

# IMPLANTAÇÃO DO MODELO HADGEM2 DO UK-MET OFFICE NO INPE: RESULTADOS PRELIMINARES

**Mariane Mendes Coutinho<sup>1</sup>, Vinícius Buscioli Capistrano<sup>1</sup>,  
Marília Harumi Shimizu<sup>1</sup>, Eduardo Fávero Pacheco da Luz<sup>1</sup>, Paulo Nobre<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – mariane.coutinho@inpe.br

**RESUMO:** Este trabalho discute de forma sucinta os primeiros resultados obtidos a partir da implantação do modelo HadGEM2-ES do UK Met Office no INPE, concentrando-se em duas questões: a validade da instalação através da verificação do desempenho do modelo em reproduzir resultados de execuções idênticas nas duas instalações; e a própria capacidade do modelo HadGEM2-ES em simular condições de clima passado sobre a América do Sul. Os resultados indicam que o modelo HadGEM2-ES instalado no INPE fornece resultados satisfatórios em comparação com o seu original no UK Met Office. Além disso, o modelo HadGEM2-ES consegue simular de modo bastante satisfatório o clima sobre a América do Sul, apresentando alguns erros como uma tendência a subestimar a temperatura à superfície, mas reproduzindo bem padrões de precipitação em regiões como a ZCAS.

**ABSTRACT:** This work briefly discusses the first results from the implementation of model HadGEM2-ES of the UK Met Office at INPE, focusing on two issues: the validity of the installation by checking the performance of the model to reproduce the same results for executions in the two facilities, and the very ability of the model HadGEM2-ES to simulate conditions of past climate over South America. The results indicate that the model-ES HadGEM2 installed at INPE provides satisfactory results in comparison with its original at the UK Met Office. In addition, the model HadGEM2-ES can simulate quite satisfactorily the climate on South America, with some small errors as a tendency to underestimate the surface temperature, but precipitation patterns well represented in regions like the SACZ.

## INTRODUÇÃO

Muitos estudos de mudanças climáticas em áreas urbanas, florestas e outras regiões utilizam a técnica de “downscaling” de modelos globais para detalhar as regiões de interesse. Em particular, os modelos globais do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) têm sido os mais frequentemente utilizados como base desses estudos de modelagem regional de mudanças climáticas.

Entre os modelos a serem utilizados no próximo relatório do IPCC (Assessment Report 5 – AR5) estão modelos da família HadGEM2 (Hadley Centre’s Global Environmental Model version two) do UK Met Office, órgão de meteorologia do Reino Unido. Esses modelos foram

disponibilizados pelo UK Met Office para o INPE como parte de um acordo de colaboração científica datado de abril de 2009. A implantação dessa família no INPE foi realizada em uma máquina (super-computador) de fabricante e características diferentes das da utilizada na Met Office, bem como com um outro compilador. Este trabalho apresenta resultados preliminares decorrentes dessa implantação, incluindo uma investigação da capacidade de reproduzir no INPE resultados de rodadas executadas nas condições computacionais do UK Met Office. São executadas as rodadas de controle pré-industrial (PI Control) e histórica (Historical) propostas pelo CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project 5), e, no caso da rodada histórica, os resultados são comparados com dados observacionais e de reanálise, de modo a avaliar o desempenho do modelo HadGEM2-ES em simular o clima passado/presente.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O modelo utilizado no presente trabalho é o HadGEM2-ES do UK Met Office. A família de modelos HadGEM é uma coleção no estado da arte de modelos globais que são usados para reduzir a incerteza e representar e prever retroalimentações complexas no sistema climático (Pope et al. 2007). O acrônimo HadGEM2-ES indica a versão 2 de modelos HadGEM com as chamadas componentes de sistema terrestre (“ES” representa Earth System), que em relação à configuração básica de acoplamento atmosfera-oceano correspondem aos processos do ciclo de carbono e à química troposférica (Martin et al. 2011).

