

ANÁLISE DE VÓRTICES CONVECTIVOS DE MESOESCALA EMBEBIDOS NA ZCAS

Mário Francisco Leal de Quadro¹, Maria Assunção Faus da Silva Dias¹, Dirceu Luis Herdies²

^{1,2}Inst. de Astronomia, Geof. e Ciências Atmosféricas da Univ. de S. Paulo, São Paulo - SP, Bra. mquadro@model.iag.usp.br. ²Instituto nacional de Pesquisas Espaciais CPTEC/INPE. dirceu@cptec.inpe.br

RESUMO: Este trabalho tem por objetivo analisar o comportamento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e sua estrutura tridimensional associada e a relação com vórtices ciclônicos de mesoescala (VCM) embebidos. Em geral estes sistemas, selecionados a partir de um sistema de detecção aplicado aos dados da reanálise *Climate Forecast System Reanalysis* (CFSR), encontram-se na baixa e média troposfera associado a altos índices pluviométricos, enquanto que na alta troposfera são mais secos. Além disso, há uma relação direta entre estes máximos pluviométricos e a circulação ciclônica dos vórtices. Quanto mais intenso o sistema, maior a precipitação total associada.

Palavras-Chave: ZCAS, Vórtices Convectivos de Mesoescala.

MESOSCALE CONVECTIVE ACTIVITY IN SOUTH ATLANTIC CONVERGENCE ZONE

ABSTRACT: Features of the South Atlantic Convergence Zone (SACZ) and their association with mesoscale convective vortices (MCVs) are studied. The MCV cases are selected based on vortex detection by an objective algorithm operating on data from the CFSR (Climate Forecast System Reanalysis) reanalysis. These vortices are quasi-steady, mesoscale, cyclonic circulations that form in the low and mid-troposphere. They play a role in organizing convection within extreme-rain-producing systems.

KEYWORDS: SACZ, Mesoscale Convective Vortices.

1. Introdução

Desde a década de 1980 a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), fenômeno meteorológico que exerce um papel preponderante no regime de chuvas na região onde atua, inúmeros estudos foram realizados visando compreender dos padrões troposféricos e oceânicos associados a esse sistema. No entanto, estes padrões ainda não foram suficientemente explorados principalmente em relação à formação de Vórtices Convectivos de Mesoescala (VCMs) embebidos na ZCAS. Com relação à atividade convectiva associada à ZCAS, estudos mostram diferenças significativas na formação dos sistemas convectivos embebidos na ZCAS, sendo estes menos intensos comparados com eventos onde não há formação da ZCAS (Herdies et. al., 2002, Carvalho et. al., 2002). Com relação à estrutura de mesoescala ao longo da ZCAS, não há muitos estudos de modelagem, como no caso da *Baiu Frontal Zone* (BFZ), que se forma na região do Japão, onde há vários estudos relacionando essas estruturas a topografia, contraste terra-mar e formação de vórtices. Chen et al (1998) mostrou que os sucessivos desenvolvimentos desses sistemas, propagando-se para leste, provocaram máximos de precipitação superiores a 230 mm acumulados em 24h. Associado a BFZ são registradas diversas ocorrências de fortes chuvas embebidas na zona frontal

associadas a vórtices de mesoescala (Ninomiya (2007)). Este trabalho concluiu que a ZCAS é mais baroclínica do que a BFZ e o aparecimento de distúrbios tropicais e sistemas convectivos ativos não é tão freqüente sobre o Atlântico Sul, como na região da BFZ.

Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo identificar as características básicas da formação dos VCMs. Tais vórtices, embebidos na banda de nebulosidade da ZCAS, são selecionados através de um critério objetivo de detecção no período de 2000 a 2009. Pretende-se também, para casos específicos, avaliar o impacto da atuação deste sistema meteorológico nas regiões afetadas.

