

Relatório Parcial

Título do projeto de pesquisa: Simulações Climáticas do IPCC para a região do Centro de Lançamento de Alcântara
Bolsista: Melissa Dias da Silva Oliveira
Orientador(a): Mariane Mendes Coutinho
Período a que se refere o relatório: Agosto de 2017 a Agosto de 2018

Resumo

O objetivo deste projeto é fazer um estudo avaliativo das variáveis meteorológicas temperatura, precipitação e vento fornecidas por modelos que disponibilizaram dados ao mais recente (quinto) relatório (*Assessment Report*) do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC-AR5), de forma a verificar aqueles que melhor simulam essas variáveis para a região do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), situado na costa norte do nordeste brasileiro. Por meio da variável precipitação foi possível também fazer a investigação das simulações destes modelos para o sistema meteorológico Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Foram analisados os resultados dos modelos: ACCESS1.0, ACCESS1.3, CanESM2, CNRM-CM5, CSIRO-Mk3.6, EC-EARTH, GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, MIROC5, MPI-ESM-MR e NorESM1-M. Entre esses modelos, foram encontrados, através da comparação de seus resultados com dados observacionais ou de reanálise, os que apresentaram os menores e os maiores erros na simulação sazonal no CLA e vizinhanças e do deslocamento da ZCIT. O modelo ACCESS1.3 apresentou os maiores erros deste estudo, no caso da simulação das variáveis meteorológicas, enquanto que o modelo HadGEM2-ES foi o que apresentou os menores erros considerando-se o conjunto das análises realizadas destas variáveis e também a simulação do deslocamento da ZCIT.

1. Introdução

A região de Alcântara, situada no estado do Maranhão, em função de sua localização privilegiada próximo à linha do Equador, a 02° 24' S de latitude e a 44° 24' O de longitude, é

uma área estratégica para exploração espacial sendo o local onde está instalada uma importante base brasileira de lançamentos espaciais, o denominado Centro de Lançamento de Alcântara (CLA, Faria et al, 2014) [1]. A região possui predomínio do clima tropical úmido descrito por influências atmosféricas atuantes no local, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os ventos alísios, a Linha de Instabilidade da Costa Amazônica e os contrastes de temperatura entre continente/mar, que favorecem a ocorrência de brisas marítimas, entre vários outros fenômenos de frequência normal e/ou esporádicos (Pereira et al., 2002) [2].

A variação sazonal da temperatura média mensal na região é pequena, sendo que o mês de novembro (março) apresenta temperatura média mensal maior (menor) do que a temperatura de outros meses, com 28,1°C (26,7°C). O regime de precipitação é caracterizado por alternância de estações seca e chuvosa: a estação chuvosa (seca) ocorre entre os meses de janeiro e junho (julho e dezembro), e os máximos (mínimos) de precipitação ocorrem nos meses de março e abril (setembro e novembro) (Nogueira, 2010) [3].

No caso dos ventos, como são provenientes do oceano e possuem perfil inicialmente em equilíbrio com a superfície lisa, ao sofrerem uma mudança devido a alteração brusca de rugosidade superficial há a modificação de seu perfil e um novo equilíbrio é estabelecido de forma gradual. Nesta interação ocorre o deslocamento vertical do nível zero da superfície devido à falésia e a vegetação arbustiva do local. Como a rampa de lançamento está numa localização próxima a costa litorânea, os foguetes sofrem a influência de intensa turbulência ao ascenderem verticalmente (Roballo et al., 2008) [4].

Dessa forma, um fator importante para o êxito na execução de lançamentos espaciais é o conhecimento do comportamento climático presente e futuro na região, incluindo a variabilidade anual de variáveis meteorológicas como temperatura, precipitação e vento, bem como o posicionamento de sistemas meteorológicos atuantes, como por exemplo a ZCIT, que influenciam fortemente a região e os lançamentos. Projeções futuras para variáveis meteorológicas sob cenários de mudanças climáticas podem ser obtidas através de modelos climáticos. Contudo, há uma série de diferentes modelos climáticos disponíveis, de modo que é importante investigar a confiabilidade desses modelos para a região do CLA.

A base de dados do mais recente (quinto) relatório (*Assessment Report*) do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, o IPCC-AR5, disponibiliza resultados de vários modelos climáticos, considerados o “estado da arte” na modelagem de mudanças climáticas.

Para cada modelo há uma grande quantidade de projeções futuras obtidas a partir de condições iniciais distintas e sob diferentes cenários futuros de forçante radiativa. Uma indicação de confiabilidade para as projeções futuras desses modelos pode ser obtida pela avaliação dos resultados de simulações do clima passado fornecidas por experimentos denominados “históricos”.

A maioria dos modelos CMIP5 conseguem representar a variação anual da temperatura no nordeste do Brasil, sendo que simulam com certa destreza o ciclo anual da região em comparação ao observado. Em geral conseguem representar, no caso da precipitação, maior porcentagem entre os meses de novembro e julho, e valores mais baixos entre julho e setembro. Para o ciclo anual, observou-se para esta variável superestimativa para alguns modelos e subestimativa para outros. Na estação chuvosa da região a maioria dos modelos indicaram maior precipitação em relação ao observado e o contrário para a estação seca (Guimarães et al., 2016) [5]. Além do mais a evolução dos modelos desde o CMIP3, mostra que no CMIP5 houve a redução do viés duplo da ZCIT (Hirota & Takayabu, 2013) [6].

Visto posto, o objetivo deste projeto é identificar dentre os modelos: ACCESS1.0, ACCESS1.3, CanESM2, CNRM-CM5, CSIRO-Mk3.6, EC-EARTH, GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, MIROC5, MPI-ESM-MR e NorESM1-M aquele(s) que melhor simula(m) as condições climáticas para a região onde se localizada o CLA e o deslocamento do sistema meteorológico ZCIT, tendo como base os resultados das simulações históricas destes que participam do IPCC-AR5. As condições climáticas e a ZCIT simuladas pelos modelos e as indicadas por bases de dados observacionais serão comparadas visando avaliar a habilidade em simular o clima da região em que se encontra o CLA e o posicionamento deste sistema, respectivamente, de modo a indicar os modelos com melhor desempenho para as variáveis investigadas na região do CLA e para a ZCIT.

