

MÉTODO OBJETIVO QUE IDENTIFICA VÓRTICE CICLÔNICO EM ALTOS NÍVEIS NA REGIÃO TROPICAL

Michelyne Duarte Leal Coutinho, Manoel Alonso Gan, Vadlamudi Brahmananda Rao

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos – SP, Bra. mduarte@cptec.inpe.br.

RESUMO: Este estudo apresenta um método objetivo, baseado na vorticidade relativa, para identificar vórtices ciclônicos em altos níveis que atuam na região tropical. Esses sistemas sinóticos são causadores de totais de precipitação significativos em algumas áreas desta região, como o Nordeste do Brasil, e apresentam um movimento irregular que tornam as previsões de tempo complexas. A validação do método foi feita para o período de 2002 a 2006 com dados de Reanálises do National Centers for Environmental Prediction/National Centers for Atmospheric Research (NCEP/NCAR). Neste estudo foram mostrados a distribuição espacial dos casos identificados no verão de 2002-2003, e o número de ocorrência dos vórtices obtido pela validação do método e por imagens de satélite no canal do vapor d'água, fornecidas pela Divisão de satélite Ambiental (DAS) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). Os resultados mostraram bom desempenho do método em identificar algumas características dos sistemas, como: número de ocorrência, posicionamento, deslocamento e região de formação, embora tenham identificado um caso a mais em alguns anos do período em estudo. As imagens de satélite identificaram um número de vórtices inferior em todos os anos, embora com pequena diferença.

Palavras-chave: vórtice ciclônico em altos níveis, região tropical, método objetivo.

ABSTRACT: This study develops a objective method based in relative vorticity to identify the upper-tropospheric cyclonic vortices that form in the tropical region. Significant total precipitation is provoked by this synoptic system in some areas of this region, as the notheast Brazil. This system shows a irregular movement becoming complex the wheather forecasts. The objective method validation was made using Reanalysis data from the National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) from 2002 to 2006. In this study we showed just the spatial distribution of events that was identified during the summer 2002-2003, beside the vortex number occurrence identified by the method and the water vapour channel satellite pictures provided by Divisão de satélite Ambiental (DSA) of Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). The results showed that the method performace has a good skill to identify some characeterists of this system as: ocorrence number, position, displacement and formation region, although one more event was identified in some years by the objective method. In the satellite pictures was identificated a lower number of vortices in every years.

Key-words: upper-tropospheric cyclonic vortex, tropical region, direct method.

1. INTRODUÇÃO

Um bom conhecimento do comportamento de sistemas transientes implicará em uma melhora na previsão de tempo de curto prazo, favorecendo subsídios de prevenção nos diferentes âmbitos de tomada de decisão. Os Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN's) são exemplos desses sistemas e devido à sua persistência e deslocamento têm um papel importante no regime de precipitação de regiões dos trópicos e extratropicais, além de contribuírem nas trocas de energia entre ambas as regiões (Ramirez, 1997).

No Brasil, as regiões mais afetadas pelos VCAN's são: Sul, Sudeste e Nordeste. Nesta última região, os sistemas se desenvolvem nas latitudes tropicais do Oceano Atlântico Sul (Kousky e Gan, 1981; Misha et al, 2001). O verão é a estação onde ocorre maior frequência de formação desses sistemas (Kousky e Gan, 1981), estando associada ao padrão de circulação dos ventos em altos níveis sobre a região tropical da América do Sul, o qual é mais meridional. Esse escoamento meridional se configura quando ocorre um maior aquecimento do continente que ocasiona um aumento da convecção sobre a região da Amazônia (Silva Dias e Shubert, 1983) e formação de um intenso anticiclone em 200 mb, conhecido como Alta da Bolívia (AB). Corrente abaixo da AB, surge um cavado sobre a região NEB cuja circulação pode fechar e formar um VCAN, dependendo da intensificação desse cavado. Além do mecanismo de formação, existem outros importantes aspectos das características gerais dos VCAN's que necessitam ser mais discutidos como: posicionamento, intensidade, estrutura vertical e horizontal, e dissipação.

