

AVALIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DIÁRIA SIMULADA POR MODELOS CLIMÁTICOS GLOBAL E REGIONAL (AR5) NA BACIA DO RIO PARAÍBA, PB

Emanuella Almeida Figueiredo¹; Ana Cláudia F. Medeiros Braga^{2@}; Carlos de Oliveira Galvão^{@3};
John Elton B. Leite Cunha³ & Cybelle F. Costa Braga⁴*

Resumo – As precipitações simuladas por Modelos Climáticos Globais e Regionais são importantes para estudos hidrológicos de impacto e adaptação às mudanças climáticas. Portanto, é necessário quantificar e avaliar as incertezas nas simulações destes modelos para evitar a propagação de erros nos estudos de impacto. Neste trabalho, investiga-se o desempenho de um MCG (MPI-ESM-LR) e de MCR (RCA4 aninhado ao MPI-ESM-LR) do Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) na simulação da precipitação diária para o clima atual (1994 a 2005) sobre a bacia hidrográfica do rio Paraíba. As precipitações simuladas pelos modelos foram avaliadas quanto a sazonalidade, a intensidade e a localização. Os resultados mostraram que ambos os modelos apresentam viés na simulação da precipitação e que, de maneira geral, o modelo regional não conseguiu superar expressivamente a qualidade da simulação produzida pelo modelo global, apesar de alguns resultados promissores serem notados na avaliação quantitativa e na avaliação espacial da precipitação simulada.

Palavras-Chave – mudanças climáticas, precipitação, bacia hidrográfica do rio Paraíba.

EVALUATION OF ESTIMATED DAILY RAINFALL BY GLOBAL AND REGIONAL CLIMATE MODELS (AR5) ON PARAÍBA RIVER BASIN, PB

Abstract – Rainfall simulated by Global and Regional Climate Models are fundamental for hydrological studies of impact and adaptation to climate change. Therefore, is necessary estimate and assess the uncertainties in the simulation of these models to avoid the errors propagation into impact studies. This study investigates the performance of a global climate model (MPI-ESM-LR) and a regional climate model (RCA4 nested to MPI-ESM-LR) from the Fifth Assessment Report (AR5) of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in the simulation of daily rainfall for the current climate (1994 to 2005) on the Paraíba river basin. The rainfall simulated by the models were evaluated by seasonality, intensity and location. The results showed that both models present bias in the rainfall simulation and that, in general, the regional model was not able to improve substantially the quality of the simulation performed by the global model, although some promising results were observed in the quantitative and spatial rainfall evaluation.

Keywords – climate change, rainfall, Paraíba river basin.

¹ Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, Centro de Tecnologia, UFPB, Campus I, emanuellaalmeidaf@yahoo.com.br

² Departamento de Engenharia Civil e Ambiental/CT/UFPB, anacmedeiros@yahoo.com.br

* Autor correspondente

@ Rede Brasileira de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA)

³ Unidade Acadêmica de Engenharia Civil/CTRN/UFCG, carlos.galvao@ufcg.edu.br, john.e.cunha@gmail.com

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB, Campus Patos. cybellefrazao@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as discussões referentes à variabilidade e às mudanças climáticas se intensificaram, o que propiciou uma significativa evolução das tecnologias usadas para prever e simular o clima, como os Modelos Climáticos Globais (MCGs). Os MCGs são descritos como modelos numéricos capazes de descrever os principais processos físicos e dinâmicos da atmosfera, do oceano e da superfície terrestre, bem como as interações entre esses componentes e os mecanismos de retroalimentação (MARENGO *et al.*, 2012; RANDAL *et al.*, 2016).

Para estudos regionais, como no âmbito de uma bacia hidrográfica, faz-se uma desagregação das variáveis climáticas de um MCG para uma escala menor através do processo de *downscaling*, que pode ser estatístico (com base em funções desta natureza) ou dinâmico. O *downscaling* dinâmico é realizado por meio de Modelos Climáticos Regionais (MCRs), que são modelos numéricos que usam condições de contorno fornecidas pelos MCGs e fornecem resultados com resolução mais detalhada (FESER *et al.*, 2011, GUTMANN *et al.*, 2012).

