

Anais 2017

ANAIS DO XX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA E V SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Petrolina - PE | Juazeiro - BA
14 a 18 de Agosto de 2017

Editores Técnicos

Magna Soelma Beserra de Moura e Thieres George Freire da Silva

Editoração Eletrônica

Alisson Amorim Siqueira

Todos os resumos neste livro foram reproduzidos de cópias fornecidas pelos autores e o conteúdo dos textos é de exclusiva responsabilidade dos mesmos. A Coordenação do XX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e o V Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido não se responsabiliza por consequências decorrentes do uso de quaisquer dados, afirmações e/ou opiniões inexatas ou que conduzam a erros publicados neste livro de trabalhos.

Coordenação do XX CBAGRO e V SMUD

Copyright © 2017 - Sociedade Brasileira de Agrometeorologia

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida, arquivada ou transmitida, em qualquer forma ou por qualquer meio, sem permissão escrita da Sociedade Brasileira de Agrometeorologia

Congresso Brasileiro de Agrometeorologia (20.: 2017; Petrolina, PE; Juazeiro, BA).

A agrometeorologia na solução de problemas multiescala: anais/V Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido. Petrolina, PE; Juazeiro, BA, 14 a 18 agosto de 2017 / Editores, Magna Soelma Beserra de Moura, Thieres George Freire da Silva - Petrolina, PE; Juazeiro, BA: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia; Embrapa, 2017.

3141 p.

ISBN:

1. Agrometeorologia. 2. Bioclimatologia. 3. Produção Agropecuária. 4. Mudança climática. 5. Desertificação.
6. Região Semiárida. I. Moura, Magna Soelma Beserra de. II Silva, Thieres George Freire de. III. Título. XX CBAGRO. V SMUD.

Promoção e Realização



DESTREZA DO MODELO CLIMÁTICO REGIONALIZADO ETA-HADGEM2-ES PARA PRECIPITAÇÃO EM BACIA DA MATA ATLÂNTICA

Fernanda C. Vargas Gonçalves¹, Juliana Oliveira do Nascimento², Aline de Holanda N. Maia³, Azeneth E. Schuler⁴

¹ Estudante de Engenharia Agrícola e Ambiental, UFRRJ, Seropédica, RJ, fernandacvargaas@gmail.com;

² Graduada em Engenharia Agrícola e Ambiental, UFRRJ, Seropédica, RJ, juliananascimento@live.com;

³ Engenheira Agrônoma, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, aline.maia@embrapa.br; ⁴ Engenheira Florestal, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ azeneth.schuler@embrapa.br

RESUMO: Projeções de modelos climáticos regionalizados são informações-chave nos estudos de impacto de mudanças climáticas em Hidrologia. Essas projeções são, em geral, afetadas por erros sistemáticos ou vieses que comprometem a destreza do modelo. O trabalho avalia a destreza do modelo regionalizado EtaHadGEM2-ES na bacia Guapi-Macacu, RJ, para médias mensais de chuva ao longo do ano e no trimestre mais chuvoso (DJF: dezembro, janeiro e fevereiro). Foram calculados os valores de viés linear (mm) e relativo (%) para cada pixel na região de estudo pela diferença entre as médias mensais do período 1976 – 2005 das projeções retrospectivas (*hindcasts*) do modelo avaliado e os respectivos valores observados, obtidos a partir da base de dados globais interpolados CRU. As médias dos totais mensais de chuva foram usadas para avaliar a reprodução do ciclo anual pelo modelo. O modelo EtaHadGEM2-ES reproduz razoavelmente o ciclo anual de chuva na bacia, com tendência de superestimação do total anual e subestimação do trimestre DJF. A chuva acumulada na bacia em DJF (médias de 1976 – 2005) variou de 329 a 743 mm (CRU) e 129 a 890 mm (modelo). A baixa correlação entre as médias das duas séries indica que o ETaHadGEM2-ES não é satisfatório para a região. O uso da base global CRU como referência, associada aos altos gradientes de altitude na região, pode ter limitado a performance do modelo. Recomenda-se análise das projeções com base em dados de estações locais para verificar se os resultados confirmam a baixa destreza do modelo para precipitação.

