

PADRÕES CLIMÁTICOS DOS VÓRTICES CICLÔNICOS EM ALTOS NÍVEIS NO NORDESTE DO BRASIL, PARTE III: ANÁLISE OBJETIVA

María Cleofé Valverde Ramírez

Mary Toshie Kayano

Nelson Jesus Ferreira

e-mail: valverde@met.inpe.br

Av. dos Astronautas, 1758 - Jd da Granja - São José dos Campos - São Paulo

CEP 12227 - 010 - Telefone: (012) 3456639.

Abstrac

The first empirical orthogonal function (EOF) mode of the 200 hPa relative vorticity shows a wave like pattern extending northeastward from the southern South America towards equatorial South Atlantic. This mode represents the midlatitude trough, the amplified ridge and the upper level cyclonic vortices (VCANs) suggesting northward propagation of momentum and energy. For a small area within the study domain, the first mode represents the VCAN over the ocean and the second mode, the VCANs over Northeast. Correlation maps between the amplitudes of these modes and the filtered time series of the 200 hPa relative vorticity for the whole study area indicate a relationship between the South Pacific trough (120°W - 140°W) and the wave like pattern over South America. Thus, the presence of this trough might have some contribution to the VCAN's formation.

1. Introdução

A técnica de Funções Ortogonais Empíricas (EOFs) tem sido usada para analisar diversos campos escalares e para se estudar os padrões atmosféricos dominantes relacionados com fenômenos de várias escalas de tempo e espaço (Legler, 1983). A descrição matemática desta técnica pode ser encontrada em Kutzbach (1967). Nesta parte do estudo propõe-se utilizar esta técnica para objetivamente determinar os padrões atmosféricos característicos associados aos vórtices ciclônicos de altos níveis do Nordeste do Brasil (VCANs). Este sistema afeta a precipitação do Nordeste do Brasil e ocorre principalmente na primavera e verão do Hemisfério Sul (Kousky e Gan, 1981).

2. Dados e Metodologia

Os dados utilizados são as componentes zonal e meridional do vento em 200 hPa, diárias das 12:00 UTC do período de 1980 a 1989, obtidos do modelo de previsão de tempo do European Centre for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF). Tais dados estão em pontos de grade, cuja resolução é de 2,5 graus de latitude e de longitude. A área de estudo é limitada entre 20°W e 140°W e entre 20°N e 40°S.

As análises foram feitas para o verão (dezembro, janeiro e fevereiro), época na qual existe maior ocorrência de vórtices. Nestas análises utilizou-se a componente vertical da vorticidade relativa que melhor representa a intensidade da circulação ciclônica ou anticiclônica e também reflete a dinâmica dos sistemas que atuam nos trópicos, calculada pela expressão:

$$\xi = \frac{\partial v}{a \cos \phi \partial \lambda} - \frac{\partial u}{a \partial \phi} + \frac{u \tan \phi}{a}$$

onde: ξ é a vorticidade relativa (s^{-1}), u e v são as componente zonal e meridional do vento (m/s), a é o raio médio da terra (m), ϕ é a latitude (radianos), λ é a longitude (radianos).

As anomalias diárias da vorticidade relativa em 200 hPa foram obtidas em relação à média climatológica de verão. Para focalizar nas oscilações com períodos de 5 a 20 dias, as anomalias diárias foram filtradas em tempo com um filtro “passa-banda” de Lanczos (Duchon, 1979).

As EOFs das anomalias diárias de vorticidade filtrada para os nove verões foram calculadas para a área de estudo e para uma área menor inserida nesta. A área menor, compreendida entre 50°W-20°W e 5°N-20°S, foi escolhida para isolar o VCAN. As amplitudes (componentes principais) dos modos da análise para a área pequena foram correlacionadas com as séries temporais das anomalias diárias da vorticidade relativa filtrada em cada ponto de grade da área de estudo. Para avaliar as diferenças entre os nove verões as correlações foram feitas separadamente para cada verão, ou seja considerando a parte da série de amplitudes de cada verão e as séries das anomalias de vorticidade filtrada correspondentes. Estas correlações estão mostradas em mapas de correlações.