2. Dados e Metodologia

Com o objetivo de desenvolver um sistema de detecção de VCM embebidos na ZCAS, foi elaborado um critério objetivo para encontrar estes sistemas e avaliar o impacto nas regiões afetadas. Para tal, são utilizados dados da reanálise *Climate Forecast System Reanalysis* (CFSR) fornecidos pelo NCEP (*National Center for Environmental Prediction*) (Saha et al., 2006). Para a análise dos vórtices embebidos na ZCAS, o trabalho foi desenvolvido em quatro etapas, descritas a seguir:

- a) Para identificação dos vórtices ciclônicos embebidos na ZCAS, foram selecionados episódios de ZCAS, entre os anos de 2000 e 2009, através do Boletim Climanálise (Climanálise, 2009).
- b) Com base na reanálise do NCEP CFS foi desenvolvido um sistema de detecção da formação dos vórtices ciclônicos embebidos na ZCAS, nos dias de ocorrência dos episódios de ZCAS, a partir do seguinte critério de seleção:
 - Mínimo de vorticidade relativa (δ) em determinado nível de pressão na região da banda de nebulosidade associada à ZCAS;
 - Circulação do vento no sentido horário em torno do ponto central de mínimo de δ ;
 - Presença de nebulosidade na região de formação do vórtice;
- c) Análise estatística dos casos selecionados durante os episódios de ZCAS, visando encontrar um padrão espaço-temporal na formação desses sistemas;
- d) Análise dos padrões dinâmicos e termodinâmicos associados a configuração dos vórtices;

A região da ZCAS foi dividida em três sub-regiões denominadas aqui de Continental Amazônica (ZCA), Continental Costeira (ZCC) e Oceânica (ZCO). Esta metodologia tem por objetivo agrupar os vórtices por sub-região visando encontrar padrões semelhantes na formação e atuação dos mesmos.

3. Resultados

3.1. Identificação de Vórtices Ciclônicos

A tabela 1 mostra os períodos selecionados de episódios de ZCAS analisados pela reanálise NCEP CFS. Nos dez anos analisados, foram selecionados 43 episódios de ZCAS com duração de 4 dias ou mais. Ressalta-se que neste estudo apenas foram incluídos os meses de verão na análise (Dez-Jan-Fev). Apenas ressalta-se que as regiões hachuradas em cinza representam episódios de ZCAS selecionados pelo Boletim Climanálise, mas que não foram incluídos neste estudo em função de sua duração ser menor de 3 dias. Por esta tabela, verifica-se da metade para o final da década de 2000 um aumento da ocorrência de episódios de

ZCAS, tanto em quantidade como em duração. Nessa década foram registrados, em média, 1.4 episódios por mês, o que representa um acréscimo significativo em relação a trabalhos anteriormente realizados, como o de Sanches (2002).

TABELA 1: PERÍODOS SELECIONADOS DE EPISÓDIOS DE ZCAS NA REANÁLISE NCEP CFS ENTRE OS ANOS DE 2000 A 2009

Ano	99/00			00/01			01/02			02/03			03/04			04/05			05/06			06/07			07/08			08/09		
	D	J	F	D	J	F	D	J	F	D	J	F	D	J	F	D	J	F	D	J	F	D	J	F	D	J	F	D	J	F
1																														
2																														
3																														
4																														
5																														
6																														
7																														
8																														
9																														
10																														
11																														
12																														
13																														
14																														
15																														
16																														
17																														
18																														
19																														
20																														
21																														
22																														
23																														
24																														
25																														
26																														
27																														
28																														
29																														
30																														
31																														

3.2. Análise do Episódio de ZCAS entre os dias 20 e 24 de janeiro de 2009

Neste item são apresentados os resultados da avaliação dos vórtices selecionados no episódio de ZCAS ocorrido entre os dias 20 e 24 de janeiro de 2009. A Figura 1 mostra as imagens realçadas, nos horários de 6Z e 18Z, do satélite GOES-10 durante a ZCAS no período selecionado. Pelas imagens verifica-se uma intensificação a atividade convectiva tanto no período da madrugada (Fig. 1a a 1e) como no período vespertino (Fig. 1f a 1j). Principalmente no início da configuração da ZCAS verifica-se a formação de nuvens convectivas, com topos frios, tanto na região continental como no oceano Atlântico. Ressalta-se também neste caso que, enquanto na parte continental a ZCAS permaneceu estacionária atuando sobre o SE e a região amazônica, na sua parte oceânica pode se observar um deslocamento para nordeste da banda de nebulosidade associada ao deslocamento de um sistema frontal.