O objetivo deste estudo é apresentar um método objetivo que fornece a posição e a intensidade dos VCAN's que atuam na região tropical. A seção 2 apresenta a metodologia deste método e a análise subjetiva usada para identificar os sistemas. Na seção 3, é mostrado o número de casos obtidos pelo método, pelas

reanálises e pelas imagens de satélite para o período de 2002 a 2006, e a distribuição espacial dos casos identificados pelo método e pelas reanálises no verão de 2002-2003. Por fim, são apresentadas as conclusões na seção 4.

2. DADOS E METODOLOGIA

Os dados utilizados neste estudo são provenientes de reanálises do National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research NCEP/NCAR para o horário das 12 UTC e de imagens do satélite Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES) no canal do vapor d'água a cada três horas, obtidas pela Divisão de Satélites Ambientais (DAS) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). O período em estudo é de 2002 a 2006 e a metodologia foi dividida em duas fases: a primeira realizada de forma subjetiva e a segunda desenvolvida de forma objetiva. A identificação subjetiva dos vórtices foi feita usando imagens de satélite no canal do vapor d'água e campos de vento e vorticidade relativa no nível de 200 hPa. A localização dos sistemas com as imagens foi obtida pela posição geográfica de uma pequena região seca envolvida por uma circulação ciclônica de ar úmido, localizada em pelo menos doze imagens consecutivas e que se encontrasse a leste de 20°W (dois dias de atuação).

A identificação dos sistemas com campos de vento e vorticidade relativa foi usada para validar o método. As posições dos sistemas, neste caso, foram localizadas pelas coordenadas geográficas do centro da circulação do vórtice que apresentasse intensidade inferior a $-2,5 \times 10^{-5} s^{-1}$ (limiar proposto por Da Silva, 2005). As reanálises também foram comparadas às imagens de satélite para o mesmo período.

Alguns métodos foram elaborados para localizar ciclones, como mostram os estudos Fuenzalida et al. (2005) e Da Silva (2005), os quais utilizaram metodologias de análise distintas (objetiva e/ou subjetiva), assim como determinada variável meteorológica e região de estudo. O método objetivo desenvolvido neste trabalho foi baseado no método obtido por Da Silva (2005), já que neste foi utilizado o nível de 200 hPa e a vorticidade relativa. No entanto, a separação entre VCAN e Cavado de Altos Níveis (CAN) foi realizada de forma totalmente objetiva, sem haver necessidade de analisar campos de linhas de corrente.

Para isso, foram implementadas algumas etapas no algoritmo proposto por Da Silva (2005). A idéia está ilustrada na Figura 1, que mostra o escoamento do vento nas configurações de um VCAN e de um CAN intenso em torno do centro de máxima circulação ciclônica. Observam-se as mesmas variações do sentido das componentes horizontais do vento em torno desse centro, até um ponto em que apenas a configuração do VCAN mostra um fechamento na circulação e as componentes horizontais do vento tornam-se negativas. Essa mudança não é observada na configuração de um CAN intenso, pois não ocorre o fechamento da circulação e as componentes horizontais do vento permanecem quase com mesmo sentido (u positivo e v negativo).

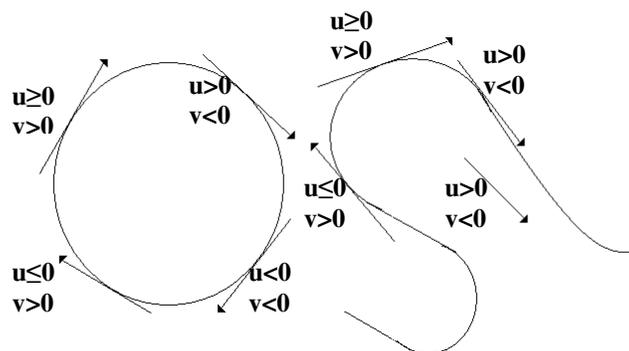


Figura 1- Esquema da variação do escoamento horizontal em torno do centro de um VCAN (a) e de um CAN (b).