2. Materiais e Métodos

O início do projeto deu-se com a obtenção dos dados dos modelos, do período que se inicia no ano de 1979 e termina no ano de 2005, por meio do *Earth System Grid Federation* (ESGF) [7]. E os dados observados ou de reanálises foram obtidos por meio do *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP) disponibilizados por *Earth System Research – Laboratory* (ESRL) [8] e ERA-Interim disponibilizados pelo *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) [9], para precipitação, temperatura e vento, respectivamente.

Após, por meio do *software* “*Climate Data Operators*” (CDO, Santos, 2014) [10] versão cdo-1.7.2, os dados de base observacional (com maior resolução) e os dados dos modelos foram processados de forma a permitir comparações entre si.

Em seguida, o *software* “*The Grid Analysis and Display System*” (GrADS; Santos, 2014 e Reboita, 2017) [11 e 12] versão 2.0.1.oga.1 (*Open Grads*) foi, então, utilizado como ferramenta gráfica para a comparação dos resultados dos modelos (Tabela 1) com a reanálise ou dados observacionais. Assim, foram calculadas as médias para as estações do ano, tanto para o ensemble dos modelos (Tabela 1) quanto para as bases observacionais (descritas a seguir), da temperatura do ar em 1,5 m, precipitação e do vento, em 850 hPa e 250 hPa. Para a temperatura do ar em 1,5 m e o vento em 850 hPa e 250 hPa a comparação dos resultados dos modelos utilizados foram feitas com os dados de reanálise ERA-Interim. Da mesma forma, para a precipitação foram utilizados os dados observacionais do GPCP.

Os scripts foram utilizados para plotar as figuras das médias trimestrais de dezembro-janeiro-fevereiro (DJF), março-abril-maio (MAM), junho-julho-agosto (JJA) e setembro-outubro-novembro (SON) para cada uma das variáveis citadas acima. As coordenadas utilizadas para a representação da região do CLA e suas vizinhanças foram: latitude de 10°S a 0° e da longitude de 50°O a 40°O e para a representação da ZCIT foram: latitude de 12°N a 18°S e da longitude de 120°O a 0°. E por último foi utilizado o *software* “*Microsoft Excel*” (Excel, 2016) para plotagem das séries sazonais das variáveis para a região do CLA.

As características dos modelos utilizados no projeto são apresentadas na tabela abaixo:

Tabela 1- Descrição dos modelos estudados.

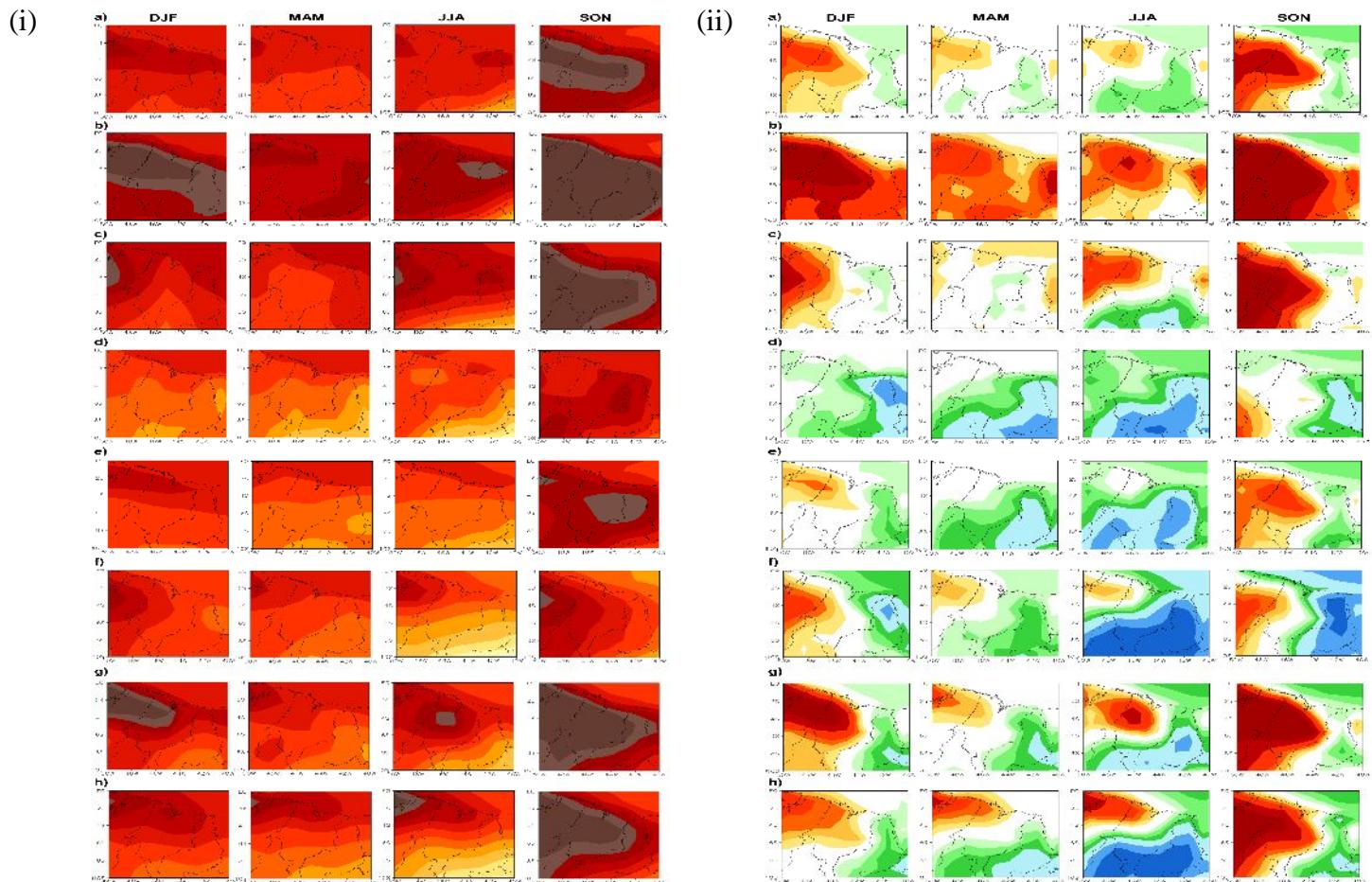
Modelo	INSTITUIÇÃO, país	Lat x Lon (Resolução)	Ensemble (Membros)
ACCESS1.0	Australian Community Climate and Earth-System Simulator 1.0 –ACCESS, Austrália	1,25x1,875	3
ACCESS1.3	Australian Community Climate and Earth-System Simulator 1.3 –ACCESS, Austrália	1,25x1,875	3
CanESM2	Centre for Climate Modelling and Analysis –CCCMA, Canadá	2,791x2,812	6
CNRM-CM5	Centre National de Recherches Meteorologiques/Centre Europeen de Recherche et Formation Avancees en Calcul Scientifique –CNRM/CERFACS,	1,401x1,406	10