3. Resultados

O modo 1 explica 5,9% da variância total dos dados filtrados. Embora esta porcentagem seja pequena, existem valores de “loading” até 0,6 o que significa que este modo regionalmente pode explicar 36% da variância total. O modo 1 (Figura 1) mostra um padrão de ondas que se estende desde o Pacífico Sudeste, leste da América do Sul até o Atlântico Sul nas proximidades do equador. O padrão de ondas aparentemente representa o cavado de latitudes médias (CLM) no sudeste do Brasil, a crista amplificada no Nordeste estendendo-se para o Atlântico Sul e o VCAN no Atlântico próximo ao leste do Nordeste. Isso concorda com os resultados da Parte II obtidos subjetivamente, que mostram alta porcentagem de VCANs originando-se a partir da amplificação da crista localizada a W-SW dos VCANs. Na análise subjetiva, foram encontradas outras características que contribuem para a amplificação da crista, como a conexão dos cavados do Atlântico Norte (CAN) e Pacífico Sul (CPS) com a alta da Bolívia (AB). Assim, o padrão do modo 1 sugere que os CAN e CPS podem ter papel secundário na amplificação da crista, comparados com a incursão dos CLMs para latitudes baixas. O padrão de ondas sobre a América do Sul tem direção SW-NE, com um núcleo mais intenso sobre o sul do Brasil, que sugere uma forte interação entre perturbações extratropicais e tropicais, e o transporte de momentum e energia para norte. O padrão de ondas no Pacífico embora mais fraco sugere a existência da propagação de ondas desde o Pacífico sudeste (provavelmente desde a zona de convergência do Pacífico Sul - ZCPS) até a costa leste da América do Sul, a qual está ligada com os VCANs.

As amplitudes do modo 1 (Figura 2) mostram que o padrão relacionado aos VCANs tem um período de 11 dias. Para obter informações sobre a variabilidade interanual do padrão, calculou-se a variância corrida de 11 pontos das amplitudes (Figura 3). Nos verões de 1980-81, 1981-1982 e 1987-1988 existe variabilidade relativamente maior que nos demais anos. A análise subjetiva sugeriu que isso está relacionado com VCANs mais intensos. Nos verões de “La Niña” (1984-1985, 1988-1989) as variâncias são menores, em particular no verão de 1988-1989.

Os modos 1 e 2 para a área menor, na qual freqüentemente são encontrados os VCANs, explicam 14,7% e 13% da variância total filtrada, respectivamente. O modo 1 representa o padrão de formação do VCAN sobre oceano e o modo 2 o VCAN deslocado sobre o Nordeste Brasileiro e portanto em fase mais desenvolvida (Figura 4).

Os mapas de correlações correspondentes ao modo 1 da área pequena são mostrados na Figura 5. Em todos os verões ocorre o padrão de ondas na direção SW-NE, porém, as características variam de um verão a outro. Os padrões de cada verão foram analisados separadamente e comparados com o padrão climatológico da Figura 1. Para amplitudes positivas, correlações negativas (positivas) correspondem a anomalias negativas (positivas) de vorticidade relativa, portanto circulação horária (anti-horária) anômala. O padrão de ondas dominante em todos os verões, que se estende no leste e sul da América do Sul, representa o CLM, a crista amplificada e o VCAN sobre o Nordeste. Na área central da AB não foram encontradas correlações altas, mas sim nos setores leste da AB e oeste do cavado do Nordeste. A amplificação da AB no seu setor leste resulta em crista associada amplificada que reflete em correlações altas e toma parte no padrão dominante. Para os anos de El Niño (1982-

1983 e 1986-1987), o modo 1 evidencia um padrão de ondas no Pacífico Tropical Sul. Nos verões de “La Niña”, o padrão de ondas sobre o Pacífico não está bem definido e nos outros verões, ocorrem correlações negativas sobre o Pacífico Sul (110°W-130°W) associadas ao CPS. Os mapas de correlações para o modo 2 mostra um padrão de ondas mais fraco (Figura não mostrada).

4. Conclusões

A característica dominante da vorticidade relativa em 200 hPa na escala de tempo de 5 a 20 dias é um padrão de ondas orientado de SW para NE estendendo-se sobre o leste e sul da América do Sul e Atlântico Sul e representa o CLM, a crista amplificada e o VCAN no Nordeste e regiões oceânicas adjacentes. Isto confirma o mecanismo de formação sugerido por Kousky e Gan (1981). Este padrão de ondas sugere que ocorre transporte de momentum e energia para o norte, com a intensificação do jato subtropical sobre o sul do Brasil desempenhando provavelmente um papel importante na formação do VCAN.

O modo 1 da área menor representa o VCAN em seu estágio de formação no Atlântico próximo ao Nordeste do Brasil. O modo 2 mostra o padrão do VCAN no Nordeste do Brasil, ou seja, um VCAN em estágio mais desenvolvido. Os mapas de correlações associadas ao modo 1 tem como característica dominante um padrão de ondas estendendo-se sobre o leste e sul da América do Sul, representando o CLM, a crista amplificada e o VCAN sobre o Nordeste. Para verões de “El Niño” o modo 1 apresenta um padrão de ondas no Pacífico em concordância com os resultados de Grimm (1992) e nos outros verões, a presença do CPS entre 120°W-140°W, o que poderia indicar teleconexões entre a região do Pacífico Subtropical leste e a gênese do VCAN como sugerido por Obregon (1991). Os mapas de correlações do modo 2 mostram as características mais marcantes em geral confinadas na região da crista amplificada e do VCAN no Nordeste.

