

# **AVALIAÇÃO QUALITATIVA DO MODELO DE CIRCULAÇÃO GERAL DA ATMOSFERA CPTEC/INPE NA IDENTIFICAÇÃO DOS VÓRTICES CICLÔNICOS DE ALTOS NÍVEIS QUE ATUAM NA VIZINHANÇA DO NORDESTE BRASILEIRO**

**Henri Rossi Pinheiro, Iracema Fonseca de Albuquerque Cavalcanti**

**CPTEC/INPE – Cachoeira Paulista – São Paulo – [henri.pinheiro@cptec.inpe.br](mailto:henri.pinheiro@cptec.inpe.br)**

## **RESUMO**

Neste estudo é apresentada uma avaliação da habilidade do Modelo de Circulação Geral da Atmosfera (MCGA) CPTEC/INPE em capturar algumas características dos Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN) que atuaram sobre o Nordeste do Brasil (NEB) em um período de 12 anos. A seleção dos VCAN foi feita através de uma metodologia objetiva, baseada no padrão de circulação e na temperatura em altitude. Como resultado, o MCGA representou satisfatoriamente a distribuição espacial e a variabilidade temporal dos VCAN, confirmando a máxima frequência próxima à costa do NEB. As estatísticas mostraram que a maior parte dos VCAN se forma sobre o Atlântico, atingindo o NEB devido à sua trajetória para oeste. Neste trabalho também foi mostrado o aumento da frequência de VCAN no período de La Niña, embora não tenha sido verificada nenhuma evidência em anos de El Niño.

## **ABSTRACT**

In this study an evaluation of the CPTEC/INPE Atmospheric General Circulation Model (AGCM) ability in identifying some features of Cut-off Lows (COL) that occur around the Northeast Brazil (NEB) in a period of 12 years is presented. The COL selection was made by an objective methodology based on circulation temperature patterns at high level. As a result, the ACGM simulated satisfactorily the spatial distribution and temporal variability of COL, confirming the maximum frequency over the coast of NEB. The statistics showed that most of COL forms over the Atlantic, reaching the NEB due to its westward movement. This work also confirmed the increased frequency of COL in La Nina periods, although no evidence has been found in El Niño years.

## **1 INTRODUÇÃO**

Um dos principais sistemas meteorológicos que afetam o tempo no Nordeste do Brasil (NEB) são os Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN), que desempenham um papel importante no regime de precipitação, além de contribuírem para os processos de trocas de energia entre as regiões tropicais e extratropicais (Ramirez, 1997). Várias estatísticas têm sido feitas a fim de compreender melhor os aspectos relacionados aos VCAN tropicais, como os estudos de Kousky e Gan (1981), Gan (1982) e Ramírez et al. (1999). Recentemente, os avanços na tecnologia de

processamento, aliados à melhoria nas bases de dados, têm motivado o desenvolvimento de métodos para detecção automática dos VCAN, produzindo resultados de forma prática e objetiva.

Muitos experimentos têm sido realizados com o propósito de avaliar a destreza dos modelos numéricos em simulações de médio e longo prazo. Neste contexto, o desempenho do Modelo de Circulação Geral da Atmosfera (MCGA), utilizado no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), tem sido investigado em simulações do clima por Nobre et al., (1995), Cavalcanti et al. (2002), Carneiro e Cavalcanti (2010), entre outros. Motivado pela importância da previsibilidade dos VCAN em escala de tempo e clima, e incluído no processo de validação do MCGA/CPTEC/INPE, o objetivo do presente estudo é verificar a habilidade deste modelo em identificar a presença dos VCAN que atuam nas proximidades do NEB.

## **2 MATERIAL E METODOLOGIA**

Foram utilizados dados em quatro horários diários de um período de 12 anos (1989-2000) compreendido em uma simulação de 50 anos com o MCGA/CPTEC/INPE, com resolução de T62 L28 (Cavalcanti et al., 2002). Para avaliar a sua destreza foram usadas as reanálises do ERA-Interim (ECMWF), com resolução horizontal de  $1,5^\circ \times 1,5^\circ$  e disponibilizadas nos mesmos horários. As variáveis utilizadas foram as componentes zonal e meridional do vento para o cálculo da vorticidade relativa e temperatura (300 hPa). A área de estudo é centrada na Região NEB e Atlântico adjacente (60W a 10W e 25S a 5N).