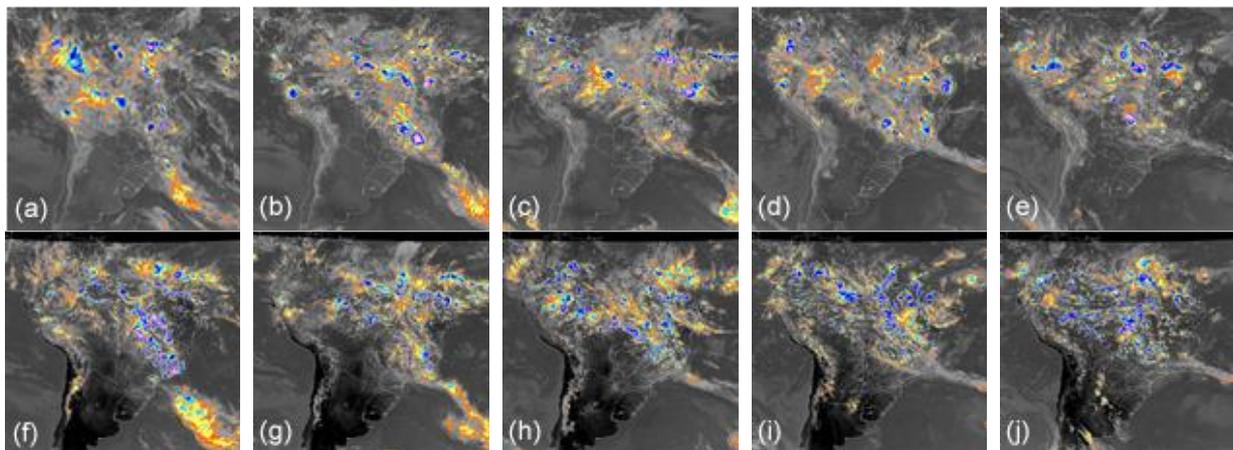


Fig. 1. Imagem no canal infravermelho (IR) realçada do satélite GOES-10 para os horários de 06Z dos dias 20 (a), 21 (b), 22 (c), 23 (d) e 24 (e) e 18Z dos dias 20 (f), 21 (g), 22 (h), 23 (i) e 24 (j) de janeiro de 2009.

A figura 2 mostra os mapas de precipitação média acumulada para o período da noite (Fig. 2a), madrugada (Fig. 2b), manhã (Fig. 2c) e tarde (Fig. 2d), obtidos da reanálise. A análise da figura mostra que a ZCAS encontrou-se configurada dentro das regiões do estudo (ZCA, ZCC e ZCO). Além disso, a precipitação intensifica-se com o aumento da atividade convectiva a partir do período vespertino (Fig. 2d). Nesta figura também estão marcadas as regiões onde os VCMs foram selecionados segundo o critério estabelecido de seleção. Nesse episódio de ZCAS verifica-se uma maior atuação dos vórtices no período matutino e vespertino, principalmente na região continental amazônica (ZCA) seguida pela região costeira (ZCC).