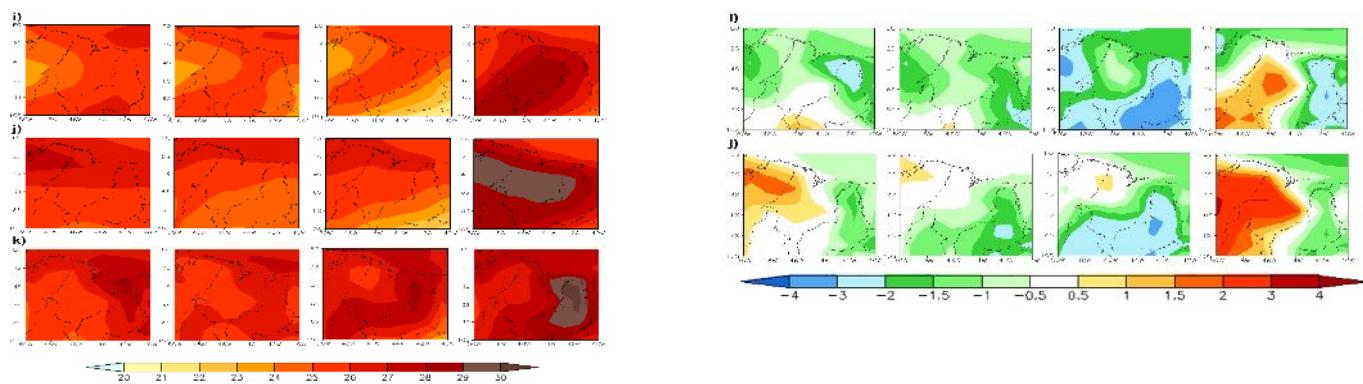
	França		
CSIRO-Mk3.6	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization/Queensland Climate Change Centre of Excellence - CSIRO-QCCCE, Austrália	1,865 x 1,875	10
EC-EARTH	EC-EARTH consortium, Europa	1,1215 x 1,125	3
GFDL-ESM2M	Geophysical Fluid dynamics laboratory - NOAA-GFDL, USA	2,022 x 2,5	1
HadGEM2-ES	Met Office Hadley Centre-MOHC, Inglaterra	1,875x1,25	4
IPSL-CM5A-LR	Institute Pierre-Simon laplace-IPSL, França	1,895x3,75	6
MIROC5	Atmosphere and Ocean Research Institute (Univ. of Tokyo), National Institute for Environmental Studies and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology-MIROC, Japão	1,406x1,389	5
MPI-ESM-MR	Max Planck Institute for Meteorology-MPI-M, Alemanha	1,865x1,875	3
NorESM1-M	Norwegian Climate Centre-NCC, Noruega	2,5x1,89	3

3. Resultados

As figuras a seguir são as representações dos resultados obtidos através do *software* GrADS para o período de 1979 a 2005. A temperatura mostrada na Fig.1 (i) indica uma pequena variação para as médias trimestrais de temperatura ao longo do ano, tanto para os modelos e a média dos modelos (Fig. 1 (i): (a) a (j)) quanto para a reanálise (Fig. 1 (i): k), sendo SON o trimestre mais quente do ano. Essa pequena amplitude está de acordo com o esperado para essa localização próximo à linha do Equador, que recebe uma incidência de radiação com menor variação ao longo do ano em comparação com áreas localizadas em maiores latitudes. Para uma visualização mais clara das diferenças, a Fig. 1 (ii) mostra a diferença entre os valores de temperatura dados por cada modelo, pela média deles e os valores fornecidos pelo ERA-Interim. Nota-se que em DJF e SON o comportamento dos erros em relação à reanálise é similar entre os modelos ACCESS1.0, HadGEM2-ES, CanESM2, IPSL-CM5A-LR, MIROC5, MPI-ESM-MR e a média dos modelos em relação às áreas de superestimativa no lado oeste e subestimativa no lado leste do domínio. Já para MMA e JJA, os modelos

CNRM-CM5, HadGEM2-ES, NorESM1-M e a média dos modelos subestimam a temperatura sobre o domínio considerado, enquanto que os modelo ACCESS1.0, CanESM2, IPSL-CM5A-LR, MIROC5 e MPI-ESM-MR seguem o mesmo comportamento de DJF e SON, i.e., superestimativa no lado oeste e subestimativa no lado leste do domínio. O modelo ACCESS1.3 superestima a temperatura sobre toda a região continental do domínio nas médias para todos os trimestres do ano. Os modelos ACCESS1.0, HadGEM2-ES, NorESM1-M e a média dos modelos, por possuírem erros em geral menores, (com maiores valores absolutos estando, em geral, abaixo de 3°C durante a maior parte do ano), podem ser apontados como os que melhor simulam a temperatura no domínio de estudo entre os modelos analisados. Especificamente para o trimestre mais quente do ano (SON), considerando-se apenas as quatro escolhas, os modelos HadGEM2-ES e NorESM1-M apresentam menores erros, enquanto que, para os trimestres MAM e JJA, o modelo ACCESS1.0 é o de melhor desempenho. Para DJF o modelo, dentre os quatro de melhor desempenho geral, que apresenta menores erros é o HadGEM2-ES.