Baseado nessas configurações foi desenvolvido o método, cujos passos para determinação dos parâmetros (posição e intensidade) estão divididos em quatro etapas básicas: a primeira corresponde ao cálculo da vorticidade relativa, a segunda obtém os mínimos desta variável, a terceira analisa a circulação em torno desse mínimo e a quarta etapa seleciona os VCAN's. O cálculo da vorticidade foi feito na grade (32,5°S – 7,5°N e 70°W - 5°E) usando a técnica de diferenças finitas centrada. Posteriormente, foram

selecionados os valores mínimos desta variável numa grade interior ($25^{\circ}\text{S} - 0^{\circ}$ e $62,5^{\circ}\text{W} - 2,5^{\circ}\text{N}$), onde cada mínimo corresponde ao ponto de grade (central) cujo valor de vorticidade relativa é inferior a $-2,5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ (Da Silva, 2005) e menor do que qualquer um dos oito pontos de grade vizinhos.

Após esta etapa, o mínimo foi submetido à avaliação do escoamento horizontal do vento ao redor (Figura 1). Caso o mínimo apresentasse características de um VCAN, prosseguiria com a quarta e última etapa, na qual foi verificada a existência de mais de um mínimo envolvido por uma mesma circulação. Em caso afirmativo, apenas o mínimo mais intenso (menor valor de vorticidade relativa) foi selecionado.

3. RESULTADOS

A Tabela 1 mostra o número mensal de casos obtidos pelas imagens do satélite GOES-12 no canal do vapor d'água (coluna 1 de cada ano), pelo método objetivo (coluna 2 de cada ano) e pela análise dos campos de vento e vorticidade relativa (coluna 3 de cada ano) para o período de 2002 a 2006. Nota-se, em geral, uma homogeneidade no número total de casos por ano e um bom desempenho do método, embora este tenha identificado um caso a mais em janeiro de 2003, agosto de 2005 e março de 2006.

Observa-se que pelas imagens foi identificado um número inferior de casos em vários meses de todos os anos, embora a diferença seja pequena. O ano de 2005 foi o que mostrou resultados mais satisfatórios, pois apresentou o maior número de meses (FEV, ABR, MAI, JUL e NOV) com mesmo número de vórtices das reanálises. A visualização dos vórtices nas imagens teve bom desempenho, apesar de tornar-se um pouco difícil quando os vórtices encontram-se próximos a atuação de outros sistemas meteorológicos simultaneamente, assim a separação da nebulosidade associada a cada sistema leva a algumas incertezas, principalmente quando se referem a vórtices que se formam próximo a nebulosidade associada à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que apresenta convecção intensa e dificulta ainda mais a identificação e localização do posicionamento dos vórtices.

Tabela 1- Número mensal de VCAN's obtidos pelas imagens do satélite GOES no canal do vapor d'água (coluna 1 de cada ano), pelo método objetivo (coluna 2 de cada ano) e pela análise dos campos de vento e vorticidade relativa para o período de 2002 a 2006.

MÊS	2002	2003	2004	2005	2006										
JAN	2	2	2	5	5	4	2	2	2	5	6	6	7	8	8
FEV	8	8	8	7	7	7	5	4	4	3	3	3	4	3	3
MAR	2	4	4	3	5	5	1	4	4	2	3	3	3	3	2
ABR	2	3	3	3	4	4	5	5	5	2	2	2	2	2	2
MAI										1	1	1			
JUN	3	2	2												
JUL										1	1	1			
AGO										1	1				
SET	2	2	2				3	3	3						
OUT	1	1	1	2	2	2	3	4	4	4	5	5		1	1
NOV	4	5	5	2	1	1	1	2	2	3	3	3	5	5	5
DEZ	4	4	4	1	2	2	2	4	4	3	2	2	5	7	7
TOT	28	31	31	23	26	25	22	28	28	25	27	26	26	29	28

Os resultados das posições obtidos para o verão (DJF) de 2002-2003 foi o escolhido da validação para as discussões, por ser o que apresentou maior frequência de vórtices, totalizando 22 casos, com formação de quatro no mês de dezembro, oito em janeiro e dez em fevereiro. A Figura 2 mostra a distribuição espacial das posições dos VCAN'S que se originaram na região tropical durante o verão de 2002-2003, obtidas pela reanálise (em vermelho) e pelo método (em azul). Verifica-se de uma forma geral, uma defasagem entre essas posições, isso porque geralmente, o centro da circulação do vórtice não coincide com o ponto de mínima vorticidade relativa (intensidade do sistema). Pode ser visto também uma concentração maior de vórtices na região que cobre o Oceano Atlântico Sul e a costa do NEB, concordando com os resultados obtidos por Kousky e Gan (1981) para o verão.