Os modelos climáticos são capazes de prever diversas variáveis atmosféricas, como a precipitação, a temperatura, a umidade e a pressão. Nos últimos anos, o emprego de séries de precipitação simuladas por esses modelos como parâmetro de entrada em modelos hidrológicos tem sido visto em locais como o Nordeste Brasileiro – NEB (CALVETTI *et al.*, 2013; CABRAL *et al.*, 2017; FERNANDES *et al.*, 2017), área caracterizada principalmente pelos longos períodos de seca e uma alta variação espacial na ocorrência de chuvas, que historicamente provoca consequências que afetam economicamente e socialmente a região. Para o uso dessas variáveis é importante que os MCGs e MCRs representem bem o clima da região.

Nesse sentido, este trabalho visa analisar o desempenho do modelo climático global MPI-ESM-LR (Max Planck Institute, RADDATZ *et al.*, 2007; MARSLAND *et al.*, 2003) e do modelo climático regional RCA4 (Rossby Centre Regional Atmospheric Model Version 4, SAMUELSSON *et al.*, 2011) aninhado ao MPI-ESM-LR do Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) na simulação da precipitação para o clima atual (1994 a 2005) sobre uma bacia hidrográfica no NEB. Como estudo de caso, foi escolhida a bacia hidrográfica do rio Paraíba, que corresponde a segunda maior bacia do território paraibano e apresenta uma área de drenagem de 20.071,83 km².

METODOLOGIA

Os dados diários de chuva, que permitiram a avaliação dos dados simulados, foram disponibilizados pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA). São 269 postos pluviométricos inseridos dentro do estado da Paraíba para o período de 1994 a 2005. Já os dados simulados pelos modelos climáticos global e regional foram obtidos das plataformas do CMIP5 e do CORDEX⁵. O MPI-ESM-LR possui resolução de 1,875°×1,865° e o MPI-ESM-LR-RCA4 possui resolução de 0,44°×0,44°. Os dados foram extraídos para o contorno da área de estudo e cada ponto de grade dos modelos foi enumerado, de forma a permitir a sua identificação nas análises (Figura 1).

Na avaliação espacial, foram utilizados os dados fornecidos pelos 269 postos pluviométricos. Entretanto, para a avaliação da sazonalidade e a avaliação quantitativa os postos pluviométricos utilizados foram obtidos do universo de 86 que estão restritos à área da bacia. Nessas duas análises, a precipitação simulada foi comparada com a média aritmética da precipitação dos postos pluviométricos localizados dentro da célula de cada ponto de grade dos modelos, a fim de

⁵ <https://esgf-data.dkrz.de/projects/esgf-dkrz/>

minimizar os erros oriundos da variabilidade espacial da chuva não capturada na rede de pluviômetros em virtude da baixa densidade de instrumentos dentro da bacia.

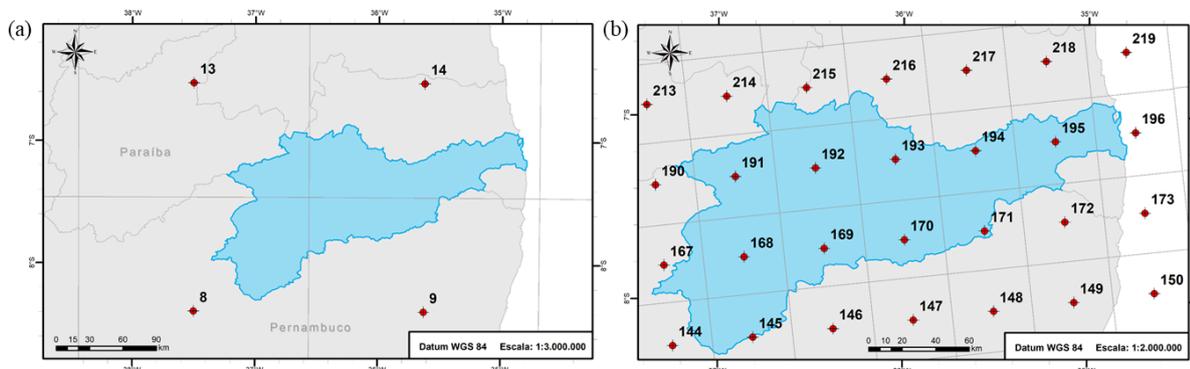


Figura 1- Pontos de grade dos modelos climáticos global (a) e regional (b) situados na área de interesse