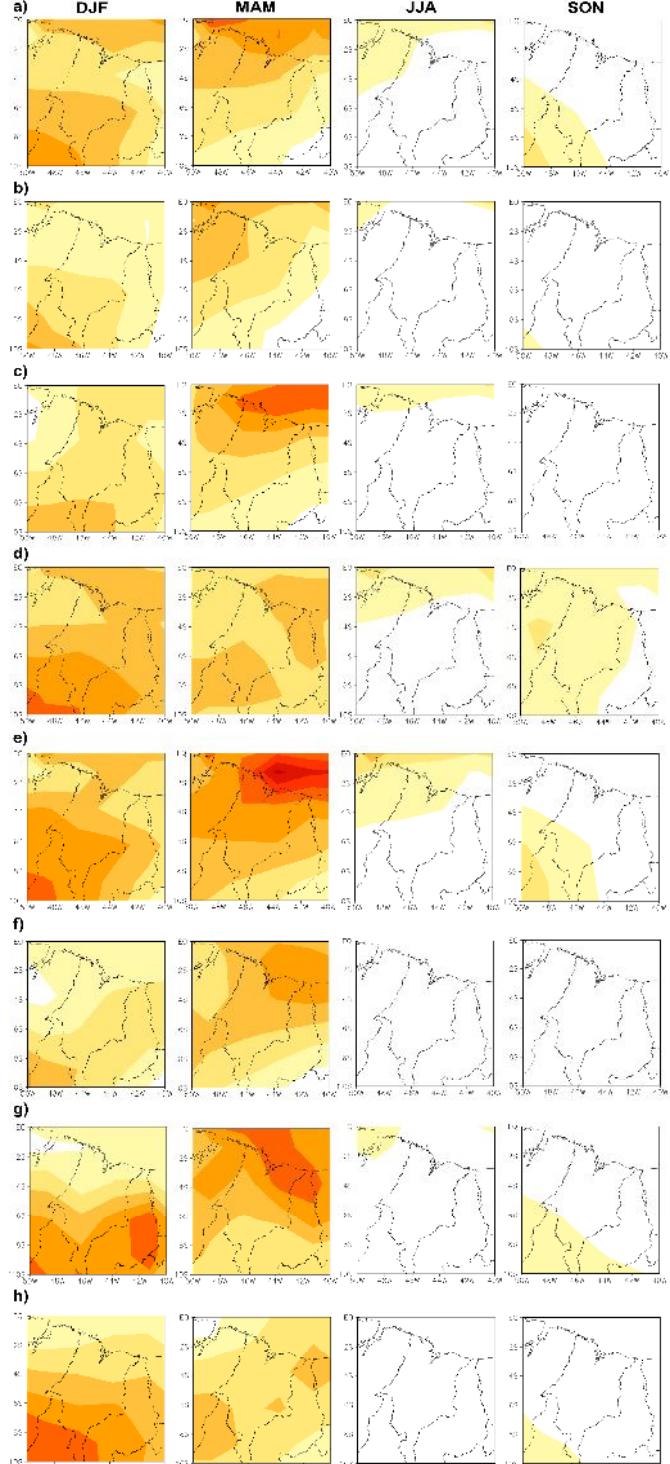


Figuras 1 - Médias em DJF, MAM, JJA e SON no período de DEZ/1979 a NOV/2005 para: (i) temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) em 1,5 m segundo os modelos (a) ACCESS1-0, (b) ACCESS1-3, (c) CanESM2, (d) CNRM-CM5, (e) HadGEM2-ES, (f) IPSL-CM5A-LR, (g) MIROC5, (h) MPI-ESM-MR, (i) NorESM1-M, (j) Média dos modelos e a reanálise (k) ERA-Interim; (ii) diferença em relação aos dados do ERA-Interim para temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) em 1,5 m segundo os modelos e a média deles de (a) a (j) citados acima. Coordenadas: latitude de 10°S a 0° e longitude de 50°O a 40°O.

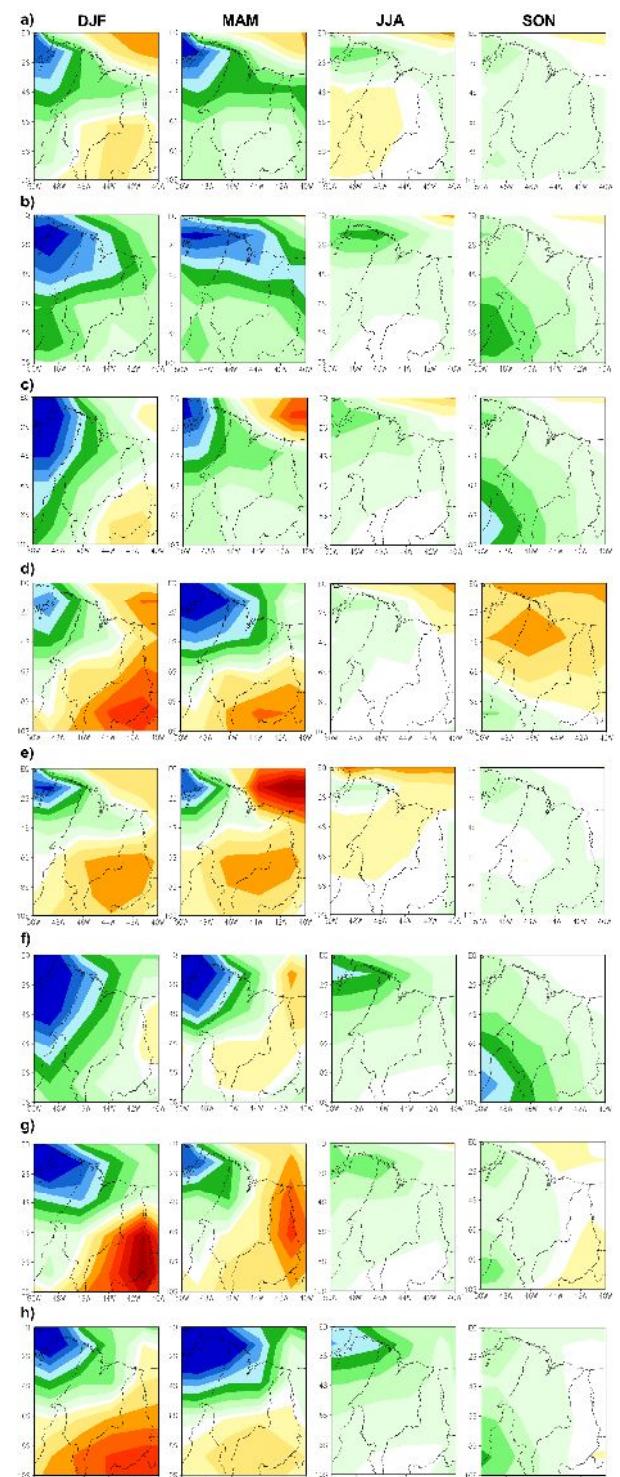
A precipitação mostrada na Fig. 2 (i) indica que os modelos e a média dos modelos conseguem simular o ciclo de precipitação ao longo do ano indicado pelos dados do GPCP (Fig. 2 (i): k), com JJA e SON como os trimestres mais secos e DJF e MAM como os mais chuvosos. No entanto, no trimestre SON o modelo CNRM-CM5 (Fig. 2 (i): d) simula uma quantidade maior de precipitação que a indicada pelos dados do GPCP sobre a maior parte do domínio considerado. Analisando-se as diferenças entre os resultados dos modelos e os dados do GPCP na Fig. 2 (ii), nota-se que a precipitação simulada pela maioria dos modelos para os dois trimestres mais chuvosos, MAM e DJF, é subestimada sobre o nordeste do Pará e o norte dos estados do Maranhão e Piauí, numa área que inclui o CLA. No trimestre mais chuvoso (MAM), a subestimativa da precipitação pelos modelos ACCESS1.0, ACCESS 1.3 e CanESM2 estende-se por toda a área continental do domínio (Fig. 2 (ii): (a), (b) e (c)), enquanto que os modelos HadGEM2-ES, MIROC5, NorESM1-M e a média dos modelos apresentam erros menores para a área continental nesse trimestre (Fig. 2 (ii): (e), (g), (i) e (j)). Em JJA, os modelos que melhor simulam a precipitação sobre a área continental no noroeste do domínio (mostrada na Fig. 2 (i): k) são o CNRM-CM5, o HadGEM2-ES, o NorESM1-M e a média dos modelos. Para o trimestre SON, nota-se claramente que o modelo HadGEM2-ES (Fig. 2 (ii): e) é o que apresenta menores erros na simulação da precipitação sobre o sudoeste