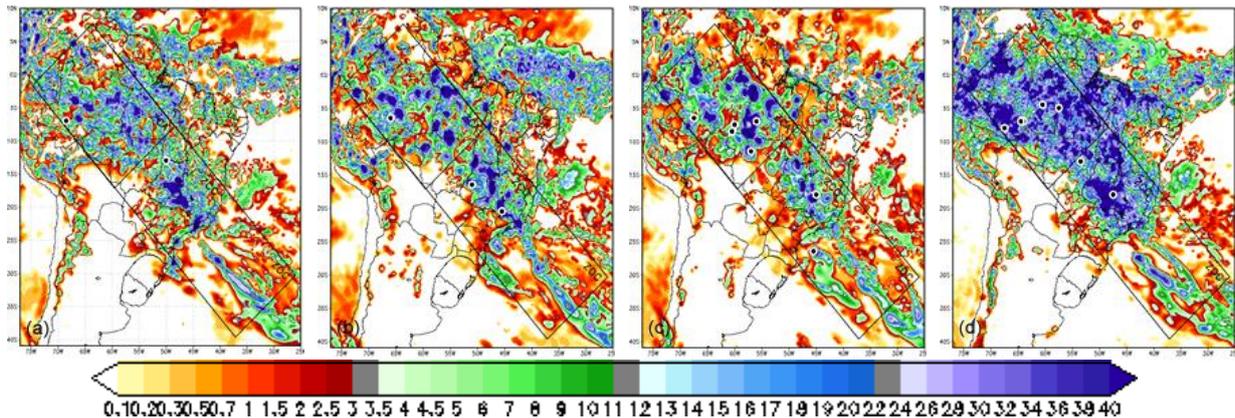


Fig. 2. Precipitação média acumulada (mm/dia) obtida da reanálise do CFS NCEP para os horários de 0Z (a), 6Z (b), 12Z (c) e 18Z (d) entre os dias 20 e 24 de janeiro de 2009. Os pontos pretos indicam o centro de VCM identificados pelo processo de seleção.

A análise termodinâmica dois VCMs selecionados na região ZOC (as 12Z de 20/01/2009) e na região ZCC (18Z de 24/01/2009) (figura não mostrada) salienta algumas características marcantes destes VCM intensos. Os maiores índices pluviométricos são registrados nos vórtices que se situam em baixos níveis da troposfera. Os VCMs estão associados à forte movimento vertical ascendente, ocupando praticamente toda a troposfera, antes e durante a sua configuração. Esse movimento provoca um transporte de umidade para a alta troposfera e os fluxos de calor sensível e latente são reduzidos quando os VCMs estão atuando. Outra característica marcante é de que estes sistemas se dissipam rapidamente. Estes sistemas que se configuram em mais de um nível na troposfera são mais intensos e estão associados a uma maior taxa de precipitação.

A figura 3 ilustra a circulação ciclônica associada ao VCM analisado. Uma característica marcante destes sistemas que se formam na baixa troposfera é a intensa precipitação. Neste caso de VCM, que se estendeu de 800 hPa a 775 hPa, percebe-se claramente a circulação, oriunda da região central do Brasil, transportando umidade na direção do vórtice.

4. Conclusões

Em resumo, este trabalho enfatiza a determinação das características dos VCM analisados, em termos de duração, abrangência espacial, área de atuação; intensidade, entre outros. Os resultados indicam que os vórtices úmidos selecionados (com precipitação) apresentam diâmetros na ordem de 100 a 200 km, que se enquadram na borda inferior da escala meso- α . Estes sistemas sugam a umidade e, como eles aceleram os ventos na vertical, acabam tendo um impacto em uma escala até maior que a própria. Nesse sentido, acredita-se que eles podem ser mais eficientes para produzir intensa precipitação que os Vórtices Ciclônicos de Altos

Níveis (VCAN) por estarem próximos à superfície, onde o atrito se encarrega de intensificar a convergência dos ventos.