PALAVRAS-CHAVE: Projeções retrospectivas, Mudanças Climáticas, Avaliação de modelos

SKILL OF THE REGIONAL CLIMATE MODEL ETA-HADGEM2-ES FOR PRECIPITATION IN AN ATLANTIC FOREST BASIN

ABSTRACT: Projections of regional climate models are key information for impact assessment studies in Hydrology. Those projections are, in general, affected by systematic errors or which jeopardize the model skill in the study area. The current work evaluates the skill of the EtaHadGEM2-ES regional model in the Guapi-Macacu basin (RJ, Brasil), for monthly mean rainfall along the year and the trimonthly rainfall mean for the DJF rainy season. Linear (mm) and relative bias (%) were calculated for each pixel in the study region as the difference between 1976 – 2005 rainfall monthly means arising from model hindcasts and respective ‘observed’ values coming from the interpolated global data CRU. The cumulative values of rainfall (mm) in each month were used to evaluate the reproduction of the annual rainfall cycle. The EtaHadGEM2-ES reproduces the annual rainfall cycle reasonably, showing an overestimation tendency

of the annual rainfall total and underestimation of DJF rainfall. The cumulative DJF rainfall (1976 – 2005 average) in the basin varied from 329 to 743 mm (CRU) and from 129 to 890 mm (modeled). The low correlation between these series' averages indicates the model does not have good skill for this region. The use of CRU database as reference for skill analysis, associated to the high altitude gradient in the region may have limited the model performance. We recommend revised analysis using data from local stations to verify if the low model skill is confirmed.

KEY-WORDS: Hindcast, Climate Change, Model evaluation

INTRODUÇÃO

Cenários futuros do clima são previsões geradas por modelos climáticos que levam em consideração os diferentes quadros de emissões globais de gases do efeito estufa (GEE) propostos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Estudos de impactos das mudanças climáticas sobre a vegetação natural indicam que para as áreas de formações florestais no Brasil deverá haver redução do espaço climático ótimo, sendo a Amazônia e a Mata Atlântica os biomas mais afetados. Essa última é considerada sob maior risco, por ter menor proporção de vegetação nativa remanescente (RIBEIRO et al., 2009) e maior densidade populacional. Em relação ao ciclo hidrológico, com o aquecimento global da atmosfera, esperam-se, entre outras consequências, mudanças nos padrões da precipitação (aumento da intensidade e da variabilidade da precipitação), o que poderá afetar significativamente a disponibilidade e a distribuição temporal da vazão nos rios.

O *downscaling* (regionalização) dinâmico é considerado a melhor ferramenta científica disponível para a geração das projeções de mudanças ambientais, a técnica consiste em usar um modelo climático regionalizado (RCM) “aninhado” a um modelo climático global. No entanto, mesmo com o aumento da resolução, as projeções dos RCM ainda podem ter valores consideráveis de viés para algumas regiões (EHRET, 2012). A magnitude do viés deve ser calculada numa etapa anterior ao uso das projeções em estudos de impacto, por meio da análise de destreza do modelo. No contexto de avaliação de modelos de clima, o termo viés se refere primariamente à diferença entre o valor observado de uma variável climática e sua correspondente projeção retrospectiva (*hindcast*) do modelo. Esse significado difere da definição estatística de viés, que corresponde a erro sistemático, e passa a indicar o desvio entre qualquer função dos valores observados de variáveis climáticas e sua correspondente para as projeções retrospectivas no mesmo período (*hindcasts*), tais como diferenças entre variâncias, entre medianas ou ainda entre distribuições de probabilidade.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a destreza do modelo regionalizado EtaHadGEM2-ES com relação à chuva nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro na bacia Guapi-Macacu e à reprodução do ciclo anual e do padrão espacial de chuva.

MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo compreende uma quadrícula que envolve a bacia hidrográfica dos Rios Guapiaçu-Macacu, situada no bioma Mata Atlântica no Rio de Janeiro, com presença predominante de fragmentos florestais e unidades de conservação, além de pastagens e agricultura familiar. A bacia abrange os municípios de Cachoeiras de Macacu, Guapimirim e uma pequena área de Itaboraí, em uma área aproximada de 1.260 km². Em relação ao relevo, encontram-se na bacia do rio Macacu, num gradiente

descendente de altitude, as escarpas e reversos da serra do Mar seguidas de colinas e maciços costeiros, uma pequena área de tabuleiros costeiros e, por fim, grandes áreas de planícies costeiras e modelados de acumulação fluvial. As altitudes máximas encontradas são junto às nascentes dos rios e são na ordem de 1700 m, no rio Macacu, 1200 m no rio Guapiaçu e 2000 m no rio Guapimirim. Suas limitações são feitas ao norte e noroeste pela Serra dos Órgãos, ao nordeste pela Serra de Macaé de Cima, ao sul pelas Serras do Sambê e dos Garcias e a leste, pelas Serras da Botija e Monte Azul. Considerada uma das áreas de “Extrema Importância Biológica” do Estado do Rio de Janeiro, a bacia é um alvo prioritário para a aplicação de ações de conservação que minimizem impactos sobre os fragmentos florestais, incluindo técnicas de cultivo agrícola e o aumento da conectividade entre fragmentos (PINTO et al., 2006). A implantação do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ) em Itaboraí trouxe o aumento de demanda por água da bacia e influencia direta e indiretamente a dinâmica de uso e ocupação de suas terras. Estudos de cenários climáticos e seus impactos sobre os processos hidrológicos estão em andamento para avaliação do comportamento da vazão e disponibilidade hídrica nesta bacia considerada chave para o abastecimento de parte da região metropolitana (2,5 milhões).

