

ANÁLISE DO DESEMPENHO DO MODELO RegCM3 EM SIMULAR O JATO DE BAIXOS NÍVEIS A LESTE DOS ANDES DURANTE O SALLJEX

Maria Cristina Lemos da Silva¹, Rosmeri Porfírio da Rocha²

RESUMO: Este trabalho investigou se o modelo climático regional RegCM3 simula o Jato de Baixos Níveis (JBN) a Leste dos Andes. Desta forma, identificou-se a presença de JBN nas simulações climáticas e estes resultados foram comparados com recentes observações de ar superior obtidas no experimento de campo SALLJEX. Os resultados mostraram que o modelo simulou de forma similar ao observado tanto a estrutura vertical do vento médio como a presença do JBN.

ABSTRACT: This work investigated if the regional climatic model RegCM3 simulates the Low Levels Jet (LLJ) in the east of the Andes. Thus, the presence of LLJ was identified in the climatic simulations and the results were compared with the recent observations of upper air obtained in the field experiment SALLJEX. The results showed that the model simulated the vertical structure of the wind and the number of LLJ similar to the observations.

Palavras-Chave: RegCM3, Jato de Baixos Níveis, simulação numérica.

INTRODUÇÃO

Uma importante característica da circulação de baixos níveis da América do Sul (AS) durante a estação quente e úmida é o JBN a leste dos Andes, que contribui para o transporte de ar quente e úmido da região equatorial para regiões subtropicais e extratropicais da América do Sul (Douglas et al., 2000; Marengo et al., 2002). Investigando dados de vento derivados de satélite no período de 1975-1977 Virji (1981) identificou a presença do JBN na camada entre 900-700 hPa. Neste trabalho, o autor encontrou o núcleo do JBN, com ventos predominantes de Noroeste, em 10°S - 65°W e também que em dias individuais as velocidades neste escoamento pode ultrapassar 25 m/s.

A primeira climatologia do JBN realizada nos Estados Unidos por Bonner (1968) identificou máxima frequência de ocorrência dos JBNs nas grandes planícies, a leste das montanhas Rochosas, em aproximadamente 37°N e 98°W, com significativas variações diurna e sazonal. Para a AS, Sugahara et al. (1996) estudaram a climatologia dos JBN através de análises do ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts), durante o verão, e identificaram a existência de duas áreas preferenciais de ocorrência: uma a leste dos Andes, atingindo máximo sobre o norte do Paraguai, e outra cobrindo os estados de Minas Gerais, São Paulo e oceano Atlântico adjacente, mas com um número de ocorrência significativamente menor. Também mostraram que em dias com JBN nesta última área, a circulação atmosférica de baixos níveis sobre a AS apresenta características tipicamente observadas durante invasão de frentes frias no sudeste do

¹ Mestre em Meteorologia - Universidade de São Paulo – IAG/USP. Rua do Matão, 1226, Cidade Universitária, São Paulo-SP, 05508-900. E-mail: cristina@cptec.inpe.br

² Professora Dra. do Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo – IAG/USP. E-mail: rosmerir@model.iag.usp.br

Brasil. Em trabalho recente utilizando a reanálise do NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*) Marengo et al. (2004) também identificaram estas duas áreas preferenciais de JBN.

Este trabalho tem por objetivo investigar se o modelo climático regional RegCM3 (Regional Climate Model version 3) simula esta importante característica da circulação em baixos níveis. Desta forma, investigou-se a presença do JBN nas simulações climáticas com o RegCM3 e comparou-se seus resultados com recentes observações de ar superior obtidas no experimento de campo South American Low Level Jet (SALLJEX, verão 2002-2003, Vera et al. 2006).

DADOS E METODOLOGIA

Este estudo utilizou o modelo climático regional RegCM3 que foi inicialmente desenvolvido no *National Center for Atmospheric Research* (NCAR) a partir do *Mesoscale Model version 4* (MM4, Anthes et al., 1987). Sua componente dinâmica é semelhante a do MM4, ou seja, é um modelo compressível, em diferenças finitas, hidrostático e em coordenada vertical sigma-pressão (ver Giorgi et al. 1993a-b). O esquema de cumulus profundo utilizado foi o de Grell (1993).