do domínio (vide Fig. 2 (i): k). Nota-se, também, que o modelo ACCESS1.3 subestima a precipitação sobre toda a região continental do domínio em todos os trimestres do ano (Fig. 2 (i): b).

(i)



(ii)



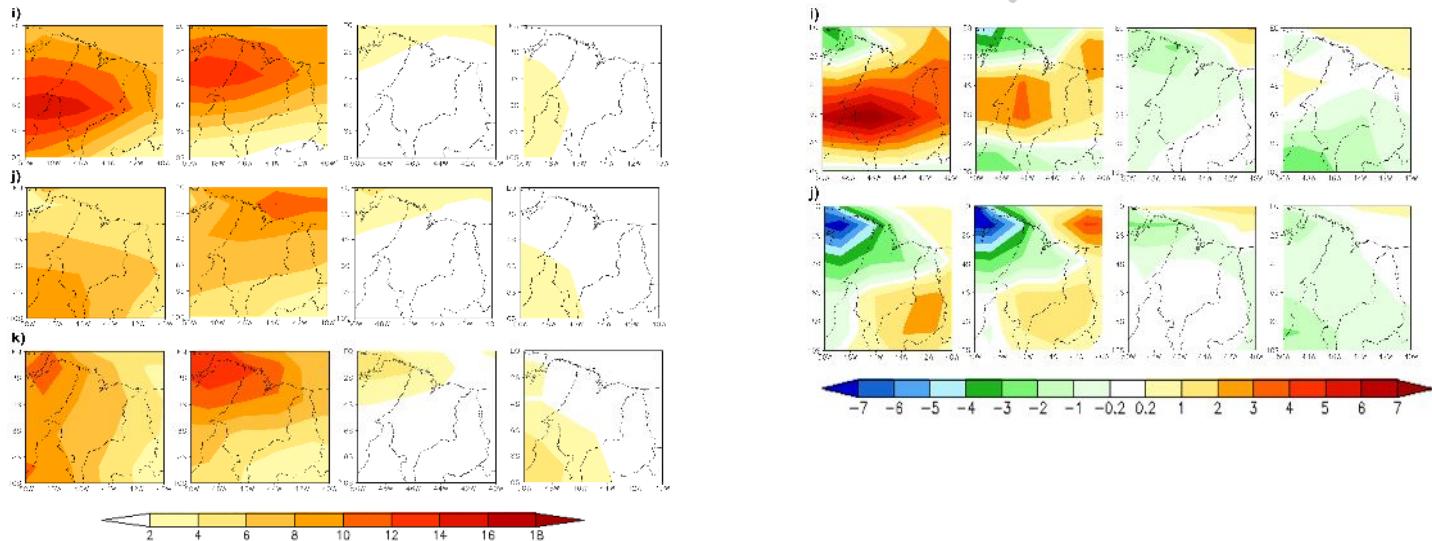


Figura 2- O mesmo que a Fig.1 só que para a variável precipitação (mm/dia) e a série observacional GPCP.

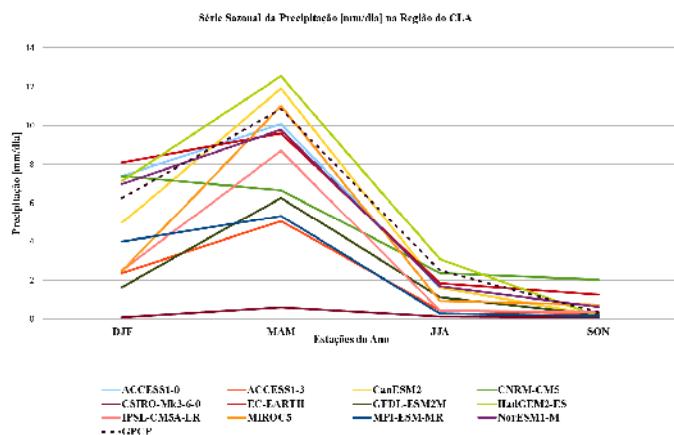
A Fig. 3 mostra a variação sazonal das variáveis temperatura do ar em 1,5 m, precipitação, magnitude do vento em 850 hPa e 250 hPa considerando seus valores no ponto de grade em que se localiza o CLA para os diferentes modelos analisados. Para a temperatura (Fig. 3b), os modelos HadGEM2-ES e MIROC5 conseguem representar melhor o padrão da reanálise, mas, no entanto, comparando-se essa análise “pontual” com a análise anterior para a Fig. 1 (ii), nota-se que o modelo MIROC5 tem erros relativamente grandes na vizinhança do CLA. A Fig. 3b indica, também, que os modelos que mais subestimam a temperatura sobre o CLA são o NorESM1-M, IPSL-CM5A-LR e EC-EARTH e os que mais a superestimam são o ACCESS 1.3 e o MPI-ESM-MR.