A identificação e o acompanhamento dos VCAN tropicais foram feitos de forma totalmente objetiva, a partir do algoritmo *TRACK* (Hodges, 1999). Os critérios utilizados foram baseados na metodologia de Pinheiro (2011) e adaptados para a identificação dos VCAN tropicais, cujos processos físicos e dinâmicos podem ser distintos daqueles que atuam em latitudes mais altas.

As trajetórias dos VCAN foram selecionadas a partir de três etapas: (1) rastreamento de Mínimos de Vorticidade Relativa (MVR) em 300 hPa; (2) filtro de temperatura e (3) identificação do escoamento de leste ao sul do mínimo de VR. Estes critérios foram aplicados a fim de selecionar apenas os vórtices frios da troposfera alta, cuja circulação ciclônica estivesse totalmente despreendida do escoamento em altos níveis.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As Figuras 1 (a) e (b) mostram a comparação entre a distribuição espacial do número de VCAN usando as reanálises e os dados do MCGA, respectivamente. O MCGA reproduziu satisfatoriamente a área com maior densidade de VCAN, concordando com o máximo de sistemas no Atlântico. Entretanto, o MCGA subestimou a quantidade de VCAN, uma vez que a frequência média de sistemas foi aproximadamente a metade sobre a área continental.

Embora o MCGA tenha simulado razoavelmente bem a distribuição espacial dos VCAN, a região de maior concentração (indicada pelo número de MVR por  $10^6\text{km}^2$ ) não foi bem representada. A Figura 1c mostra que a área do território brasileiro com maior concentração de VCAN por área situa-se entre os estados de SE, AL e leste de PE e da PB. Uma segunda região aparece sobre o interior da BA. O MCGA não capturou estas duas áreas, pois apresentou a máxima concentração apenas sobre o Atlântico, aproximadamente em 15S/28W (Figura 1d).

A estatística da Figura 2a mostra que a maior parte dos VCAN se forma no Atlântico (a leste da BA), embora exista uma proporção significativa que se origina sobre o continente. O MCGA (Figura 2b) não reproduziu esta proporção sobre o continente, mas indicou a tendência de formação sobre o oceano. Nas Figuras 2 (c) e (d) são apresentadas as regiões favoráveis à dissipação dos VCAN. Nota-se que há duas áreas com maior densidade: uma ampla região sobre o Atlântico (a leste entre o sul da BA e norte do ES) e outra sobre o oeste da Região NEB (Figura 2c). A taxa de dissipação sobre esta última área foi razoavelmente representada pelo MCGA (Figura 2d), embora um pouco deslocada para o interior do Brasil. Por outro lado, a densidade máxima sobre o oceano foi subestimada pelo MCGA.

A Figura 3a mostra um predomínio dos valores negativos da Velocidade Média Zonal (VMZ), indicando que os VCAN tropicais deslocam-se preferencialmente para oeste. Isto sugere um comportamento bem definido: muitos VCAN se formam no Atlântico, deslocam-se lentamente para oeste, e dissipam-se sobre o continente. Este comportamento foi representado pelo MCGA, que mostrou um aumento da velocidade dos VCAN sobre a área continental (Figura 3b). A (Figura 3c) mostrou um predomínio do movimento de sul para norte sobre a região de estudo, indicando que os VCAN ao se aproximarem do continente adquirem um deslocamento com orientação noroeste, tal como foi reproduzido pelo MCGA (Figura 3d).

A distribuição da frequência anual dos VCAN (Figura 4) foi razoavelmente representada pelo MCGA, uma vez que o perfil médio (linha preta) simulado pelo modelo foi bastante semelhante à reanálise. No entanto, o MCGA subestimou a quantidade de eventos. No verão a frequência média de VCAN foi de 10,7 (5,6) casos para os dados de reanálises (MCGA), ou seja, o modelo identificou apenas 52% dos casos observados nas reanálises. Na climatologia de Calbete, Gan e Satiamurty (1996), que compreende o período de 1987 a 1995, encontrou-se uma média de 6,8 VCAN no período de verão, frequência próxima da observada com os resultados do MCGA.

