Mudanças nos campos de precipitação e temperatura sobre a região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), para cenários futuros, simuladas pelo modelo climático ETA_HadCM3

Eliana Soares Andrade, María Valverde e José Antonio Marengo
Centro de Ciências do Sistema Terrestre – CST, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

RESUMO: O presente estudo avaliou as mudanças na precipitação e temperatura projetadas pelo modelo ETA_HadCM3 para o futuro (2011-2099), na RMRJ. A validação do clima presente (1961-1990), gerado pelo modelo, mostrou um erro médio sistemático de -0,5mm/dia para a precipitação e 1,6°C para a temperatura. O ETA_HadCM3 projeta, ao longo do período de 2011-2099, um aumento no valor máximo da Tmax que pode chegar a até 43°C nos municípios de Japeri e Nova Iguaçu. Os máximos acumulados diários de chuva serão mais intensos nas cidades do Rio de Janeiro, Niterói e Maricá, podendo alcançar 72mm/dia ao sul de Niterói de 2071-2099.

ABSTRACT: This study evaluated changes in rainfall and temperature projected by the model ETA_HadCM3 for 2011-2099 period, in RMRJ. The climatology (1961-1990) from ETA_HadCM3 showed an average error of -0.5mm d^{-1} for rainfall and 1.6°C for temperature. The ETA_HadCM3 model projects an increase in the maximum value Tmax for 2011-2099 that can reach up to 43°C in Japeri and Nova Iguaçu. On the other hand, the maximum cumulative daily rainfall will be more intense in Rio de Janeiro, Niteroi and Marica, reaching 72mm d^{-1} south of Niterói in 2071-2099.

1. Introdução

A RMRJ é a segunda maior área metropolitana do Brasil. Constituída por 19 municípios apresenta a maior taxa de urbanização do país, com uma densidade demográfica de 1.913,5 habitantes por km² (IBGE, 2003). No entanto, a disposição das áreas habitadas precisa de um planejamento ambiental melhor, uma vez que a maioria encontra-se em áreas de risco para a população. A RMRJ sofreu severos eventos de chuvas nos meses de dezembro de 2009 e em janeiro e abril de 2010. Niterói, Rio de Janeiro e Angra dos Reis contabilizaram o maior número de mortes. As perdas materiais nas áreas urbanas foram de grandes proporções. Tendo como principal causa estes eventos e seus impactos, o governo e os órgãos competentes vêm avaliando medidas de alerta e mitigação, caso chuvas extremas possam vir a acontecer. No entanto, prever a intensidade e frequência destes eventos é um grande desafio. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo utilizar um modelo climático regional com projeções futuras modificadas nas concentrações de CO_2 e avaliar um provável comportamento futuro da precipitação e temperatura, assim como os extremos na RMRJ.

2. Material e Métodos

Foram utilizados dados de precipitação e temperatura média derivados do modelo climático regional ETA (40x40km), com condições de contorno do HadCM3-A1B-std, A1B-hi, A1B-mid e A1B-lo (Chou et al., 2010), para a área da RMRJ (43,95°- 42.6°W, 23,08-22,4°S) e para os

períodos de 1961-1990 e 2011-2099. Também foram utilizados dados observados de precipitação e temperatura média mensal em ponto de grade, fornecidos pelo CPTEC, com a finalidade de avaliar o erro sistemático do modelo ETA_HadCM3. Calculou-se o ciclo anual da precipitação e da temperatura para os *timeslices* de 1961-1990, 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2099 e avaliou-se a variabilidade interanual para identificar possíveis relações com o ENSO. Adicionalmente, foram derivados dois índices climáticos, RX1day e TXx (Alexander, 2002), que identificam eventos de acumulados máximos de chuva num dia e o máximo valor da temperatura máxima (Tmax) diária, respectivamente.

3. Resultados e discussão

A Figura 1(a) mostra o ciclo anual climatológico da precipitação para os *timeslices* das integrações do modelo ETA_HadCM3 e para a precipitação observada. Nota-se que o modelo conseguiu capturar, em suas diferentes integrações, um ciclo anual aproximado ao dado climatológico observado (1961-1990), apesar de, em sua maioria, superestimá-la. O início do período chuvoso climatológico é em setembro, enquanto no modelo este período foi adiantado em um mês e, na integração A1B-lo, foi adiantado em dois meses. Por outro lado, para o cenário futuro de 2011-2040 (Fig.1b), observou-se um comportamento similar ao período base do modelo em todas as integrações, enquanto para o timeslice de 2041-2070, na integração A1B-lo, o início do período chuvoso continua sendo em julho e nas demais segue a climatologia observada (Fig.1c). Para 2071-2099, nas integrações A1B-std e A1B-mid, o período chuvoso inicia-se em setembro (Fig.1d) .

