictabilidade, são extremamente importantes para se conhecer e prognosticar a variabilidade intrasazonal do regime de chuvas do **NEB**.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- De Maria, M., 1985. Linear response of a stratified tropical atmosphere to convective forcing. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 42: 1944-1959.
- Kayano, M. T. and Kousky, V. E. Sobre o monitoramento das oscilações intrasazonais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 7: 593-602, 1992.
- Kousky, V. E. and Kayano, M. T. Principal modes of outgoing longwave radiation and 250-mb circulation for the South American sector. *Journal of Climate*, 7: 1131-1143, 1994.
- Lau, K. M. and Chan, P. H., 1988. Intraseasonal and interannual variations of tropical convection: A possible link between the 4-50 days oscillation and ENSO?. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 45(3): 506-521.
- Madden, R. A. and Julian, P. R., 1971. Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 28: 702-708.
- Madden, R. A. and Julian, P. R., 1972. Description of global-scale circulation cells in the tropics with a 40-50 days period. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 29: 1109-1123.
- Negri, A. J.; Adler, R. F. and Wetzel, P. J., 1984. Satellite rain estimation: An analysis of Griffith-Woodley Technique. *Journal of Ap. Meteorological*, 23, 102-106.
- Weickmann, K. M., 1983. Intraseasonal circulation and outgoing longwave radiation modes during northern hemisphere winter. *Monthly Weather Review*, 111: 1838-1858.
- Weickmann, K. M., Lussy, G. R. and Kutzbach, J. E., 1985. Intraseasonal (30-60 days) fluctuations of outgoing longwave radiation and 250 mb streamfunction during northern winter. *Monthly Weather Review*, 113 941-961.