Foi realizada simulação para o do Hemisfério Sul (dez-jan-fev) para 2002/03, que foi escolhido por possuir observações de ar superior do SAJJEX (Vera et al., 2006). As resoluções horizontais e verticais da simulação foram 60 km e 23 níveis sigma, respectivamente. Para as simulações climáticas utilizou-se dados de fisiografia da AS, ou seja, topografia, cobertura vegetal, tipo de solo e Temperatura da Superfície do Mar (TSM). Estes dados tiveram sua origem no NCEP e ICTP (*International Centre for Theoretical Physics*), e a TSM foi obtida da média mensal de Reynolds e Smith (1995)

As simulações numéricas foram iniciadas e as fronteiras atualizadas com a reanálise do NCEP (Kanamitsu et al. 2002), que também foi utilizada para comparar aspectos de grande escala da climatologia simulada pelo RegCM3. Para verificação foram utilizadas as observações de balão piloto do experimento SALLJEX, das estações de Trinidad (26 observações), na Bolívia, e Mariscal Estigarribia (103 observações), no Paraguai.

Para obter os perfis verticais simulados buscou-se o ponto na grade do RegCM3 mais próximo à estação de observação, e o horário de simulação mais próximo, já que os resultados do RegCM3 foram armazenados a cada 6 horas (00:00, 06:00, 12:00 e 18:00 UTC). Finalmente, os perfis verticais observados e simulados foram organizados e interpolados para uma resolução vertical de 100 m, utilizando o método de interpolação linear.

Para identificar a presença de JBN aplicou-se os critérios de Sugahara et al. (1994, doravante JS) e de Bonner (1968, doravante JB) nos perfis verticais do vento da reanálise e simulado pelo RegCM3.

RESULTADOS

Simulações climáticas regionais

Observando o escoamento médio do vento em 850 hPa para DJF (Figura 1), nota-se que o RegCM3

apresenta um escoamento similar a reanálise, com algumas diferenças na intensidade do vento, subestimando-o na faixa equatorial, principalmente no norte da AS e no Nordeste do Brasil. O oposto é observado na região a leste dos Andes, sobre a Bolívia (região do núcleo do JBN), onde o modelo simulou um escoamento mais intenso que a reanálise. Além disso, o núcleo com maior intensidade encontra-se mais próximo dos Andes do que na reanálise, bem como mais de noroeste na simulação. Rocha (2004) em simulações com 60 km para o verão de 1997/1998 com o RegCM2 identificou um escoamento de noroeste a leste dos Andes, menos intenso e ocupando menor área horizontal do que na reanálise. Além disso, este escoamento estava mais restrito às proximidades dos Andes, como também obtido por Saulo et al. (2000) considerando composições para previsão de 36 h do modelo ETA, também no verão de 1997/98. Observa-se ainda na Figura 1 um núcleo de ventos fracos sobre a Argentina na reanálise, que foi bem simulado, com pequenas diferenças na intensidade.

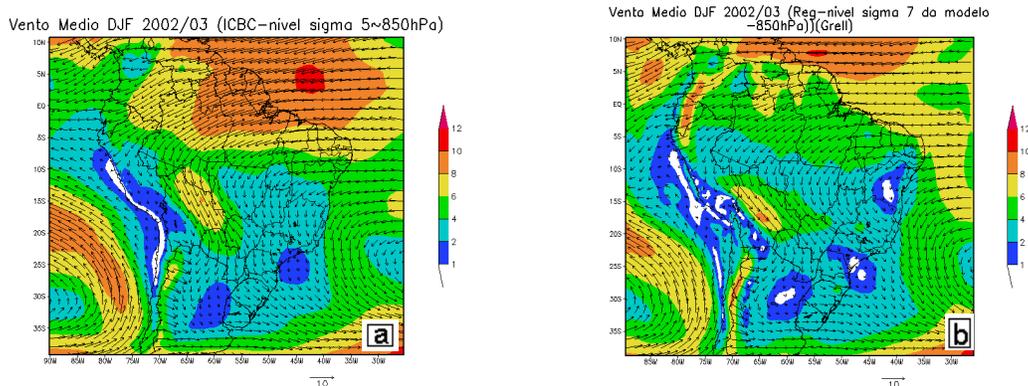


Figura 1 – Vetor vento (setas) e isotacas (sombreado em ms-1) para o verão austral de 2002/2003 (DJF) em aproximadamente 850 hPa: (reanálise do NCEP e (b) RegCM3.