Para avaliação do modelo climático em comparação aos dados estimados a partir da interpolação de estações terrestres (CRU), a quadrícula considerada engloba as dez estações utilizadas para modelagem hidrológica da bacia do Guapi-Macacu. Dessa forma, foi definido o retângulo formado pelos paralelos de latitude 21,2° e 23,4° Sul e os meridianos de longitude 42,2° e 43,8° Oeste (Figura 1).

Este estudo utilizou os dados em grade do *Climate Research Unit* (CRU), instituto ligado à *East Anglia University*, que mantém disponível uma grade de dados globais interpolados de resolução de 30', ou arco de meio grau (SOUZA; NÓBREGA, 2013). O acesso aos dados pode ser feito pelo site: <http://www.cru.uea.ac.uk/data/>. A última versão disponibilizada dos dados do CRU é a v3.2, que apresenta valores para a grade global começando em 1901 e estendendo-se até 2011, com discretização mensal.



Figura 1. Localização da bacia de hidrográfica dos rios Guapi-Macacu, no estado do Rio de Janeiro e municípios formadores da bacia.

O período de referência aplicado neste trabalho foi de 1976-2005, para o qual foram calculadas as projeções retrospectivas do modelo global climático regionalizado escolhido, o ETA-HadGEM2-ES, que combina o modelo de circulação global do *Hadley Center* ao modelo ETA, do *National Center for Environment Prediction* (NCEP).

Os modelos climáticos globais ou de circulação global (GCM) são as principais ferramentas disponíveis para investigar a resposta do sistema climático a diferentes forçantes. O HadGEM2-ES (*Hadley Centre Global Environmental Model version 2 – Earth System*) é composto por um modelo de circulação geral da atmosfera acoplado a um modelo oceânico. A componente atmosférica utiliza a resolução horizontal N96, que corresponde a aproximadamente a $1,250^\circ$ em latitude e a $1,875^\circ$ em longitude, e 38 níveis verticais, enquanto que a componente oceânica utiliza a resolução horizontal de 1° , aumentando para $1/3$ de grau no equador, e 40 níveis verticais (COLLINS *et al.*, 2011). O passo de tempo do modelo HadGEM2-ES é de 30 minutos para as componentes da atmosfera e superfície e de uma hora para a componente oceânica.

Já o modelo regional Eta, foi desenvolvido pelo *National Center for Environment Prediction* (NCEP) e instalado no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) (BLACK, 1994; MESINGER *et al.*, 1988). As equações deste modelo são discretizadas na grade E de Arakawa, onde a distância entre dois pontos adjacentes de massa ou de vento define a resolução da grade. A dinâmica do modelo é desenvolvida na coordenada vertical eta (η), as superfícies desta coordenada são aproximadamente horizontais, o que reduz os erros nos cálculos obtidos com base em derivadas horizontais. Este modelo apresenta grade de equações primitivas e as

variáveis prognósticas do modelo são temperatura, vento (componente zonal e meridional), pressão à superfície, energia cinética turbulenta e hidrometeoros das nuvens.

O modelo regionalizado EtaHadGEM2-ES foi obtido por *downscaling* dinâmico do modelo global HadGEM2-ES (COLLINS et al, 2011), com resolução de aproximadamente 1,9 ° em longitude e 1,3° em latitude. É um modelo do sistema terrestre, com esquema dinâmico de vegetação, com representação do ciclo do carbono (CHOU et al, 2014).

Devido à ausência de uma malha razoável de estações com séries temporais para o período de referência (1976-2005) na região de estudo, a destreza do modelo foi avaliada com base em dados interpolados (CRU). O modelo climático regionalizado EtaHadGEM2-ES foi avaliado em relação ao ciclo anual e média dos totais mensais de chuva do período DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), na bacia Guapi-Macacu. Primeiramente, foram calculados os vieses lineares (mm) e relativos (%) para cada pixel na região de estudo (0,2° x 0,2°) pela diferença entre as médias dos totais mensais de chuva (1976 – 2005) derivados das projeções retrospectivas do modelo (*hindcasts*) e seus respectivos valores observados, obtidos a partir de bases globais de dados interpolados CRU. O viés relativo (%) corresponde ao viés linear expresso como % das respectivas médias observadas (CRU).