A sazonalidade da precipitação foi avaliada no período entre 1994-2005 através da comparação entre médias mensais de chuva entre os dados observados e simulados. Já a avaliação quantitativa foi feita inicialmente na escala anual (totais anuais) e, posteriormente, através do cálculo de índices de performance ou índices de desempenho (Tabela 1) por meio de uma avaliação da ocorrência/não-ocorrência do evento por faixa de chuva através de Tabelas de Contingência (WILKS, 2006). Foram selecionadas 5 faixas de lâmina precipitada, onde a última faixa possui um intervalo mais extenso visto a baixa frequência de ocorrência de chuva de altas intensidades na região. Assim, segundo a descrição dada, as faixas são: faixa 1 (0-5 mm]; faixa 2 (5-10 mm]; faixa 3 (10-15 mm]; faixa 4 (15-20 mm] e faixa 5 (20-200 mm].

Tabela 1 - Índices de desempenho utilizados nesse estudo (adaptado de WILKS, 2006).

Índice	Descrição	Equação	Valor
Taxa de Acerto (TA)	Corresponde ao percentual de acerto das previsões do modelo incluindo as ocorrências ou não do evento	$TA = \frac{(a + d)}{(a + b + c + d)}$	$0 \leq TA \leq 1$ (valor ideal = 1)
Probabilidade de Detecção (POD)	Representa a probabilidade de ocorrência de um evento supostamente previsto pelo modelo	$POD = \frac{a}{(a + c)}$	$0 \leq POD \leq 1$ (valor ideal = 1)
Falso Alarme (FAR)	Indica a proporção de eventos simulados em certos intervalos que não se concretizaram	$FAR = \frac{b}{(a + b)}$	$0 \leq FAR \leq 1$ (valor ideal = 0)
Bias (B)	É a medida do viés ou tendência da previsão que compara a quantidade de 'sim' previstos pelo modelo com os da observação	$TA = \frac{(a + b)}{(a + c)}$	$-\infty \leq B \leq +\infty$ (valor ideal = 1)

A avaliação espacial foi realizada a partir da metodologia de Paz e Collischonn (2011), descrita como análise integrada no tempo, através do uso de uma rotina computacional. O procedimento deu-se pela discretização dos dados dos modelos e dos postos pluviométricos para a mesma resolução espacial; pela interpolação dos mesmos, no intuito da inserção desses dados para dentro dos limites de discretização dos campos de chuva; e por fim, pela comparação pixel a pixel entre pares de chuva observada e simulada a partir do cálculo de índices de desempenho (TA, POD, FAR e B) obtidos por meio de tabelas de contingência.

Diante da dificuldade das estimativas numéricas em gerar valores exatamente nulos de chuva, considerou-se um limiar não nulo ($P_{lim} = 1,0$ mm) para diferenciar as classes chuva e não chuva.

RESULTADOS

A Figura 2 apresenta os resultados obtidos na avaliação da sazonalidade. Para os pontos situados a sudoeste da bacia, os modelos atmosféricos conseguiram representar adequadamente a sazonalidade da precipitação ao longo do ano (período seco e chuvoso da região). Já para os pontos situados na porção nordeste da bacia, os modelos atmosféricos não representaram a sazonalidade da precipitação de maneira satisfatória. Adicionalmente, para todos os pontos, observa-se a tendência de ambos os modelos em superestimar a precipitação durante o começo e o final do ano e de subestimá-la no meio.