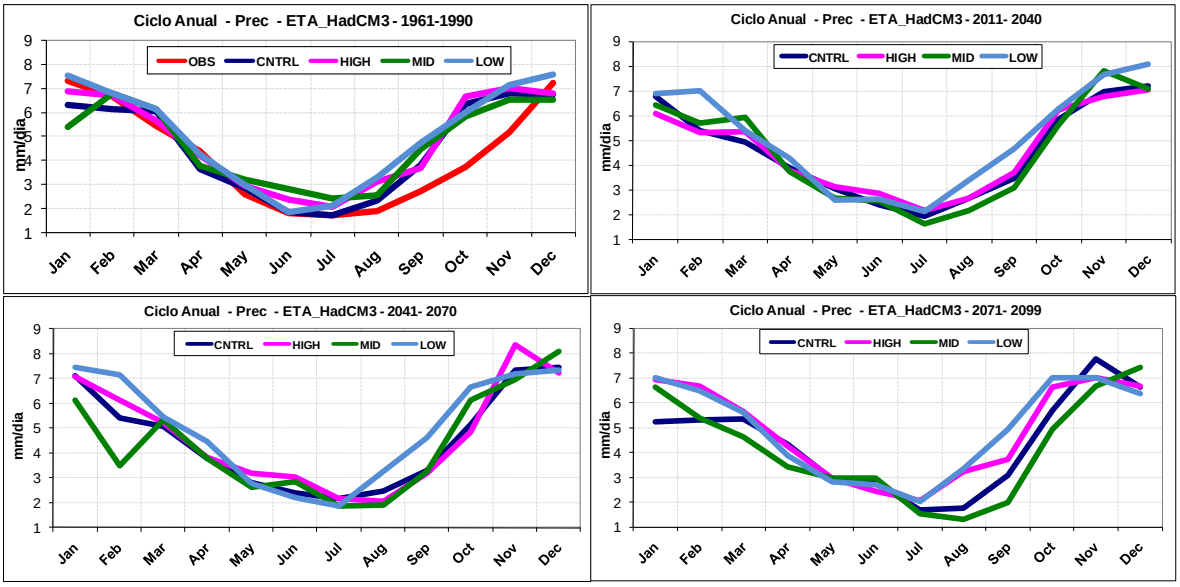


Figura 1. Ciclo anual da precipitação (**a.**1961-1990, **b.**2011-2040, **c.** 2041-2070 e **d.** 2071-2099), derivado do modelo ETA_HadCM3 A1B-std e suas três integrações (A1B-hi A1B-mid, A1B-lo) e dos dados observados.

A Figura 2(a) mostra o ciclo anual climatológico da temperatura para os dados observados e para as integrações do modelo ETA_HadCM3. Observa-se, de maneira geral, que o modelo conseguiu capturar bem o ciclo anual da temperatura apesar de subestimá-la. No decorrer das projeções futuras do modelo (Fig.2b,c,d) um aumento da temperatura de aproximadamente 2,5°C é observado nos meses mais quentes até 2071-2099. As integrações A1B-hi e A1B-mid apresentam um aquecimento maior em relação à A1B-std, enquanto na A1B-lo o aquecimento é menor nos três timeslices.