Analisando a temperatura do ar média para o verão austral simulada pelo RegCM3 (Figura 1a) e a reanálise do NCEP (Figura 2b), nota-se que o modelo simulou temperaturas mais quentes que a reanálise em toda região amazônica e nos países que fazem fronteiras com o Brasil ao norte e a oeste. Estas temperaturas elevadas podem ser explicadas, pelo menos em parte, pela subestimativa da precipitação pelo modelo nesta região (Figura não mostrada). Situação oposta é obtida no Paraguai e noroeste da Argentina, bem como no nordeste brasileiro, destacando-se a região litorânea, onde foram simuladas menores temperaturas do que mostra a reanálise do NCEP.

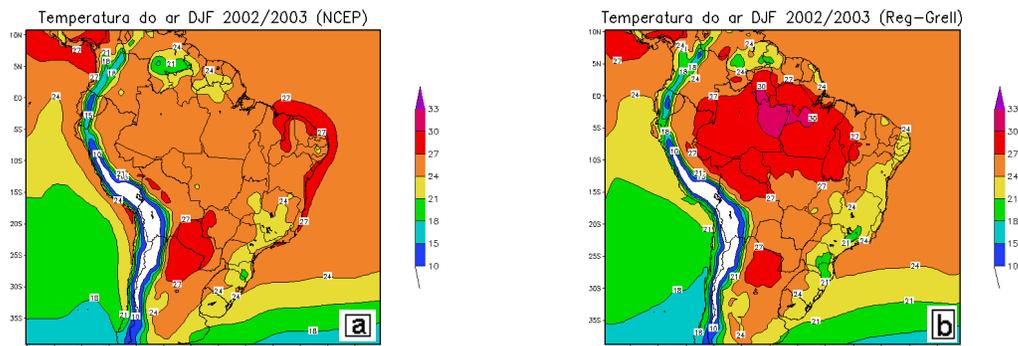


Figura 2 Temperatura (□C) média para o verão 2002/2003, no primeiro nível sigma (995hPa): (a) reanálises do NCEP interpoladas para grade do modelo, (b) RegCM3.

Verificação do Perfil Vertical médio do vento

De posse das observações, foram construídos perfis verticais médios das componentes zonal e meridional do vento, que foram comparados aos perfis médios simulados no ponto de grade mais próximo. Para a componente zonal média, em Trinidad (Figura 3a) a estrutura vertical e a intensidade simulada são próximas à observada, com maiores discrepâncias de intensidade entre os níveis de 500 e 1500m mmm.

Com relação a componente meridional do vento, na localidade de Trinidad (Figura 3a), Mariscal Estigarribia (Figura 3b) os perfis verticais simulados são bastante semelhantes ao observado, tanto na estrutura vertical como na intensidade. Nota-se que em ambas o perfil vertical do vento meridional apresenta características de jato, ou seja, a intensidade do vento cresce entre a superfície e o máximo, decrescendo a seguir, tanto na simulação como na observação. Em simulações com o RegCM3 para o verão de 1998/99 realizadas por Silva e Rocha (2006) as diferenças entre as componentes do vento observado e simulado foram maiores do que as encontradas no presente estudo.

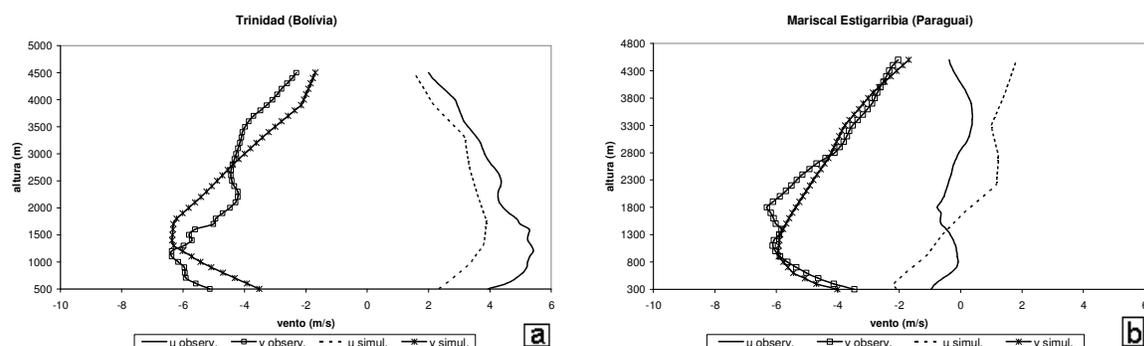


Figura 3 Perfil vertical médio das componentes zonal e meridional do vento observada e simulada, para as localidades de: (a) Trinidad – Bolívia; (b) Mariscal Estigarribia – Paraguai.