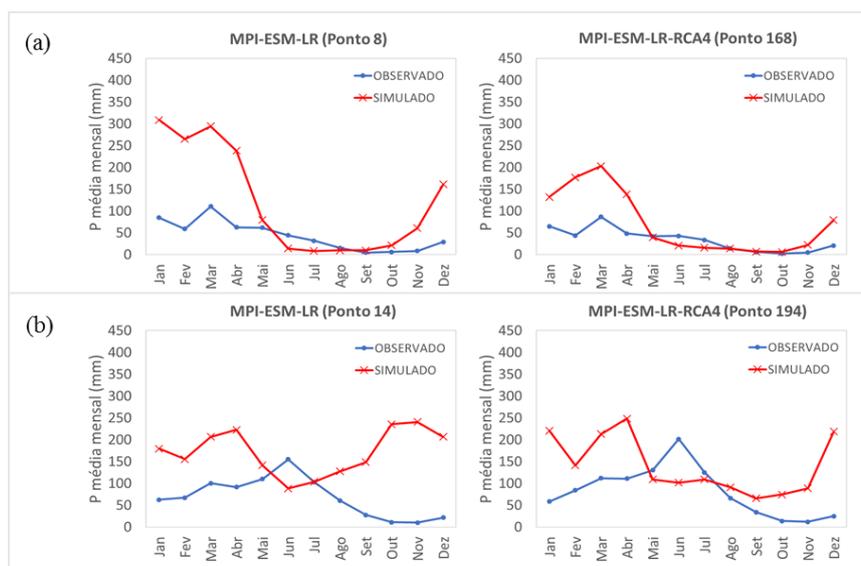


Figura 2 - Chuva média mensal para pontos de grade situados a oeste (a) e a leste (b) da bacia

Na análise dos totais anuais, os modelos global e regional superestimaram a precipitação anual, visto que os valores simulados se apresentaram bem acima dos valores observados (Figura 3). Todavia, a amplitude do erro para o modelo regional foi menor do que para o modelo global, isto é, o viés no modelo global apresenta-se mais fortemente. Já a Figura 4 mostra o resultado da avaliação quantitativa por faixa de chuva para alguns pontos de grade. Para ambos os modelos analisados, a taxa de acerto apresentou melhor desempenho nas faixas de intervalo de precipitação mais elevadas, isto é, nessas faixas encontram-se os maiores valores de acerto de ocorrência e não ocorrência de chuva em relação ao número total de eventos. Isso se deu pelo fato que a estimativa para a não ocorrência de precipitação nessas faixas torna-se mais fácil e ocorre com mais frequência do que os eventos de chuva.

Ao contrário da TA, a probabilidade de detecção apresentou valor máximo na faixa de precipitação de (0-5 mm]. Assim, existe uma maior facilidade em detectar eventos de chuva nesse intervalo, dado o fato de existirem mais eventos de chuva nessa faixa de precipitação. Esse comportamento da POD é compatível com os resultados do índice falso alarme, que indicam que na faixa de (0-5 mm] a grande maioria da chuva que foi estimada ocorreu de fato. O mesmo não aconteceu para as faixas superiores, onde o número de vezes em que a chuva foi estimada e esta não ocorreu foi bastante elevado.

Em relação ao índice BIAS, os resultados indicaram um valor menor que 1 na faixa de (0-5 mm], o que significa que os modelos subestimaram a precipitação nesse intervalo. As demais faixas apresentaram valores maiores do que 1, logo existe um viés de superestimação da precipitação nas faixas maiores.

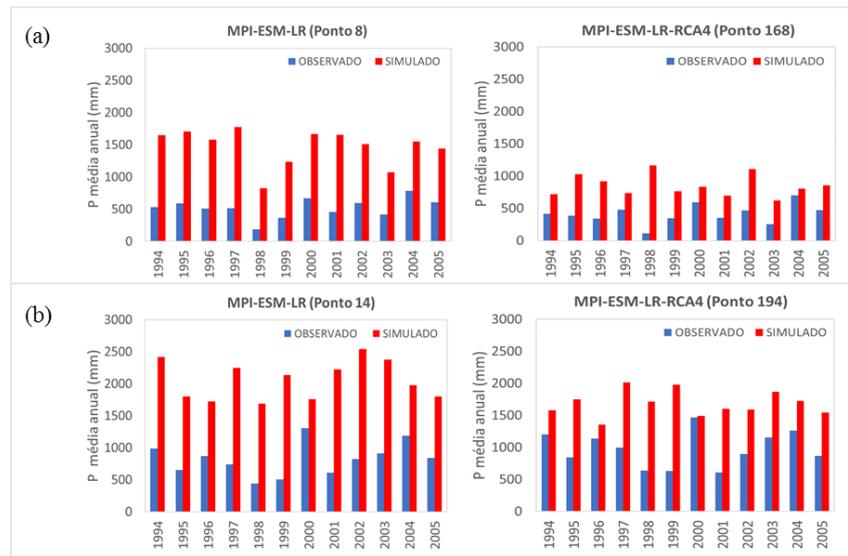


Figura 3 - Chuva média anual para pontos da grade situados a oeste (a) e a leste (b) da bacia