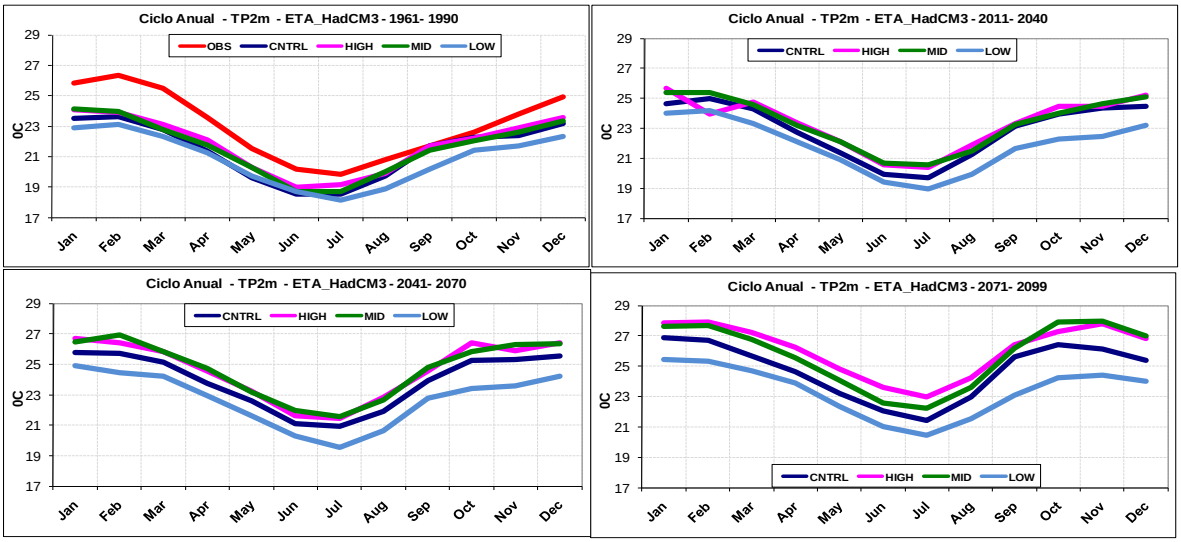


Figura 2. Ciclo anual da temperatura (**a.**1961-1990, **b.**2011-2040, **c.** 2041-2070 e **d.**2071-2099), derivados do modelo ETA_HadCM3 (A1B-std, A1B-hi, A1B-mid e A1B-lo) e dos dados observados.

A Figura 3 mostra o erro (vies) da precipitação e da temperatura, derivados do modelo ETA_HadCM3, para o clima presente (1961-1990). Observa-se que, para a precipitação (Fig.3a), no mês de janeiro, ocorre o maior erro negativo (-2mm/dia) na integração A1B-mid. Por outro lado, nos meses de agosto até novembro as superestimativas predominam em todas as integrações, com um erro máximo de 3mm/dia em outubro, em A1B-hi. O erro médio anual da precipitação, calculado a partir do composto das quatro integrações, foi de 0,5mm/dia. Em relação à temperatura (Fig.3b), em todos os meses das integrações A1B-mid e A1B-low, esta foi subestimada. O mês de março mostra uma maior subestimativa (-3,2°C) na integração A1B-lo. Por outro lado, o modelo superestima ligeiramente a temperatura somente no mês de setembro para A1B-std e A1B-hi. O erro médio anual da temperatura, calculado a partir do composto das integrações, foi de –1,6 °C.

A Figura 4 mostra a variabilidade interanual da precipitação e da temperatura para o modelo ETA_HadCM3 e para os dados observados no período de 1961-1990. Observa-se maior (menor) variabilidade interanual da precipitação (temperatura) e nota-se, nos dados observados da precipitação (Fig.4a), que sobre a área da RMRJ choveu menos (mais) nos anos de 1963 e 1984 (1966 e 1988), não havendo uma clara relação com o El Niño ou La Niña (Fig.4a). Na variabilidade interanual da temperatura (Fig. 4b) confirmou-se que o modelo subestima a temperatura (Fig.2a).

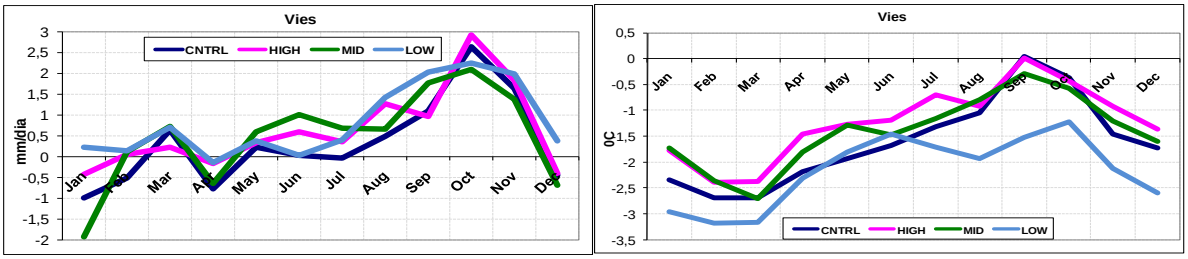


Figura 3. Viés da precipitação **(a)** e temperatura **(b),** derivados do modelo ETA_HadCM3 controle (CNTRLou std) e suas integrações (A1B-hi A1B-mid, A1B-lo) e dos dados observados, para 1961-1990.

