

# REPRESENTAÇÃO DOS CICLONES EXTRATROPICAIS NO ATLÂNTICO SUL PELO MODELO ETA CLIMÁTICO: AVALIAÇÃO DO CLIMA PRESENTE (1961-1990) E PROJEÇÕES FUTURAS (2011-2099)

Ariane Campani Matos,<sup>1</sup> Claudine Dereczynski<sup>1</sup>, Ronaldo Palmeira<sup>1</sup>, Chou Sin Chan<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>UFRJ - Brazil - Rio de Janeiro – [ariane.campani@gmail.com](mailto:ariane.campani@gmail.com)<sup>3</sup>

<sup>2</sup>DMD/CPTEC/INPE

**RESUMO:** Neste trabalho primeiramente investiga-se o comportamento dos ciclones formados sobre a América do Sul e oceano Atlântico adjacente no clima presente, a partir de dados da Reanálise 1 do NCEP/NCAR para o período de 1961 a 1990. A seguir avalia-se a desempenho do Modelo Eta Climático do INPE (Eta-HadCM3) para representar os mesmos aspectos observados no clima presente (1961-1990) e também as tendências para o clima futuro (2011-2099). Os resultados indicam uma tendência predominante de deslocamento dos ciclones para Sudeste (Leste) nas baixas (altas) latitudes no clima presente, que é bem representado pelo modelo Eta-HadCM3 e a mesma tendência nas projeções futuras. Para o clima presente há uma ligeira tendência de redução da ocorrência de ciclogêneses na faixa de 45-50°S, que é percebida corretamente pelo modelo Eta, porém, na faixa entre 20 e 45°S, o modelo não indica a mesma tendência positiva verificada com os dados da Reanálise 1 do NCEP/NCAR. O modelo representa adequadamente uma maior (menor) frequência de ciclogêneses no inverno (verão).

**ABSTRACT:** In this paper it is first investigated the behavior of cyclones formed over South America and Atlantic Ocean from NCEP/NCAR Reanalysis for the period 1961 to 1990. Next we assess the Eta-HadCM3 model's performance to represent the same features observed in the present climate (1961-1990) and also the trends for future climate (2011-2099). The results indicate for the present and future climates the same direction of displacement: to the Southeast (East) at low (high) latitudes. For the present climate there is a slight tendency of cyclogenesis reduction at 45-50°S, which is correctly represented by Eta-HadCM3 model, however, at 20-45°S, the model does not indicate the same observed increasing trend. Eta-hadCM3 adequately represents a higher (lower) frequency of cyclogenesis in winter (summer).

## INTRODUÇÃO

Grandes esforços são empreendidos na compreensão dos fenômenos atmosféricos extremos, que atingem milhões de pessoas em todo planeta. Dentre esses fenômenos de maior impacto sobre a população, os processos ciclogênicos recebem atenção especial devido à possibilidade de formação de intensos vórtices acompanhados de fortes chuvas e ventos intensos. Esses sistemas podem interferir de modo significativo nas condições do mar, aumentando de forma perigosa as

ondas junto à costa de diversos países ao redor do mundo.

O objetivo deste trabalho é, através de comparações das saídas do Modelo Eta climático do INPE (Chou et al., 2011 e Marengo et al., 2011) com a Reanálise 1 do NCEP/NCAR (Kalnay et al., 1996), verificar o potencial do modelo Eta climático para reproduzir a frequência de ocorrência dos ciclones, suas trajetórias e as tendências de aumento e/ou redução da frequência de ocorrência dos eventos no clima presente (1961-1990), na região da América do Sul e oceano Atlântico adjacente. A partir daí, considera-se o uso e as incertezas destas simulações em estudos de projeções para o clima futuro (2011-2099).

## **METODOLOGIA E DADOS**

O modelo regional Eta do CPTEC/INPE foi adaptado para realizar integrações de escala de décadas para estudos de mudanças climáticas relacionadas a diferentes níveis de concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico utilizando-se como condição de contorno lateral e inferior as projeções de cenário A1B do IPCC geradas pelo modelo HadCM3 do Hadley Centre (Eta-HadCM3), com resolução de 40 km sobre a América do Sul. Os campos de pressão atmosférica ao nível médio do mar (PNMM) geradas pelo modelo Eta-HadCM3 e pela Reanálise 1 do NCEP/NCAR (Kalnay et al., 1996) a cada 6 Z foram utilizados como dados de entrada num esquema numérico que acompanha os centros dos ciclones sobre a América do Sul e oceano Atlântico adjacente para o período 1961-1990 (clima presente). Tal esquema numérico, denominado CYCLOC (Murray e Simmonds, 1991), tem a função de localizar centros de alta e baixa pressão em qualquer nível na atmosfera. No clima futuro (2011-2099) examina-se as tendências de aumento/redução do número de ciclogêneses configuradas pelo modelo Eta climático.