	Taxa de Acerto (TA)					Probabilidade de Detecção (POD)				
	(0-5]	(5-10]	(10-15]	(15-20]	(20-200]	(0-5]	(5-10]	(10-15]	(15-20]	(20-200]
Ponto 8	0,72	0,89	0,92	0,94	0,94	0,75	0,11	0,16	0,10	0,13
Ponto 9	0,66	0,85	0,90	0,94	0,93	0,69	0,08	0,11	0,09	0,06
Ponto 170	0,61	0,81	0,89	0,93	0,92	0,63	0,14	0,12	0,04	0,13
Ponto 192	0,76	0,85	0,93	0,97	0,97	0,79	0,14	0,05	0,15	0,06

	Falso Alarme (FAR)					Bias (B)				
	(0-5]	(5-10]	(10-15]	(15-20]	(20-200]	(0-5]	(5-10]	(10-15]	(15-20]	(20-200]
Ponto 8	0,06	0,95	0,97	0,98	0,97	0,80	2,09	4,67	4,66	4,13
Ponto 9	0,09	0,96	0,97	0,99	0,99	0,76	2,26	3,78	6,73	8,37
Ponto 170	0,07	0,96	0,98	0,99	0,99	0,67	3,52	6,06	5,43	10,23
Ponto 192	0,05	0,96	0,99	0,96	0,95	0,83	3,95	3,97	3,85	1,17

Figura 4 - Índices de desempenho obtidos por faixa de precipitação para pontos de grade dos modelos

A Figura 5 apresenta 8 imagens que representam a distribuição espacial de cada índice de desempenho sobre a região de estudo. No modelo global, os maiores desempenhos de resposta para a taxa de acerto ($0,5 < TA \leq 0,7$) situam-se na região da cabeceira do rio Paraíba e os maiores erros ocorrem na porção central e norte da bacia, onde se concentram valores em torno de 39%.

No modelo regional, a TA apresenta um padrão espacial que manifesta relação com as mesorregiões do estado da Paraíba (Figura 6), resultado também constatado por Santos (2014) em estudo da análise do desempenho da precipitação estimada pelo satélite TRMM. Percebe-se que os desempenhos mais satisfatórios para o índice ($0,5 < TA \leq 0,7$) compreendem a área onde se localiza a mesorregião da Borborema, que é caracterizada por uma baixa frequência na ocorrência de chuva. Assim, o alto desempenho obtido para esse índice pode ser explicado pelo alto número de acertos na não ocorrência do evento chuvoso.

Em relação a POD, no modelo global o índice apresenta menores desempenhos ($0 < POD \leq 0,5$) na região próxima à cabeceira do rio Paraíba e maiores desempenhos (em torno de 71%) em poucos pixels localizados na parte noroeste da bacia. Para o modelo regional, a relação do POD com as mesorregiões do estado também se apresenta verdadeira. Assim, os maiores valores para o índice estão distribuídos na região que representa o Agreste Paraibano e a Mata Paraibana, a se adicionar a região da cabeceira da bacia do Paraíba, que também apresentou valores elevados ($0,7 < POD \leq 0,9$). No que resta da área que se configura a mesorregião da Borborema, a probabilidade de detecção obteve valores entre 47% e 60%.

Na Borborema, o resultado obtido para o POD é compatível com o comportamento da TA no que se refere ao modelo regional. A imagem gerada mostra que nessa área, o índice apresenta baixo desempenho, o que é justificado pela baixa frequência na ocorrência de chuva na região. Além disso, na porção leste da bacia, onde se localizam as mesorregiões do Agreste Paraibano e Mata Paraibana, o desempenho do índice é alto, devido a maior ocorrência de chuva nessa região.