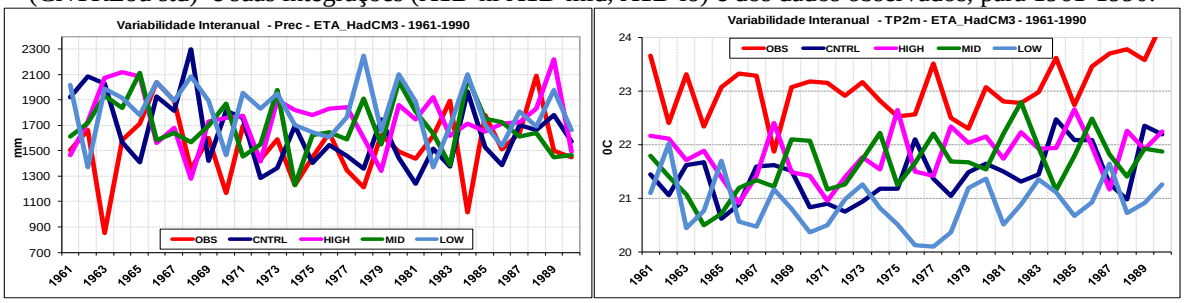


Figura 4. Variabilidade interanual da precipitação **(a)** e temperatura **(b),** derivados do modelo ETA_HadCM3 (A1B-std, A1B-hi, A1B-mid, A1B-lo) e dos dados observados, para o período de 1961-1990.

A variabilidade interanual da temperatura (Fig. 5b), para a média das quatro integrações, mostra uma tendência de aumento gradativo para a projeção futura (2011-2099). Na precipitação observa-se uma tendência linear de ligeiro decréscimo (Fig. 5a). No entanto, os maiores (menores) totais acumulados de chuva poderão ocorrem nos anos de 2019, 2040 e 2088 (2033, 2060 e 2095).

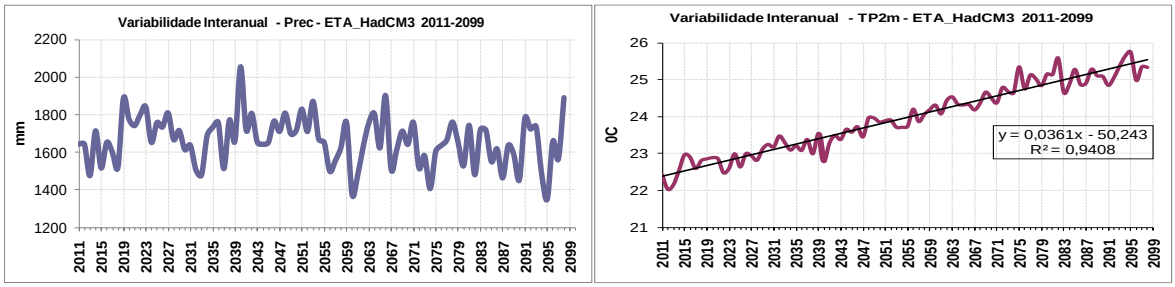


Figura 5. Variabilidade interanual da precipitação **(a)** e temperatura **(b)**, para o período 2011-2099, derivados do modelo ETA_HadCM3, composto por A1B-std e as três integrações (A1B-hi A1B-mid, A1B-lo).

A Figura 6 mostra dois índices climáticos de precipitação (RX1day) e temperatura (TXx), derivados do modelo ETA_HadCM3 A1B-std. Observa-se que, para o clima presente (Fig.6a), o índice de acumulado máximo diário (RX1day) mostra os maiores valores (68mm/dia) no sudeste da RMRJ (Niterói, São Gonçalo e Maricá) e, os menores valores (40mm/dia), no nordeste (Guapimirin). Por outro lado, as projeções futuras (Fig. 6b,c,d) mostram que RX1day será mais intenso nos municípios do Rio de Janeiro, Niterói e Maricá até o *timeslice* de 2071-2099, chegando a até 72mm/dia no sul de Niterói. Na catástrofe ocorrida em abril de 2010 na RMRJ pelas chuvas e temporais, Niterói foi um dos municípios mais atingidos, sendo registrado um acumulado diário de 288mm, o maior dos últimos 40 anos e quatro vezes maior do que o modelo projeta para o clima de

2071-2099. Isto reforça a hipótese de que os atuais eventos extremos de chuva sobre a RMRJ estão sendo mais intensos, em curtos períodos de tempo e que os modelos climáticos ainda têm dificuldades em prevê-los. Por outro lado, o índice TXx mostra os máximos valores de Tmax (37°C), para o clima presente (1961-1990), em Nova Iguaçu, Duque de Caxias e Japeri. Considerando-se o erro sistemático anual da Tmed de -1,6°C, as projeções futuras de TXx mostram que a Tmax pode chegar a até 43°C em Nova Iguaçu, Duque de Caxias e Japeri, no período de 2071-2099.