Durante o episódio La Niña de 1989 houve um aumento do número de VCAN. Este comportamento está de acordo com trabalhos anteriores, que observaram um aumento da frequência de VCAN em anos de La Niña (Ramírez et al., 2004). Por outro lado, não se observou nenhuma relação significativa entre a frequência de VCAN e períodos de El Niño.

#### **4 COMENTÁRIOS FINAIS E CONCLUSÕES**

Este estudo mostrou que o modelo simulou razoavelmente a distribuição espacial dos VCAN, indicando a máxima frequência a leste da costa do NEB. A variabilidade interanual foi satisfatoriamente representada, reproduzindo o aumento/diminuição do número de casos ao longo do período estudado. No entanto, o MCGA mostrou a máxima concentração de VCAN mais afastada do continente, enquanto os resultados encontrados nas reanálises indicaram concentrações mais próximas da costa.

As estatísticas mostraram que a maior parte dos VCAN se forma sobre o Atlântico, atingindo a costa leste do NEB devido ao seu deslocamento para oeste, tal como foi representado pelo MCGA. Houve um aumento da frequência de VCAN durante o episódio de La Niña de 1989, concordando com o comportamento observado em outros estudos (Calbete et al., 2006). Por outro lado, não foi encontrada nenhuma evidência entre a frequência de VCAN e fases de El Niño. Desta forma, o MCGA mostrou ser capaz de reproduzir alguns aspectos importantes dos VCAN, embora tenham sido apontadas algumas diferenças em relação aos dados de reanálises.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CARNEIRO, G. M.; CAVALCANTI, I. F. A. Características da convecção associada à Variabilidade Intrassazonal: comparação entre resultados do MCGA CPTEC/COLA e observação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.4, p.525-534. ISSN 0102-7786, 2010.

CALBETE, N. O; GAN, M. A.; SATYAMURTY, P. Vórtices ciclônicos da alta troposfera que atuam sobre a região Nordeste do Brasil. *Climanálise Especial*; Edição comemorativa de 10 anos. MCT/INPE/CPTEC. Cap. 21, 1996.

CAVALCANTI, I. F. A; MARENGO, J. A; SATYAMURTY, P; NOBRE, C. A; TROSNIKOV, I; BONATTI, J. P; MANZI, A. O; TARASOVA, T; PEZZI, L.P; D'ALMEIDA, C.; SAMPAIO, G; CASTRO, C.C; SANCHES, M. B; CAMARGO, H.; 2002. Global climatological features in a simulation using CPTEC/COLA AGCM. *J.Climate*, 15, 2965-2988.

GAN, M. A. Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e Leste do Brasil. (INPE-2685-TDL/126). **Dissertação (Mestrado em Meteorologia)** – INPE, São José dos Campos, 1982.

HODGES, K. I. Adaptive constraints for feature tracking. **Monthly Weather Review**. v. 127, p. 1362-1373, 1999a.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. **Tellus**, v.33, n.6, p.538-551, 1981.

NOBRE, P.; ABREU, M. L.; CAVALCANTI, I. F. A.; QUADRA, M.; PEZZI, L. P. Climate ensemble forecasting at CPTEC. **Proceedings of the twentieth annual climate diagnostics workshop**, Seattle-Washington, 23-27, p. 417-420, Oct 1995.

PINHEIRO, H. R.; GAN, M. A. Identificação Objetiva dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis na América do Sul Subtropical. **Revista Brasileira de Meteorologia** (Impresso), 2011.

RAMÍREZ, 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, 1997.

RAMÍREZ, M. C. V.; KAYANO, M. T.; FERREIRA, N. J. Statistical analysis of upper tropospheric vórtices in the vicinity of northeast Brazil during the 1980-1989. **Atmosfera**, v.12, n.2, p.75-88, 1999.

RAMÍREZ, M. C.; FERREIRA, N. J.; CAMPOS VELHO, H. F. Padrão de verão: ZCAS-VCAN atuando sobre a Região Sudeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 13, Fortaleza, 2004.