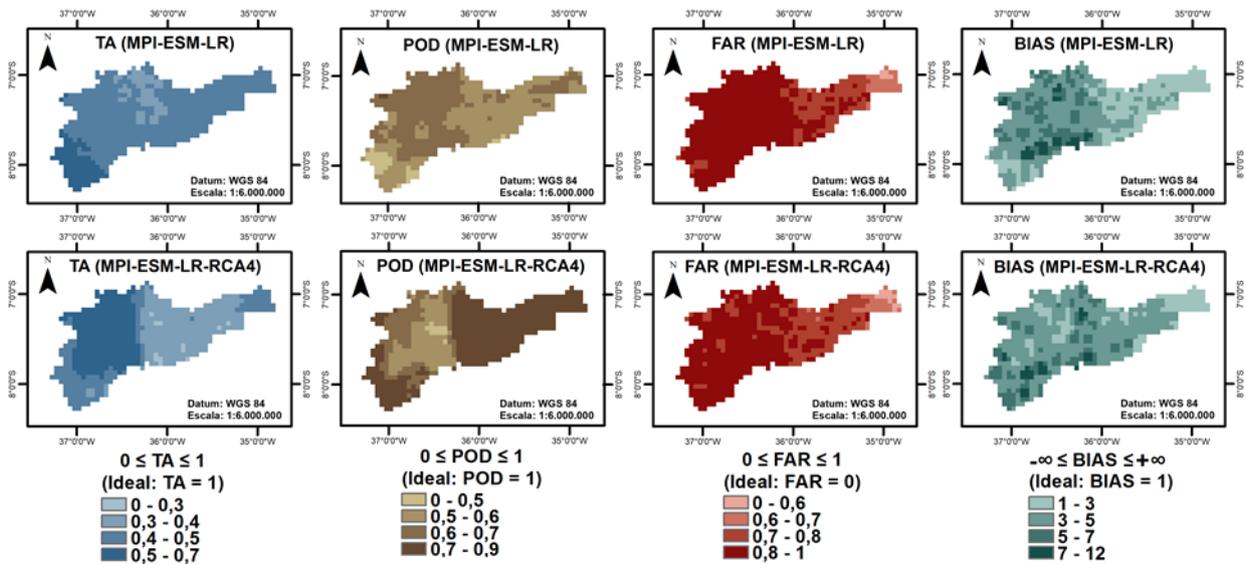


Figura 5 - Imagens com distribuição espacial dos índices de desempenho obtidos para os modelos global e regional sobre a bacia hidrográfica do rio Paraíba

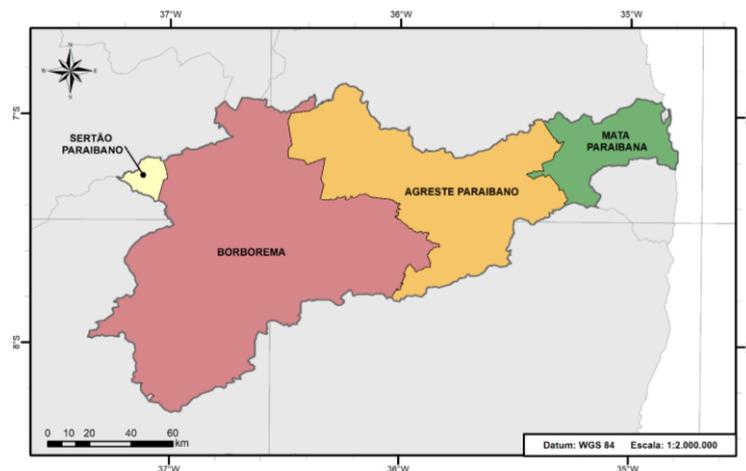


Figura 6 - Mesorregiões paraibanas na bacia hidrográfica do rio Paraíba

Para ambos os modelos, a distribuição espacial do índice FAR apresentou um gradiente direcional no sentido Leste-Oeste. Os valores para o índice se iniciam em 57% (modelo global) e 56% (modelo regional) na região que compreende a Mata paraibana e chegam a 93% (modelo global) e 97% (modelo regional) na região da Borborema. Isto é, os desempenhos mais satisfatórios na detecção da chuva estão localizados na Mata Paraibana e os menos satisfatórios situam-se na Borborema. Os resultados do falso alarme e da probabilidade de detecção se conectam, uma vez que a grande maioria da chuva estimada na parte leste ocorreu de fato e a grande maioria da chuva estimada na porção oeste não ocorreu.