5. Referências Bibliográficas

- 1 - Duchon, C. Lanczos filtering in one and two dimensions. **Journal of Applied Meteorology**, 18: 1016-1022, Aug.1979.
- 2 - Grimm, A. M. **Influência remota de fontes tropicais anômalas de calor**. (Dissertação de Doutorado em Meteorologia) Universidade de São Paulo. Instituto Astronômico e Geofísico. São Paulo, USP 1992.
- 3 - Kousky, V.E.; Gan, M.A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. **Tellus**, 36(5):538-551, Dec. 1981.
- 4 - Kutzbach, J.E. Empirical eigenvectors of sea level pressure, surface temperature and precipitation complexes over North America. **Journal of Applied Meteorology**. 6:791-802 Oct. 1967.
- 5 - Legler, D. M. Empirical orthogonal function analysis of wind vectors over the tropical Pacific region. **Bulletin of the American Meteorological Society** 64(3): 243-241 Mar 1983.
- 6 - Obregon, G.O. **Teleconexões no campo de vorticidade relativa durante o verão de 1979/1980 do Hemisfério Sul**. (Dissertação de Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 1991. (INPE-5308-TDI/458).

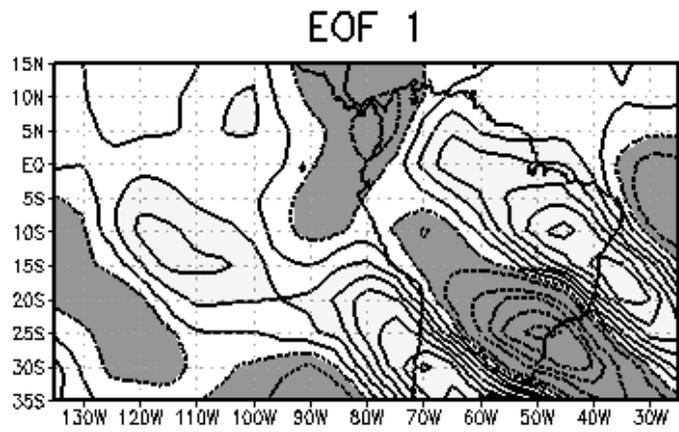


Fig. 1 - Configuração do modo 1 para a vorticidade relativa em 200 hPa para o verão. Loadings negativos (positivos) são mostrados com linhas pontilhadas (solidas). As áreas escuras (claras) indicam loadings menores (maiores) que -0.2 (0.2)