Identificação dos JBNs nas simulações

Os critério de JS para identificação de JBN foi aplicado nas simulações para o verão austral de 2002/03 (Figura não mostrada). Existe uma preferência para ocorrência do JBN à leste dos Andes, com um núcleo sobre a Bolívia, centrado em 19°S-62°W, e outro sobre a Argentina (31°S-66°W). Observa-se ainda, um outro núcleo sobre o sudeste do Brasil e oceano Atlântico adjacente, que foi anteriormente estudado por Sugahara et al. (1996), e mostraram que em dias com JBNs nesta área, a circulação atmosférica em baixos níveis apresenta características típicas de invasão de frentes frias na região sudeste do Brasil, com um aumento da divergência em altos níveis e da convergência em baixos níveis. Saulo et al. (2000) utilizando o modelo ETA também identificaram no verão de 97/98 um escoamento de nordeste no sudeste do Brasil, onde os ventos no lado oeste do anticiclone do Atlântico Sul são desviados pela topografia elevada do Planalto Brasileiro.

Para verificar a variabilidade diurna a ocorrência de JBN foi separada por horário (Figura não mostrada). Obteve-se maior frequência de JBN, em todo o domínio, às 00:00 UTC, porém, considerando os núcleos nas proximidades do Andes, o segundo horário obtido foi 12:00 UTC, seguido das 06:00 UTC. Saulo et al. (2000) identificou nas simulações com o modelo ETA um máximo também as 00:00 UTC, concordando

com os resultados obtidos aqui.

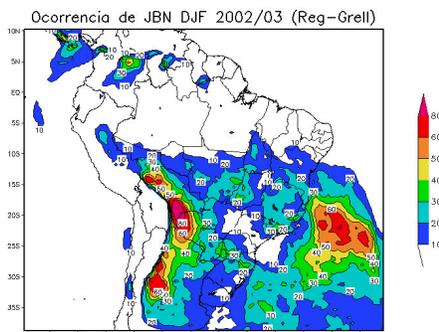


Figura 4 Número de ocorrência de JBN na simulação, utilizando o critério de JS, para o verão austral de 2002/03.

JBN simulado versus observado

A tabela 1 apresenta o número de eventos de JS e JB observado e simulado. Mariscal Estigarribia apresenta maior ocorrência de JBN, tanto nas observações quanto nas simulações, independente do critério utilizado. Para Trinidad foram identificados 6 eventos com o JS, tanto nas observações como na simulação (o que representa 23% das observações), com maior frequência às 12:00 UTC seguido das 00:00 UTC. Com o critério JB obteve-se 1 evento a menos nas observações, e na simulação não foi identificado nenhum evento. Silva e Rocha (2006) utilizaram o mesmo modelo para simulação do verão de 1998/99 e identificaram 4 eventos de JBN na simulação em Trinidad, utilizando o JS, enquanto que nas observações (70) identificaram 6 eventos.

Em Mariscal Estigarribia foram identificados 33 eventos de JS nas observações e apenas 19 na simulação, dos 33 eventos observados 61% destes foram às 12:00 UTC. Na simulação obteve-se a mesma frequência às 06:00 e 12:00 UTC (40% dos eventos em cada horário), concordando com os resultados obtidos por Nicolini et al. (2002). A diferença no número de eventos provavelmente está associada ao nível de máximo que fixamos em 1500 m e na simulação este nível encontra-se mais baixo. Com o critério de JB o número de eventos foi inferior, principalmente na simulação, sendo identificados apenas 9 eventos.

Comparando o número de JBN obtidos com dois critérios, é importante notar que ao mudar o critério para identificação reduziu significativamente no número de eventos simulados, mas esta redução foi pequena nas observações. Isto implicou em não identificar nenhum JB em Trinidad no RegCM3.

Tabela 1 Número total de ocorrência de JBN nas estações de balão piloto (utilizando o critério de Sugahara e o critério de Bonner, apenas nos horários com observações), simulado e observado. As observações em cada estação são em dias e horários diferentes.