A Fig. 3a mostra que os modelos ACCESS1.0, CanESM2, HadGEM2-ES, MIROC5 e NorESM1-M indicam o comportamento e os valores da precipitação de modo similar ao GPCP ao longo das estações do ano, enquanto que os modelos ACCESS 1.3, CNRM-CM5, CSIRO-Mk3.6, GFDL-ESM2M, IPSL-CM5A-LR e MPI-ESM-MR apresentam os maiores erros na simulação da precipitação sobre o CLA.

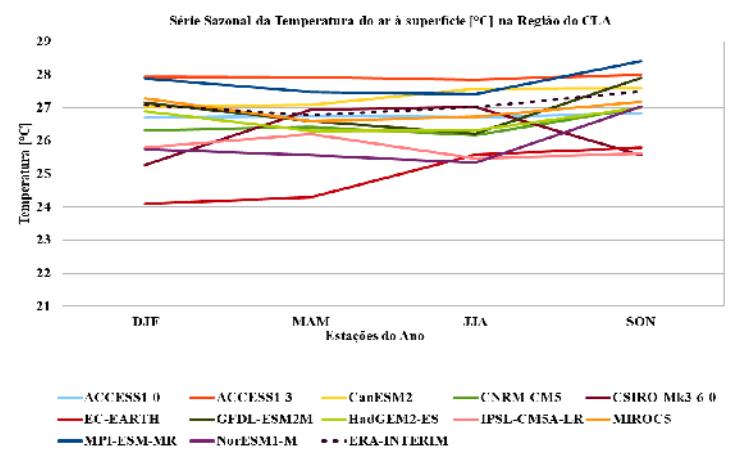
Analizando-se a magnitude do vento em 850 hPa (Fig. 3c), nota-se que, excluindo-se o ACCESS 1.3 e o CSIRO-Mk3.6, os modelos conseguem simular que a maior intensidade do vento ocorre nos trimestres mais secos (JJA e SON). Para os trimestres de menor intensidade do vento em 850 hPa (DJF e MAM), os modelos com maiores erros são o ACCESS 1.3 e o CSIRO-Mk3.6 (superestimativa) e o CNRM-CM5 e EC-EARTH (subestimativa).

No caso da magnitude do vento em 250 hPa (Fig. 3d), observa-se que os piores modelos em simular essa variável são CSIRO-Mk3.6 e EC-EARTH.

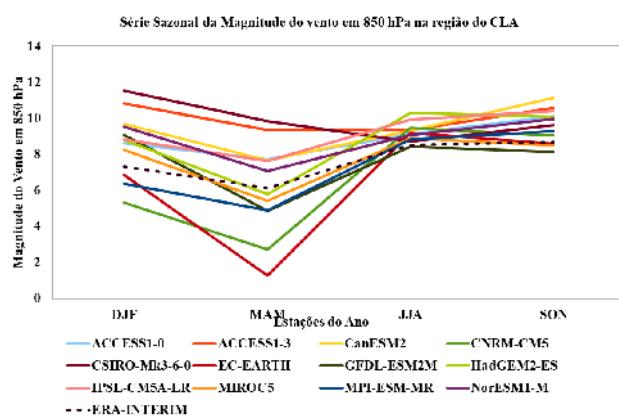
(a)



(b)



(d)



(c)

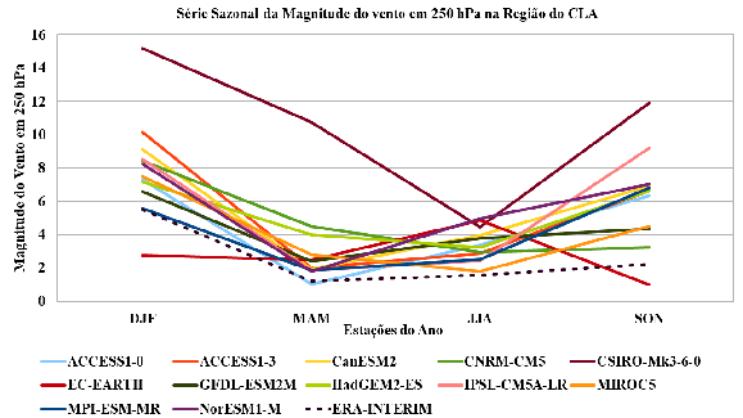
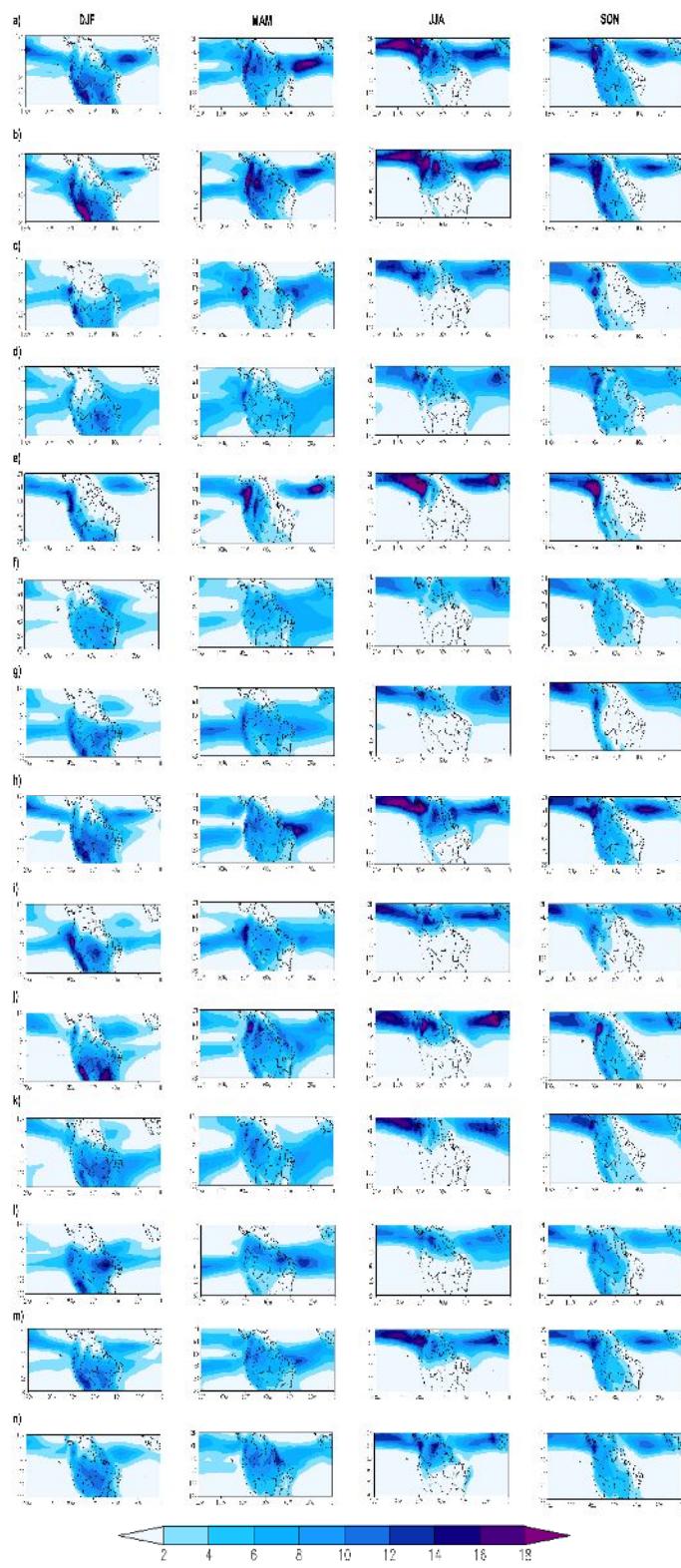