## **RESULTADOS**

Os resultados preliminares para o clima presente indicam que o modelo Eta-HadCM3 representa adequadamente a maior ocorrência de ciclogêneses no inverno e menor no verão como pode ser visto na Figura 1. Contudo, o modelo subestima a frequência de ocorrência nas altas latitudes, o que pode estar associado ao seu domínio sul, que se estende apenas até a latitude de 60° S. A direção das trajetórias dos ciclones, predominantemente para sudeste entre 20 e 35°S (Figura 2 a) e para leste entre 35 e 50°S (Figura 2 b) é bem representada pelo modelo Eta-HadCM3. A análise da evolução temporal das ciclogêneses foi realizada utilizando o total de ciclogêneses por ano para o período considerado (1961-1990) para o modelo Eta-HadCM3 e para Reanálise 1, para as faixas de latitude de 45-50°S e 20-45°S (Figura 3). Observa-se que na faixa de 45-50°S há uma leve tendência de redução na quantidade de ciclogêneses que é representada pelo modelo Eta-HadCM3, no entanto, na faixa de 45-20°S, a tendência é positiva, indicando aumento na quantidade de ciclogêneses, e que não foi captada pelo modelo.

Os resultados para o clima futuro em relação a preferência de deslocamento das trajetórias dos ciclones, indicam uma permanência de deslocamento para SE (E) dos ciclones nas baixas (altas) latitudes (Figura 4). A Figura 5 mostra a evolução temporal da quantidade de ciclones por ano para a faixa entre 45-50°S (Figura 5 a) e entre 20-45°S (Figura 5 b), para o clima presente da Reanálise 1 do NCEP/NCAR e para o modelo Eta-HadCM3 no clima presente e futuro. Nota-se na Figura 5 (a), para ambas as séries, uma tendência de redução na ocorrência de ciclones. Contudo na Figura 5 (b), a redução do número de ciclogêneses projetada pelo modelo Eta-HadCM3 para o futuro não coincide com a tendência apontada pela Reanálise do NCEP/NCAR.

## **CONCLUSÕES**

A maior (menor) frequência de ocorrência de ciclogêneses, indicada pela Reanálise ocorre no inverno (verão) e tal aspecto é corretamente representado pelo modelo Eta\_HadCM3. Os resultados a partir da Reanálise indicam que a frequência de ocorrência da ciclogênese aumenta em geral com aumento da latitude, porém o modelo Eta-HadCM3 não consegue representar o maior número de ciclones nas altas latitudes, o que pode estar associado ao seu domínio sul, que se estende apenas até a latitude de 60° S. Com relação à direção das trajetórias dos ciclones, tanto o modelo Eta-HadCM3 quanto os dados da Reanálise indicaram que a direção predominante para todas as estações, considerando-se todas as faixas de latitude, é de leste (E), ou seja, os ciclones dirigem-se para leste, e em segundo lugar para sudeste (SE). Entre 20 e 35°S os ciclones em geral movem-se para SE e nas latitudes mais altas (entre 35 e 50°S) a direção predominante é E. A série temporal da frequência de ocorrência no período 1961 a 1990 indica tendência de aumento entre 20 e 45°S e nas latitudes mais altas (entre 45 e 50°S) há uma tendência de redução da ciclogênese. No entanto o modelo Eta-HadCM3 não conseguiu representar a tendência de aumento da ciclogênese nas baixas latitudes. Sobre o clima futuro, nota-se que há uma tendência para a trajetória predominante dos ciclones continuar sendo para leste entre 35-50°S e para sudeste entre 20-35°S. Com relação à tendência nas frequências de ocorrências das ciclogêneses do modelo Eta\_HadCM3 para o futuro nota-se a mesma tendência observada no clima presente, de redução da frequência de ocorrência de ciclogêneses para baixas latitudes.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq/INPE, pela bolsa PIBIC concedida desde agostos de 2009.

## **REFERÊNCIAS**

CHOU, S. C. et al. 2011: Downscaling of South America present climate driven by 4-member HadCM3 runs. Climate Dynamics. DOI 10.1007/s00382-011-1002-8.

KALNAY, E.; KANAMITSU, M.; KISTLER, R.; COLLINS, W.; DEAVEN, D.; GANDIN, L.; IREDELL, M.; SAHA, S.; WHITE, G.; WOOLLEN, J.; ZHU, Y.; CHELLIAH, M.; EBISUZAKI, W.; HIGGINS, W.; JANOWIAK, J.; MO, K.C.; ROPELEWSKI, C.; WANG, J.; LEETMAA, A.; REYNOLDS, R.; JENNE, R.; JOSEPH, D. The NCEP/ NCAR 40-year reanalysis project. Bull. Amer. Meteorol. Soc. , v.77, p. 437-471, 1996.