Estações	Total de JS simulado	Total de JS observado	Total de JB simulado	Total de JB observado
Trinidad (BOL)	6	6	0	5
Mariscal Estigar. (PAR)	19	33	9	29

CONCLUSÕES

Para o verão 2002-2003, os resultados mostraram que o RegCM3 reproduziu de forma coerente o escoamento em baixos níveis, bem como o perfil vertical do vento observado, nas duas localidades analisadas. Vários eventos de JBN observados foram simulados pelo modelo, principalmente com o critério de Sugahara et al. (1994), levando ao mesmo número de eventos de JBN simulados e observados em Trinidad. Além disso, o RegCM3 modelo reproduziu o horário de maior frequência de ocorrência de JBN, concordando com trabalhos anteriores (Nicolini et al., 2002). Com relação aos critérios utilizados para identificação do JBN, obteve-se um menor número de eventos com o critério 1 de Bonner.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anthes, R. A., E.-Y. Hsu, Y-H. Kuo, 1987: Description of the Penn State/NCAR Mesoscale Model Version 4 (MM4). *NCAR Tech. Note*, NCAR/TN-282+STR, 66 pp.
- Bonner, W. D., 1968: Climatology of the Low Level Jet. *Monthly Weather Review*, v. 96, **12**, 833-851.
- Dickinson, R. E., R. M. Errico, F. Giorgi, G. T. Bates, 1989: A regional climate model for the western United States. *Climatic Change*, **15**, 383-422.
- Douglas, M. W., m. Peña, R. Villalpando, 2000: Special observations of the low level flow over eastern Bolivia during 199 atmospheric mesoscale campaign. *Proc. Sixth International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography*, Santiago Chile, 157-158.
- Giorgi, F.; M. R. Marinucci; G. T. Bates, 1993a: Development of a second-generation regional climate model (RegCM2). Part I: Boundary-layer and radiative transfer processes. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 2749-2813.
- Giorgi, F., M. R. Marinucci, G. T. Bates, 1993b: Development of a second-generation regional climate model (RegCM2). Part II: Convective processes and assimilation of lateral boundary conditions. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 2814-2832.
- Grell, G. A., 1993: Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterization. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 764-787.
- Kanamitsu, M., W. Ebisuzaki, J. Woollen, S. -K. Yang, J. J. Hnilo, M. Fiorino, and G. L. Potter, 2002: NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2). *Bull. Am. Met. Soc.*, **83**, 1631-1643.
- Marengo, J. A., M. W. Douglas, P. L. Silva Dias, 2002: The South American low-level jet east of the Andes during the 1999 LBA-TRMM and LBA-WET AMC campaign. *J. Geophys. Res.*, **D20**, LBA 47.
- Marengo, J. , W. R. Soares, C. Saulo, M. Nicolini, 2004: Climatology of the Low-Level Jet East of the Andes as Derived from the NCEP-NCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. *Journal of Climate*, **17**, 2261-2280.
- Nicolini, M., A.C. Saulo, J.C. Torres, e P. Salio, 2002: Enhanced precipitation over southeastern South America related to strong low-level jet events during austral warm season. *Meteorologica, Special Issue for the South American Monsoon System*, **27**, 59-69.
- Reynolds, R. W., T. M. Smith, 1995: A high resolution global sea surface temperature climatology. *J. Climate*, **8**, 1571-1583.
- Rocha, R.P., 2004: A escolha do domínio para simulações climáticas regionais no sudeste do Brasil: resultados preliminares para o verão de 97-98. Anais do XIII Cong. Bras. de Meteorologia.
- Saulo, A.C., M. Nicolini, S.C. Chou, 2000: Model characterization of the South American low-level flow during (1997-1998) spring-summer season. *Climate Dyn.*, **16**, 867-881.
- Silva, M.C., R. P. Rocha, 2006: Simulation and Validation of the Low Level Jet in the east of the Andes using a Regional Climate Model. Proceedings of the 8 th CSHMO, Foz do Iguaçu, Brazil, April 24-28, INPE, p. 607-612.
- Sugahara, S., R. P. Rocha, M. L. Rodrigues, 1994: Condições atmosféricas de grande escala associadas a jato de baixos níveis na América do Sul. Anais do VIII Cong. Bras. de Meteorologia, 573-577.
- Sugahara, S., R. P. Rocha, 1996: Climatologia das correntes de jato de baixos níveis sobre a América do Sul, durante o verão do Hemisfério Sul. Anais do IX Cong. Bras. de Meteorologia, 1383-1387.
- Vera, C., J. Baez, M. Douglas, C. B. Emmanuel, J. Marengo, J. Meitin, M. Nicolini, J. Noguez-paegle, J. Paegle, O. Penalba, P. Salio, C. Saulo, M. A. Silva Dias, E. Zipser 2006: The South American Low-Level Jet Experimente. *BAMS*, **87**, 63-67.