Quanto ao BIAS, nos resultados obtidos para ambos os modelos não houve valores inferiores ou iguais a 1, ou seja, a precipitação foi superestimada para toda a região da bacia. Adicionalmente,

a distribuição espacial do índice não apresentou um padrão muito definido, mas, em geral, os menores valores para o índice situam-se na parte leste e os maiores na parte oeste, o que indica que o viés dos modelos é menor na porção leste e maior na porção oeste da bacia. Nesse sentido, a tendência de um viés menor na parte leste da bacia relaciona-se com menores valores do índice FAR nessa região, enquanto que valores mais altos para o índice FAR foram obtidos na porção oeste, onde o viés dos modelos é maior.

CONCLUSÕES

A avaliação da precipitação simulada pelo modelo global MPI-ESM-LR e pelo modelo regional MPI-ESM-LR-RCA4 na bacia hidrográfica do rio Paraíba para o período de 1994 a 2005, permitiu concluir que: (a) A capacidade dos modelos em simular a sazonalidade da precipitação varia de acordo com a região da bacia; (b) Os modelos possuem a tendência de superestimar a precipitação durante o começo e o final do ano e de subestimá-la no meio do ano; (c) O viés de superestimativa no modelo global é mais forte do que no modelo regional; (d) Em ambos os modelos a precipitação é subestimada em sua menor faixa (0-5 mm] e superestimada nas faixas posteriores; (e) O viés dos modelos na superestimação da precipitação é menor na porção leste e maior na porção oeste da bacia; (f) O modelo regional não conseguiu superar expressivamente a qualidade da simulação produzida pelo modelo global. Dessa forma, para que esses modelos sejam considerados ferramentas passíveis de uso para projeções futuras do clima na bacia do rio Paraíba e como dado de entrada em modelos de gerenciamento de recursos hídricos, é necessário que sejam aplicadas correções.

AGRADECIMENTOS

Ao projeto BRAMAR – Desenvolvimento de Estratégias e Tecnologias Inovadoras para Mitigação dos Efeitos da Escassez de Água no Nordeste Brasileiro, financiado pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT/FINEP) e pela *Research Program Research for Sustainable Development (FONA) /International Partnerships for Sustainable Technologies and Services for Climate Protection and the Environment*, pela concessão de bolsa a primeira autora. Este artigo é uma contribuição da Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais, convênio FINEP/ Rede CLIMA 01.13.0353-00.

REFERÊNCIAS

- CABRAL, S. L.; CAMPOS, J. N. B.; SILVEIRA, C. S. Coupling the atmospheric model RAMS 6.0/ECHAM 4.1 to hydrologic model SMA/HMS for operating a reservoir in Brazil's semiarid. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Porto Alegre, v. 22, n. 32, 2017. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2318-03312017000100228&lng=en&nrm=iso >. Acesso em: 28 ago. 2017.
- CALVETTI, L.; PEREIRA FILHO, A. J.; BENETI, C.; NEUDORFF, R. L. Previsão de vazão utilizando previsões de precipitação por conjuntos (ensemble). In: XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 10, 2013, Bento Gonçalves. **Anais eletrônicos...** Bento Gonçalves: ABRH, 2013. Disponível em: < http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/40272ce87e9518809de7c089d6866e9a_10f95b7d1f2d96508a5ca6c527f2a17e.pdf >. Acesso em: 28 fev. 2017.
- FERNANDES, R. O.; SILVEIRA, C. S.; STUDART, T. M. C.; SOUZA FILHO, F. A. Reservoir yield intercomparison of large dams in Jaguaribe Basin-CE in climate change scenarios. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Porto Alegre, v. 22, n. 11, 2017. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2318-03312017000100225&lng=en&tlng=en >. Acesso em: 28 ago. 2017.