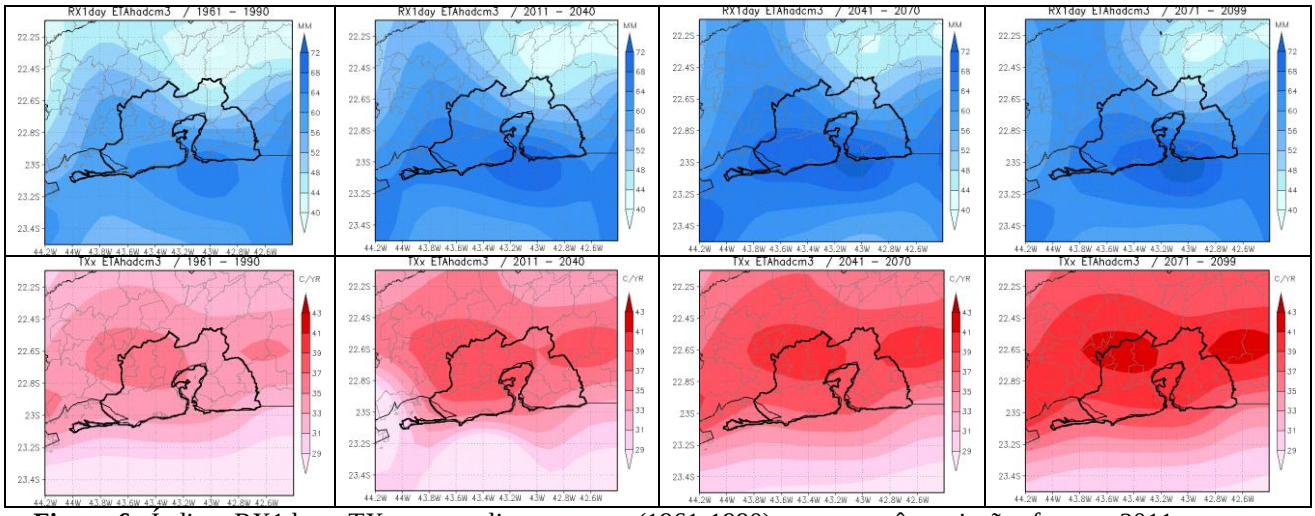


Figura 6. Índices RX1day e TXx para o clima presente (1961-1990) e para as três projeções futuras: 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2099, para o controle (std), derivados do modelo ETA_HadCM3.

5. Considerações Finais

O modelo ETA_HadCM3 mostrou um erro sistemático médio (para quatro integrações A1B-std, A1B-hi A1B-mid, A1B-lo) com tendência a superestimar a precipitação e subestimar a temperatura na RMRJ, para a climatologia de 1961-1990. Portanto as projeções futuras devem considerar estes erros e serem ajustadas para efeitos de utilização e aplicação.

6. Referências Bibliográficas

- Alexander, L. V., X. Zhang, T. C. Peterson, J. Caesar, B. Gleason, A. Klein Tank, M. Haylock, D. Collins, B. Trewin, F. Rahimzadeh, A. Tagipour, P. Ambenje, K. Rupa Kumar, J. Revadekar, G. Griffiths, L. Vincent, D. Stephenson, J. Burn, E. Aguilar, M. Brunet, M. Taylor, M. New, P. Zhai, M. Rusticucci, J. L. Vazquez-Aguirre, 2005: Global observed changes in daily climatic extremes of temperature and precipitation. J. Geophys. Res., 111, D05109, doi:10.1029/2005JD006290.

- Chou. S. C, J. Marengo, A. Lyra, G. Sueiro, J. Pesquero, L. M. Alves, G. Kay, R. Betts D. Chagas, J. L Gomês, J, Bustamante, P. Tavares, 2010: Downscaling of South America present climatic driven by 4-member HadCM3 runs, submitted to Climatic Dynamics.

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2003, Dados da Amostra. Disponível em http://www.ibge.gov.br/bme.