MARENGO, J. A.; CHOU, S. C; KAY G.; ALVES, L.; PESQUERO, J. F SOARES, W.R; SANTOS, D.C.; LYRA, A. A.; SUEIRO, G.; BETTS, R.; CHAGAS, D. J.; GOMES, J. L.; BUSTAMANTE, J. F.; TAVARES, P. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections: Climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and and the Parana River Basins. Climate Dynamics. 2011. Aceito

MURRAY, R. J.; SIMMONDS, I. A numerical scheme for tracking cyclone centers from digital data. Part I: development and operation of the scheme. Aust. Met. Mag., 39, 155-166, 1991

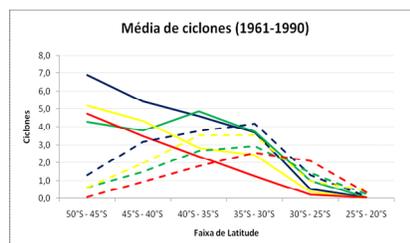


Figura 1- Número médio de ciclôgeneses durante o período de 1961-1990 por faixa de latitude para inverno (azul), primavera (verde), verão (vermelho) e outono (amarelo), obtido a partir dos dados da Reanálise 1 do NCEP/NCAR (linha contínua) e os dados do modelo Eta (linha tracejada).

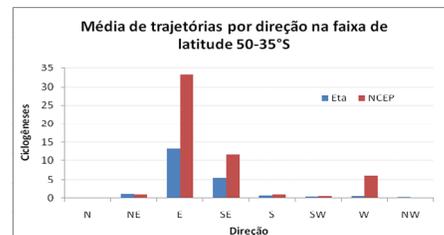
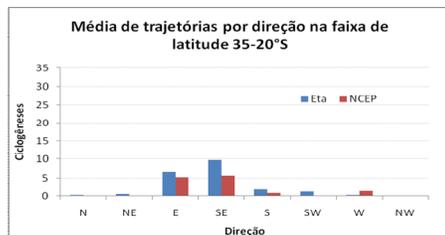
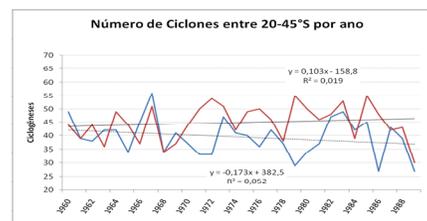
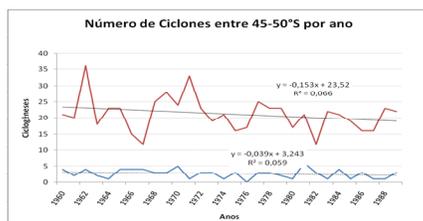


Figura 2 - Média de trajetórias dos ciclones por direção no período de 1961 a 1990, a partir de dos dados da Reanálise 1 do NCEP/NCAR (vermelho) e dos dados do modelo Eta (azul) para as faixas de latitude: (a) 50-35°S e (b) 35-20°S.



(a)

(b)

(b)

Figura 3 - Total de ciclones anualmente para o período de 1961 a 1990, a partir dos dados da Reanálise 1 do NCEP/NCAR (vermelho) e do modelo Eta-HadCM3 (azul) para as faixas de latitude (a) de 45-50°S e (b) 20°S a 45°S.

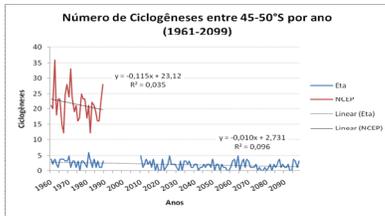


(a)

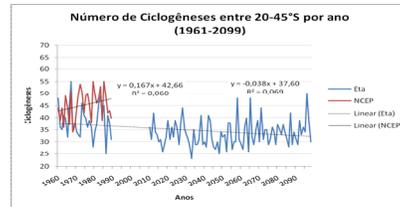


(b)

Figura 4 – Média de trajetórias predominantes por direção dos ciclones para o período de 1961-1990 (Eta presente) e de 2011-2099 (Eta futuro) para as faixas de latitude: (a) 50-35° S e (b) 35-20°S.



(a)



(b)

(a)

Figura 5 – Evolução temporal da frequência de ocorrência de ciclones para o modelo Eta-HadCM3 (clima presente e futuro) e para os dados da Reanálise 1 (período de 1961-1990) para (a) 45-50°S e (b) 20-45°S.