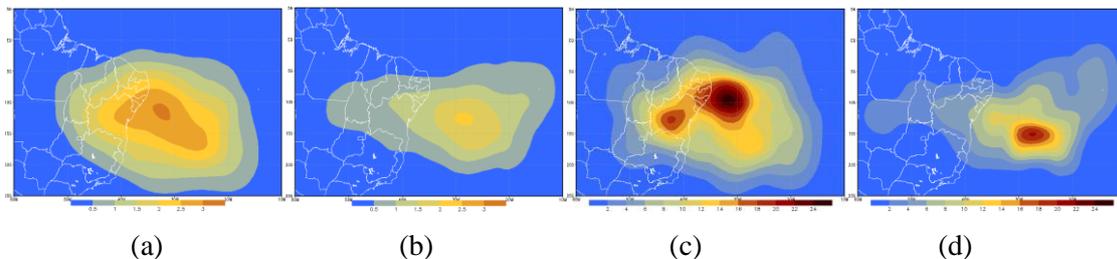


Figura 1: Número (a,b) e concentração (c,d) dos VCAN para o período de verão (DJF) de 1989 a 2000: Reanálises (a,c) e MCGA (b,d).

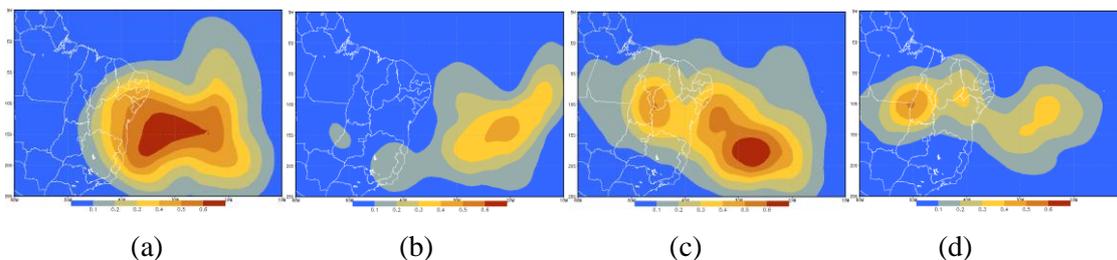


Figura 2: Taxa de formação (a,b) e dissipação (c,d) dos VCAN para o período de verão (DJF) de 1989 a 2000: Reanálises (a,c) e MCGA (b,d).

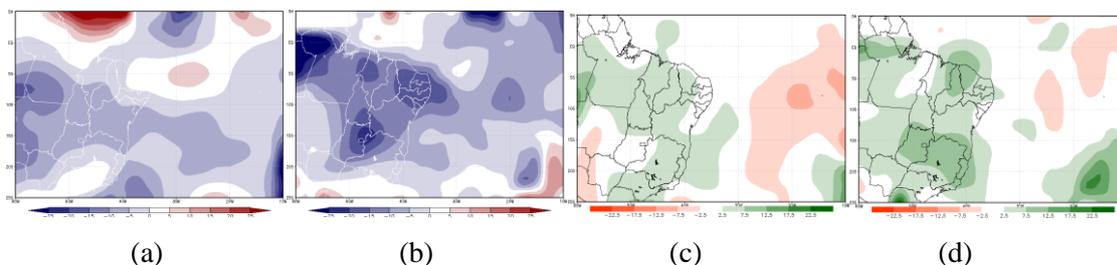


Figura 3: Velocidade Média Zonal (a,b) e Meridional (c,d) dos VCAN para o período de verão (DJF) de 1989 a 2000: Reanálises (a,c) e MCGA (b,d).

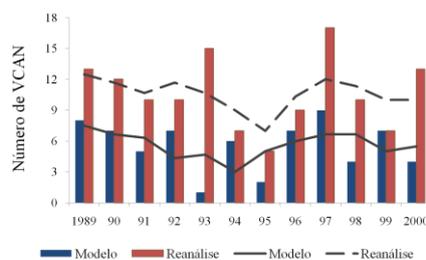


Figura 4: Frequência anual de VCAN usando as reanálises (vermelho) e MCGA (azul), para os verões de 1989 a 2000. A linha preta contínua (tracejada) representa uma média de três anos dos dados do MCGA (reanálise).