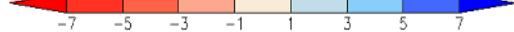
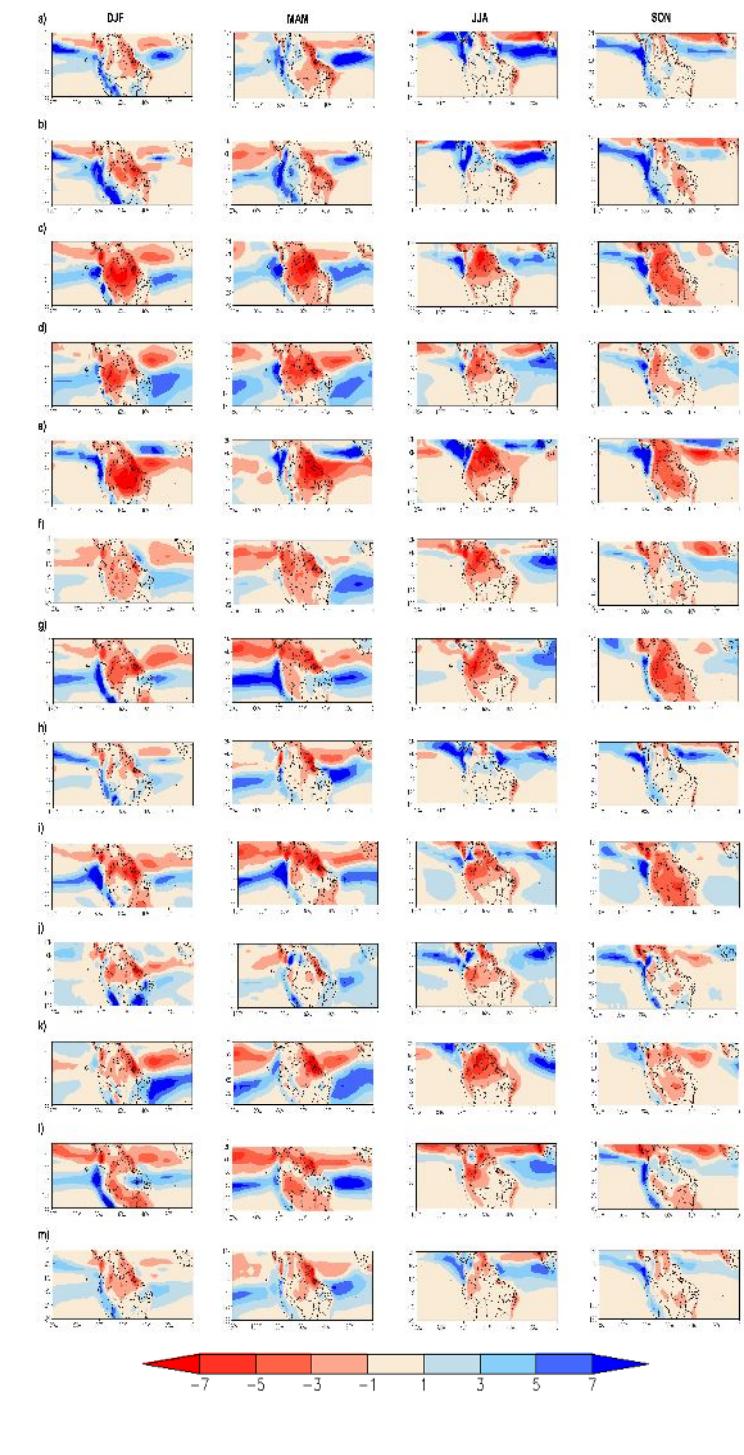
Figura 3 - Gráficos da variação sazonal média (DJF, MAM, JJA e SON) no período de DEZ/1979 a NOV/2005 sobre o CLA segundo as médias dos ensembles dos modelos ACCESS1.0, ACCESS1.3, CanESM2, CNRM-CM5, CSIRO-Mk3.6, EC-EARTH, GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, MIROC5, MPI-ESM-MR, NorESM1-M em relação a dados de base observacional para as variáveis: (a) precipitação (mm/dia) em relação a dados GPCP, (b) temperatura do ar (°C) em 1,5 m em relação a dados da reanálise ERA-Interim, (c) magnitude do vento em 850 hPa , em relação a dados da reanálise ERA-Interim e (d) magnitude do vento em 250 hPa , em relação a dados da reanálise ERA-Interim.