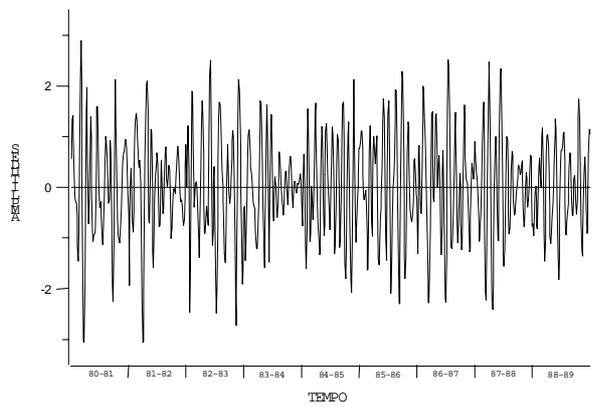


Fig. 2 - Amplitudes correspondente ao modo 1 da Figura 1

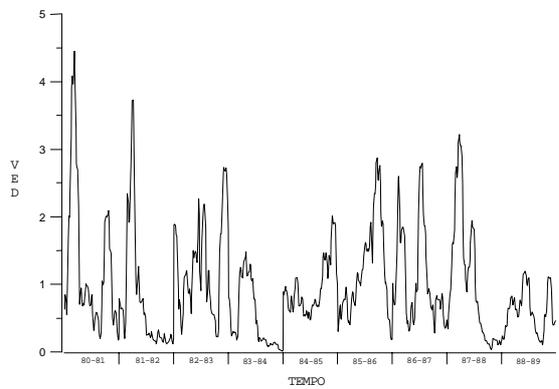


Fig. 3 - Variância corrida das amplitudes mostradas na Figura 2

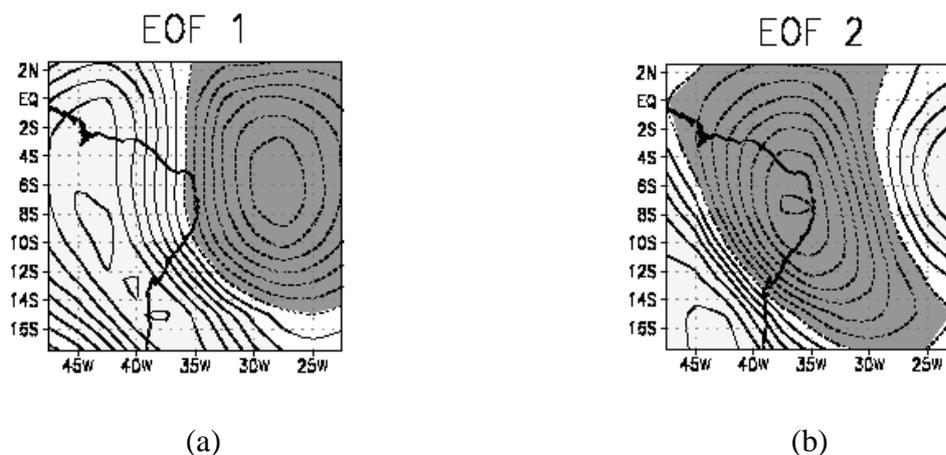


Fig. 4 - Configuração das anomalias da vorticidade relativa em 200 hPa para o verão: a) modo 1 e b) modo 2.

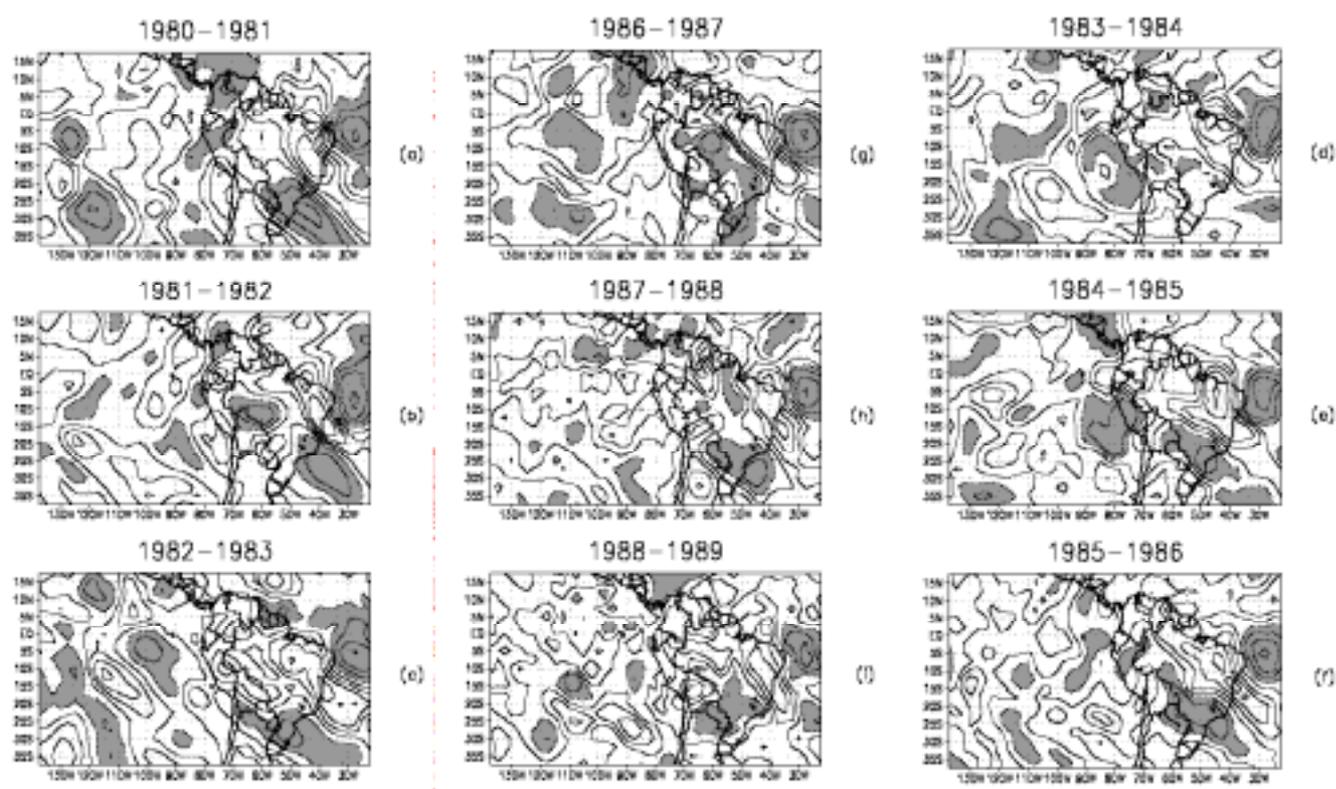


Fig. 5 - Mapas de correlações para os nove verões correspondentes ao modo 1 da Figura 4. Loadings negativos (positivos) são mostrados com linhas pontilhadas (sólidas). As áreas escuras (claras) indicam loadings menores (maiores) que -0.2 (0.2)