- FESER, F.; ROCKEL, B.; STORCH, H. S.; WINTERFELDT, J.; ZAHN, M. Regional climate models add value to global model data: A review and selected examples. **American Meteorological Society**, v. 92, pp. 1181-1192, 2011. Disponível em: < <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/2011BAMS3061.1> >. Acesso em: 29 ago. 2017.
- GUTMANN, E. D.; RASMUSSEN, R. M.; LIU, C.; IKEDA, K.; GOCHIS, D. J.; CLARK, M.P.; DUDHIA, J.; THOMPSON, G. A Comparison of Statistical and Dynamical Downscaling of Winter Precipitation over Complex Terrain. **Journal of Climate**, v. 25, pp. 262-281, 2012. Disponível em: < <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/2011JCLI4109.1> >. Acesso em: 28 ago. 2017.
- LIMA, J. P. R.; ALVES, J. M. B. Um estudo de downscaling dinâmico de precipitação intrasazonal acoplado a modelo chuva-vazão na bacia hidrográfica alto-médio São Francisco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 3, pp. 323-338, 2009. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862009000300006 >. Acesso em: 13 mar. 2017.
- MARENGO, J. A.; CHOU, S. C.; KAY, G.; ALVES, L. M.; PESQUERO, W. R. S.; SANTOS, D. C.; LYRA, A. A.; SUEIRO, G.; BETTS, R.; CHAGAS, D. J.; GOMES, J. L.; BUSTAMANTE, J. F.; TAVARES, T. 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 the Parana River Basins. **Climate Dynamics**, v. 38, n. 9, pp. 1829-1848, 2012. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-011-1155-5> >. Acesso em: 18 fev. 2017.
- MARSLAND, S.; HAAK, H.; JUNGCLAUS, J.; LATIF, M.; ROESKE, F. The Max-Planck-Institute global ocean/sea ice model with orthogonal curvilinear coordinates. **Ocean Modelling**, v. 5, n. 2, pp. 91-127, 2003. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S146350030200015X> >. Acesso em: 22 fev. 2017.
- PAZ, A. R.; COLLISCHONN, W. Avaliação de estimativas de campos de precipitação para modelagem hidrológica distribuída. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 1, pp. 109-120, 2011. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v26n1/a10v26n1.pdf> >. Acesso em: 11 mar. 2017.
- RADDATZ, T.; REICK, C.; KNORR, W.; KATTGE, J. Will the tropical land biosphere dominate the climate-carbon cycle feedback during the twenty-first century? **Climate Dynamics**, v. 29, n. 6, pp. 565-574, 2007. Disponível em: < <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.471.7028&rep=rep1&type=pdf> >. Acesso em: 02 mar. 2017.
- RANDAL, D. A.; GENIO, A. D.; DONNER, L. J.; COLLINS, W. D.; KLEIN, S. A. The impact of ARM on climate modeling. **Meteorological Monographs**, v. 57, pp. 26.1-26.16, 2016. Disponível em: < <http://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/AMSMONOGRAPHIS-D-15-0050.1> >. Acesso em: 30 ago. 2017.
- SAMUELSSON, P.; JONES, C. G.; WILLÉN, U.; ULLERSTIG, A.; GOLLVIK, S.; HANSOSON, U.; JANSSON, E.; KJELLSTRO C.; NIKULIN, G.; WYSER, K. The Rossby Centre regional climate model RCA3: model description and performance. **Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography**, v. 63, n. 1, pp. 4-23, 2011. Disponível em: < <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0870.2010.00478.x/abstract> >. Acesso em: 16 fev. 2017.
- SANTOS, A. S. P. **Análise de desempenho dos campos de chuva estimados pelo satélite TRMM na Paraíba para fins de modelagem hidrológica distribuída**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, 120 p., 2014. Disponível em: < <http://tede.biblioteca.ufpb.br/bitstream/tede/5541/1/arquivototal.pdf> >. Acesso em: 30 mar. 2017.
- WILKS, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. San Diego: Academic Press, 2006. 630 p.