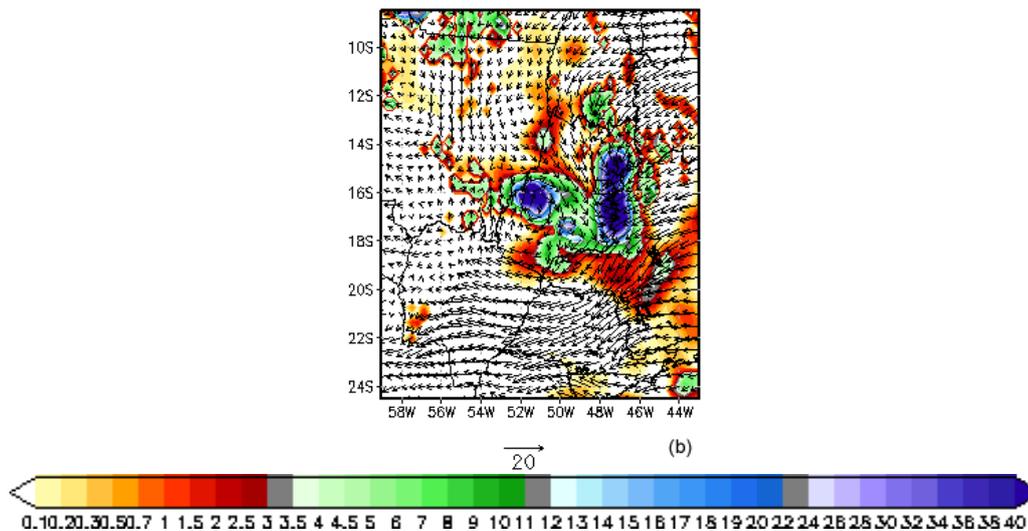


Fig. 3. Mapas de precipitação total acumulada em 6 horas (sombreada), obtida da reanálise do NCEP CFS, e vento horizontal (m/s) em 800 hPa de 6Z de 24/01/2009 .

AGRADECIMENTOS: A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela Coordenação de Programas de Qualificação de Quadros Docentes (CAPES/PICDTEC), junto ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), pela concessão da bolsa de estudos no IAG/USP durante o período do trabalho realizado.

5. Referencias Bibliográficas

- CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; SILVA DIAS, M. A. F. Intraseasonal large-scale circulations and mesoscale convective activity in tropical South América during the TRMM-LBA campaign. **J. Geophys. Res.** v.107. (D20): 9.1-9.20, 2002.
- CHEN, KUO, WEI WANG; ZU-YU TAO; BO CUI. Modeling Case Study of Heavy Rainstorms along the Mei-Yu Front **Monthly Weather Review**. 2330–2351 1998.
- CLIMANÁLISE. Boletim de Monitoramento e Análise Climática. Disponível em <http://www6.cptec.inpe.br/revclima/boletim/>, 2009. Acesso em 20/11/2009.
- HERDIES, D.L.; SILVA, A. da; SILVA DIAS, M.A.F.; FERREIRA, R. N. The moisture budget of the bi-modal pattern of the summer circulation over South America. **J. Geophys. Res.** 107 (D20): 42.1-42.13, 2002.
- NINOMIYA, K. Similarity and difference between the South Atlantic Convergence Zone and the Baiu Frontal Zone simulated by na AGCM. **J. Meteor. Soc. Jpn.** v. 85, n. 3, p. 277-299, 2007.
- QUADRO, M. F. L.; SILVA DIAS, M. A.; GONCALVES, L. G.; HERDIES, D. L.; BERBERY, E.H. Characterization of the regional hydrologic cycle of the South America. In: THE MEETING OF THE AMERICAS, 2010, Foz do Iguacu, BR. **Meet. Am. Suppl.** Foz do Iguacu, BR: AGU, 2010. p.1-18
- SAHA S., NADIGA S., THIAW C., WANG J., WANG W., ZHANG Q., VAN DEN DOOL H. M., PAN H.-L., MOORTHY S., BEHRINGER D., STOKES D., PENNA M., LORD S., WHITE G., EBISUZAKI W., PENG P., XIE P. The NCEP Climate Forecast System. **Journal of Climate**, Vol. 19, No. 15, pages 3483-3517, 2006.
- SANCHES, M. B. **Análise sinótica da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) utilizando-se a técnica de composição**. 95f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, S.P, 2002.