A componente atmosférica do modelo tem resolução horizontal de 1.25° por 1.875° em latitude-longitude, com 38 níveis na vertical. A componente oceânica usa uma grade latitude-longitude com resolução zonal constante de 1° e resolução meridional variável, consistindo de 1° entre os pólos e 30° de latitude e aumentando suavemente até 1/3° no equador, com 40 níveis na vertical. Para fins comparativos, dois experimentos idênticos aos realizados pelo UK Met Office para o CMIP5 foram rodados no INPE: o PI Control e o Historical. O primeiro trata-se de uma rodada com emissões fixas e iguais às da era pré-industrial. O segundo é rodado com arquivos de emissões não constantes fornecidas pelo IPCC. O PI Control é útil para avaliar o impacto de emissões devido a atividades antropogênicas. Já o Historical é uma simulação comparável às observações históricas, de forma a se obter informações sobre o desempenho do modelo para clima passado/presente.

Os períodos analisados aqui para a comparação entre os resultados obtidos pelo UK Met Office e o INPE são de 1860 a 1903 para o experimento PI Control e 1860 a 1875 para o Historical. Para o experimento Historical utiliza-se também o período de 1979 a 2001 para avaliar o desempenho do modelo em simular o clima passado/presente para a América do Sul através da comparação com dados observacionais de precipitação do GPCP (Global Precipitation Climatology Project, Adler et al. 2003) e de reanálise do NCEP/ DOE II (Kanamitsu et al. 2002).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação entre diversas variáveis das rodadas PI Control e Historical executadas no INPE com as correspondentes variáveis das rodadas executadas pelo UK Met Office mostram que o modelo instalado no INPE em condições computacionais distintas das do UK Met Office é capaz de reproduzir satisfatoriamente os resultados previamente obtidos por este último. Mostra-se aqui, como exemplo, médias trimestrais e anuais de temperatura à superfície na Fig. 1, na qual nota-se que as médias trimestrais obtidas pelo INPE e pelo UK Met Office para o CMIP5 são bastante similares para ambos os experimentos. As diferenças são menores para o experimento PI Control, no qual mesmo nas regiões com maiores diferenças os valores não ultrapassam 3°C. Para o experimento Historical as maiores diferenças, ficam entre 3 e 4°C e estão, assim como no experimento PI Control, concentradas nas latitudes mais altas e nos pólos. Em relação às médias anuais, os valores máximos das diferenças são menores que 2°C.