A ZCIT mostrada na Fig.4 (i) indica que os modelos conseguem de modo geral representar o posicionamento desse sistema (Fig. 4 (i): (a) a (m)) em relação ao GPCP (Fig. 4 (i): n), sendo que nos trimestres JJA e SON (inverno no Hemisfério Sul), este se encontra deslocado mais ao norte (Melo et al.,2009) [13].

(i)



(ii)



Figuras 4 – Deslocamento da ZCIT em DJF, MAM, JJA e SON no período de DEZ/1979 a NOV/2005 para: (i) precipitação (mm/dia) segundo os modelos (a) ACCESS1-0, (b) ACCESS1-3, (c) CanESM2, (d) CNRM-CM5, (e) CSIRO-Mk.3.6, (f) EC-EARTH, (g) GFDL-M2M, (h) HadGEM2-ES, (i) IPSL-CM5A-LR, (j) MIROC5, (k) MPI-ESM-MR, (l) NorESM1-M, (m) Média dos modelos e o observado (n) GPCP; (ii) diferença em relação aos dados do GPCP para precipitação (mm/dia) segundo os modelos e a média deles de (a) a (m) citados acima. Coordenadas: latitude de 12°N a 18°S e da longitude de 120°O a 0°.

Para uma visualização mais clara desse sistema, a Fig.4 (ii) mostra a diferença entre os valores de precipitação dados por cada modelo, pela média deles e os valores fornecidos pelo GPCP em um domínio maior. Nota-se que em DJF e MAM, em geral, a maioria dos modelos e também a média dos mesmos, em relação a banda dupla da ZCIT, possuem um comportamento de subestimativa da precipitação na banda mais ao norte enquanto que na banda mais ao sul, predominantemente sobre o oceano, esta variável é mais superestimada. Já para JJA e SON, é nítido uma subestimativa da variável em praticamente todo o continente sendo mostrada por quase todos os modelos e pela média dos mesmos. Em geral, os melhores desempenhos do posicionamento da ZCIT em relação a menores magnitudes de subestimativa e/ou superestimativa no domínio considerado foram os modelos ACCESS1.0, EC-EARTH, HadGEM2-ES, MIROC5 e a média dos modelos, sendo que dentre estes o HadGEM2-ES foi o melhor em descrever o deslocamento deste sistema meteorológico no período mais chuvoso e mais seco do norte da região Nordeste, mais especificamente, próximo a região do CLA.

4. Próximas Etapas

Nas próximas etapas do projeto, o estudo será voltado para investigação das projeções da representação da ZCIT pelos modelos CMIP5.

5. Conclusões

As análises através do software GrADS realizadas neste estudo indicaram que os modelos analisados apresentam diferentes desempenhos para as diferentes variáveis, para o posicionamento da ZCIT e trimestres considerados, mas, no entanto, há claros destaque em relação aos que apresentam maiores e menores erros no desempenho geral. A baixa

confiabilidade do modelo ACCESS1.3 na região de interesse (CLA) foi nítida, podendo ser apontado como o modelo com maiores erros deste estudo. Ainda em termos de baixo desempenho, a seguir pode-se apontar os modelos CNRM -CM5, CSIRO-Mk3.6, EC-EARTH, GFDL-ESM2M, IPSL-CM5A-LR e MPI-ESM-MR como escolhas relativamente pouco adequadas no conjunto de modelos estudados. Por outro lado, os modelos com menores erros no desempenho geral foram o HadGEM2-ES, o NorESM1-M, o ACCESS1.0 e o MIROC-5. Como uma primeira escolha para simulações sazonais na região de interesse, pode-se apontar, entre os modelos com melhor desempenho, o modelo HadGEM2-ES, por ser o que apresentou os menores erros considerando-se o conjunto das análises realizadas e também o que se destacou em relação aos outros na representatividade da ZCIT.

Referências

- 1.FARIA, R. R. G. et al. **Importância do Centro de Lançamento de Alcântara para o Brasil.** Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Social. Universidade de Taubaté. Taubaté, 2014.
- 2.PEREIRA, E. I. et al. **Atlas Climatológico do Centro de Lançamento de Alcântara.** Instituto de Aeronáutica e Espaço. São José dos Campos, 2002.
- 3.NOGUEIRA, J. H. A. et al. **Sensibilidade da Precipitação Simulada na Região do Centro de Lançamento de Alcântara a Esquemas de Convecção Explícita Estudos de Caso.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2010.
- 4.ROBALLO, S. T. et al. Escoamento Atmosférico no Centro de Lançamento de Alcântara (CLA): Parte I- Aspectos Observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.4 510-519,2008.
- 5.GUIMARÃES, O. S. et al. Projeções de Mudanças Climáticas sobre o Nordeste Brasileiro dos Modelos do CMIP5 e do CORDEX. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 3, 337-365, 2016.
- 6.HIROTA, N.; TAKAYABU, Y. N. Reproducibility of precipitation distribution over the tropical oceans in CMIP5 multi-climate models compared to CMIP3. **Climate Dynamics**, 41(11-12): 2909–2920, 2013.
- 7.ESGF - Earth System Grid Federation - Lawrence Livermore National Laboratory. Livermore, Califórnia. Disponível em: <<http://pcmdi.llnl.gov/projects/esgf-llnl>>.

- 8.ESRL - Earth System Research - Laboratory –Physical Sciences Division (GPCP). Boulder, Colorado,EUA. Disponível em:<<https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.gpcp.html>>.
9. ECMWF - European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (Era-Interim). Disponível em:<<http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc/>>.
10. SANTOS J. G. M. **Introdução ao Climate Data Operators (CDO)**, 2016. Disponível em:<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3MQU4Q8>>. Acesso em: 24 de agosto de 2017.
11. SANTOS, J. G. M. **Introdução ao Grid Analysis and Display System (GrADS)**, 2014. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP5W34M/3G5LD6B>>. Acesso em: 24 de outubro de 2016.
12. REBOITA, M. S. **Utilização do Software GrADS em Ciências Atmosféricas**. Computação Aplicada às Ciências Atmosféricas. 27 de setembro de 2017. Notas de Aula. Universidade Federal de Itajubá.
13. MELO, A. B. C.; CAVALCANTI, IF de A.; SOUZA, P. P. Zona de convergência intertropical do Atlântico. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.