Apesar de ter identificado todos os casos de VCAN's do período em estudo, o método objetivo superestimou a quantidade de vórtices em alguns meses, como pode ser visto no caso 2 do mês de janeiro de 2003 (Fig.2b). Neste caso, a reanálise identificou apenas o dia de origem, e como no estudo só são plotadas

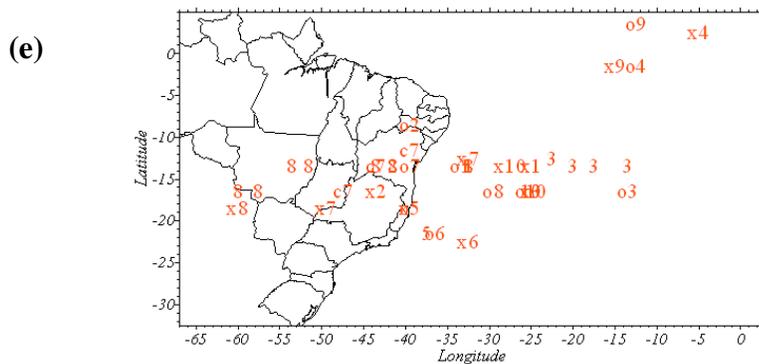


Figura 2- Posições geográficas dos VCAN's que atuaram no verão de 2002-2003. (a) Dezembro de 2002 obtidas pelo método (azul) e pela reanálise (vermelho) (b) Janeiro de 2003 obtidas pelo método (c) Janeiro de 2003 obtidas pela reanálise (d) Fevereiro de 2003 obtidas pelo método e (e) Fevereiro de 2003 obtidas pela reanálise. Os números indicam a seqüência de atuação dos vórtices, “o” indica a posição de origem, “x” indica a posição de dissipação e “c” indica a posição de vórtices formados no mês anterior.

4. CONCLUSÕES

As seguintes conclusões foram observadas do estudo:

- O método objetivo identificou satisfatoriamente o número de ocorrência e o posicionamento dos VCAN's formados na região tropical, superestimando apenas os casos nos anos em que a reanálise só identificou o dia de origem dos vórtices;
- A identificação dos vórtices com imagens de satélite no canal do vapor d'água subestimaram o número de ocorrência de casos, apesar de ter apresentado pequena diferença. Os casos não identificados nas imagens estiveram associados à proximidade da nebulosidade de outros sistemas meteorológicos;
- As características dos VCAN's em termos de região de concentração e deslocamento puderam ser verificadas pelo método;
- Foi verificada uma defasagem entre as posições dos vórtices obtidas da reanálise e do método, pelo fato de o centro da circulação do sistema não coincidir com o ponto de mínima vorticidade relativa.

AGRADECIMENTOS: Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela ajuda financeira para realização do trabalho de pesquisa e a toda comunidade do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DA SILVA, L. A influência do vórtice ciclônico de altos níveis (VCAN) sobre a precipitação do Nordeste do Brasil (NEB) e as características associadas. 109p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2005.
- FUENZALIDA, H.; SÁNCHEZ, R.; GARREAUD, R. A climatology of cutoff lows in the Southern Hemisphere. *J. Geophys. Res.*, v. 110, D18101 10.1029/2005JD005934, p. 1-10, Sept. 2005.
- KOUSKY, V. E.; GAN, M. L. Upper tropospheric cyclonic vortices in the subtropical South Atlantic. *Tellus*, v. 33, p. 538-551, Nov. 1981.
- MISHRA, S. K.; RAO, V. B.; GAN, M. A. Structure and evolution of the large-scale flow and an embedded upper tropospheric cyclonic vortex over northeast Brazil. *Mon. Weather Rev.*, v. 129, p. 1673-1688, 2001.
- RAMIREZ, M. C. V. Padrões climáticos dos vórtices ciclônicos em altos níveis no Nordeste do Brasil. 132p. (INPE-6408-TDI/618). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1996.
- SILVA DIAS, P.L.; SCHUBERT, W.H.; DE MARIA, M. Large-scale response of the tropical atmosphere to transient convection. *J. Atmo. Sci.*, 40(11): 2689- 2707, Nov. 1983.