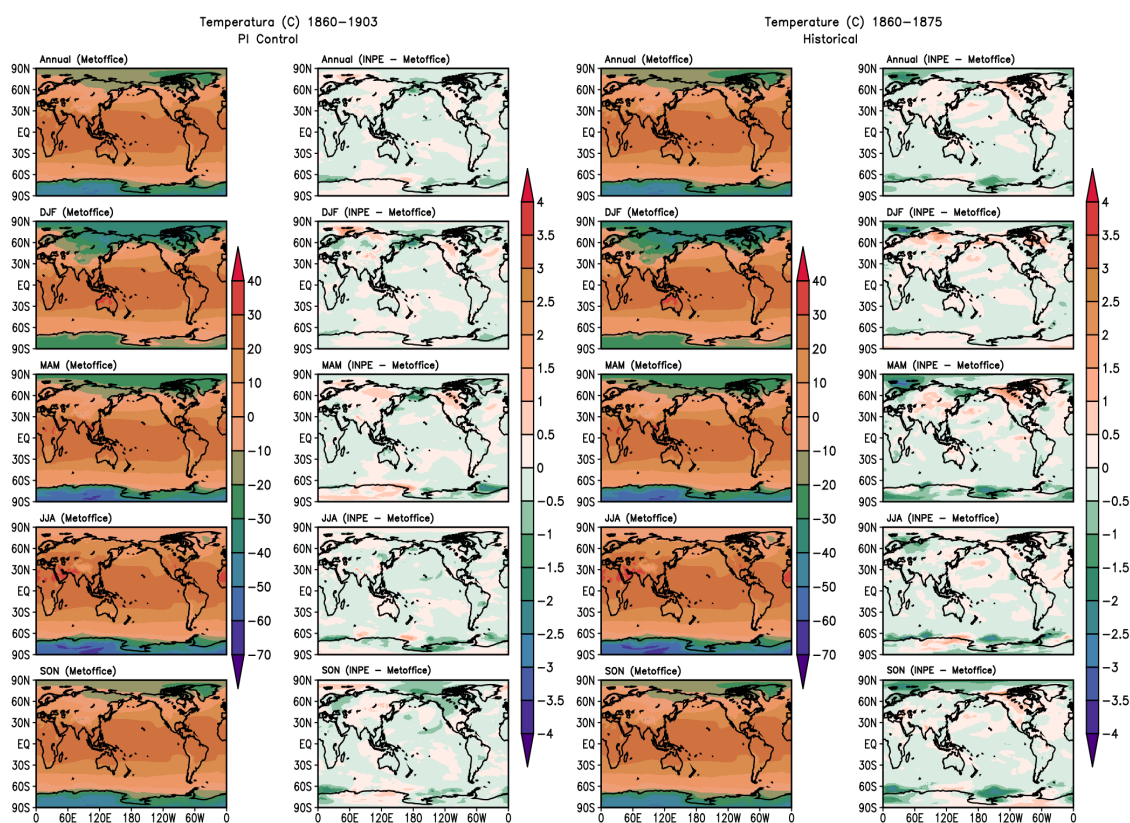


Figura 1 – Temperatura à superfície (°C) obtida pelo UK Met Office e correspondentes diferenças em relação aos resultados obtidos pelo INPE para os experimentos PI Control (duas colunas à esquerda) e Historical (duas colunas à direita) para as médias: anual, DJF, MAM, JJA e SON (de cima para baixo).

As médias de temperatura hemisféricas mostradas nos gráficos da Fig. 2 indicam que os valores médios mensais variam de forma consistente para as execuções de ambos os experimentos na

Met Office e no INPE, com a distância entre as curvas sendo ligeiramente mais pronunciada para o Hemisfério Sul.

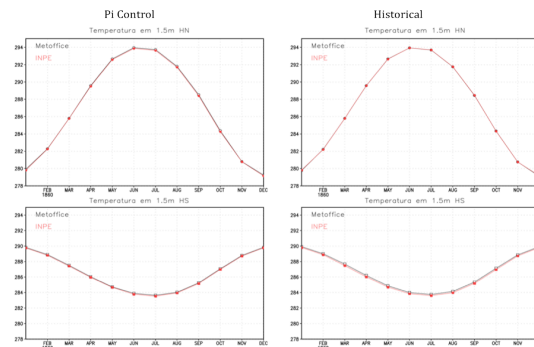


Figure 2 - (a) Médias mensais de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) nos hemisférios norte (superior) e sul (inferior) para os experimentos PI Control (esquerda) e Historical (direita) executados pelo INPE (curva em vermelho) e UK Met Office (curva em preto).

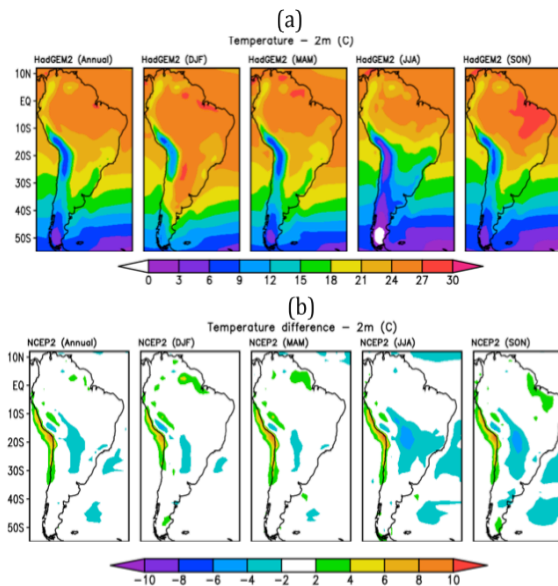


Figura 3 – Temperatura em 2m ( $^{\circ}\text{C}$ ) do modelo HadGEM2-ES no experimento Historical no período de 1979 a 2001: (a) médias anual, DJF, MAM, JJA e SON, e (b) correspondentes diferenças em relação à ranálise do NCEP/DOE II.

Em relação à habilidade do modelo HadGEM2-ES em simular o clima passado/presente, a Fig. 3 mostra as médias anual e trimestrais de temperatura em 2m e os respectivos erros em relação à reanálise para o período de 1979 a 2001 para o experimento Historical. Exceto para a fronteira oeste da América do Sul, próximo à Cordilheira dos Andes, os erros encontrados em relação à reanálise apresentam valores absolutos menores que  $6^{\circ}\text{C}$  e indicam que o modelo tem uma tendência a subestimar a temperatura em relação à análise. Para a precipitação, nota-se na Fig.4 uma boa concordância em relação aos valores do GPCP, com alguns erros em intensidade e posição da ITCZ e no oeste do continente, mas uma boa representação da precipitação na região

da ZCAS.

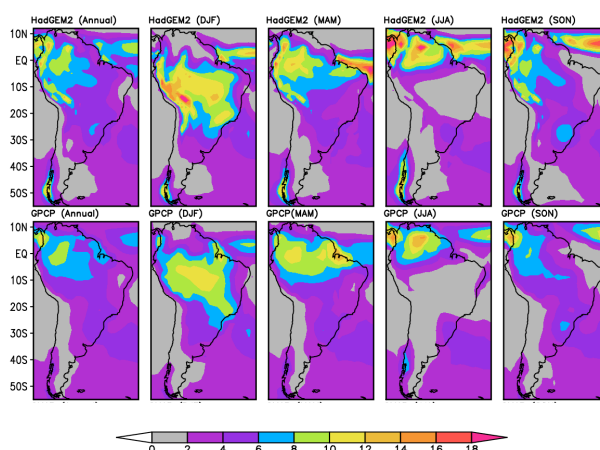


Figura 4 – Precipitação média anual, DJF, MAM, JJA e SON, em mm/dia do modelo HadGEM2-ES no experimento Historical (superior) e dos dados do GPCP (inferior) para o período de 1979 a 2001.

## CONCLUSÕES

O modelo HadGEM2-ES, que pode ser considerado bastante completo para o estado da arte atual e apresenta um aparato computacional complexo, foi implementado a contento no INPE, de modo a fornecer confiança para a sua utilização pela comunidade científica em experimentos de mudanças climáticas. Apesar da complexidade das retroalimentações consideradas, o modelo apresenta um bom desempenho sobre a América do Sul, inclusive na representação de padrões de precipitação. Os resultados apresentados neste trabalho representam uma pequena parte do conjunto encorajador de resultados analisados, tanto do ponto de vista da concordância com o modelo em funcionamento no UK Met Office quanto do ponto de vista da habilidade do próprio HadGEM2-ES em simular as condições de clima passado/presente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adler, R.F. e co-autores, 2003: The Version 2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Monthly Precipitation Analysis (1979-Present). *J. Hydrometeor.*, **4**,1147-1167.
- M. Kanamitsu, W. Ebisuzaki, J. Woollen, S-K Yang, J.J. Hnilo, M. Fiorino, e G. L. Potter, 2002: NCEP-DEO AMIP-II Reanalysis (R-2). *Bul. of the Atmos. Met. Soc.*, 1631-1643
- Martin, G. M., e co-autores, 2011: The HadGEM2 family of Met Office Unified Model Climate configurations, *Geosci. Model Dev. Discuss.*, **4**, 765–841.
- Pope, V., e co-autores, 2007: The Met Office Hadley Centre climate modelling capability: the competing requirements for improved resolution, complexity and dealing with uncertainty. *Phil. Trans. R. Soc. A*, **1860**, 2635-2657.