As médias dos totais mensais de chuva considerando toda a área de estudo foram usadas para avaliar a reprodução do ciclo anual pelo modelo. Para a avaliação da destreza analisou-se a distribuição espacial das médias do trimestre DJF (período de chuvas) das séries observadas e modeladas e a correlação entre os valores médios mensais para o trimestre DJF em cada ponto da matriz de 0,2 graus x 0,2 graus na região de estudo.

A importância em se avaliar a destreza do modelo é verificar a qualidade das projeções das variáveis climáticas de interesse, para as condições locais da bacia, de modo a orientar a correção de viés e avaliar a adequação do uso dessas projeções em cada estudo de impacto em particular.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A destreza do modelo foi avaliada com base em dados interpolados (CRU) devido à indisponibilidade de uma malha razoável de dados reais para o período de referência (1976-2005) na área de estudo. Como nem sempre existe uma boa correspondência entre esses dados e os dados das estações, essa substituição pode comprometer a avaliação de destreza, principalmente para essa região de estudo, que apresenta características peculiares como relevo acidentado e elevadas altitudes.

Os resultados de distribuição das chuvas indicam a influência da geomorfologia local com valores mais elevados de precipitação nas áreas de maior altitude da região de estudo (Figura 2A).

Considerando as médias mensais para toda a região no período de 30 anos estudado (1976-2005), observa-se que as diferenças médias entre valores oriundos da base CRU e do modelo EtaHadGEM2-ES (Tabela 1) são negativas apenas para os meses mais chuvosos, enquanto para os outros meses o erro tende a ser positivo. Assim, o modelo superestima a precipitação mensal média em relação aos valores da base CRU, com exceção dos meses chuvosos (Dezembro e Janeiro). No entanto, em todos os meses, há ocorrência de viés negativo em pelo menos um ano, conforme indicam os valores mínimos do viés. De forma similar, os valores máximos encontrados para o viés

médio mensal da região mostram que, mesmo no período mais chuvoso, a precipitação média pode ser superestimada pelo modelo em alguns anos.

Tabela 1. Estatísticas descritivas das médias mensais de chuva, oriundas da base CRU e do EtaHadGEM2-ES, e do viés médio do modelo, na bacia do Guapi-Macacu e entorno, para o período de 1976-2005.

Mês	Média			Mínimo			Máximo		
	Chuva CRU	Chuva Eta	Viés	Chuva CRU	Chuva Eta	Viés	Chuva CRU	Chuva Eta	Viés
1	216,50	167,70	-48,80	100,98	24,15	-280,60	502,98	458,36	295,66
2	181,39	181,39	29,22	16,92	26,86	-243,33	401,51	414,91	369,57
3	159,64	188,30	28,67	60,30	54,72	-137,67	353,64	393,16	290,90
4	96,42	111,29	14,87	28,53	43,59	-139,56	189,95	214,77	168,60
5	53,92	62,20	8,28	14,03	18,51	-111,11	142,47	193,95	164,05
6	34,25	56,73	22,48	6,36	2,90	-53,48	79,63	174,32	126,39
7	28,57	72,56	44,00	5,24	10,58	-56,54	72,06	164,57	117,03
8	33,35	84,38	51,02	7,57	3,71	-30,88	84,91	231,57	191,92
9	75,33	116,97	41,64	11,10	2,24	-159,98	243,60	241,77	188,65
10	99,87	129,56	29,69	29,52	12,37	-150,39	213,14	221,22	142,20
11	163,91	182,69	18,78	81,70	71,92	-162,20	306,26	329,79	187,32
12	234,01	216,45	-17,56	142,39	46,08	-214,09	342,38	503,22	304,79

A chuva média (CRU) para o trimestre DJF no período de 1976 a 2005 foi de 602 mm para a área estudada, com variação espacial do acumulado no trimestre de 329 a 743 mm. A variação espacial das médias mensais ao longo do período de trinta anos considerado é representada pelos valores médios, mínimos e máximos obtidos na região pela interpolação de dados terrestres do CRU (figura 3).

A comparação entre médias mensais observadas no CRU e as estimadas pelo modelo é vista na figura 4. O modelo EtaHadGEM2-ES reproduz razoavelmente o ciclo anual de chuva na bacia, com tendência à superestimação no período mais seco, de junho a outubro, quando o modelo indica maiores médias de chuvas do que as calculadas na CRU. A correlação entre as médias mensais do trimestre DJF observadas e as respectivas projeções retrospectivas do modelo foi baixa (em torno de 0,05), indicando uma incoerência espacial (Figura 5).

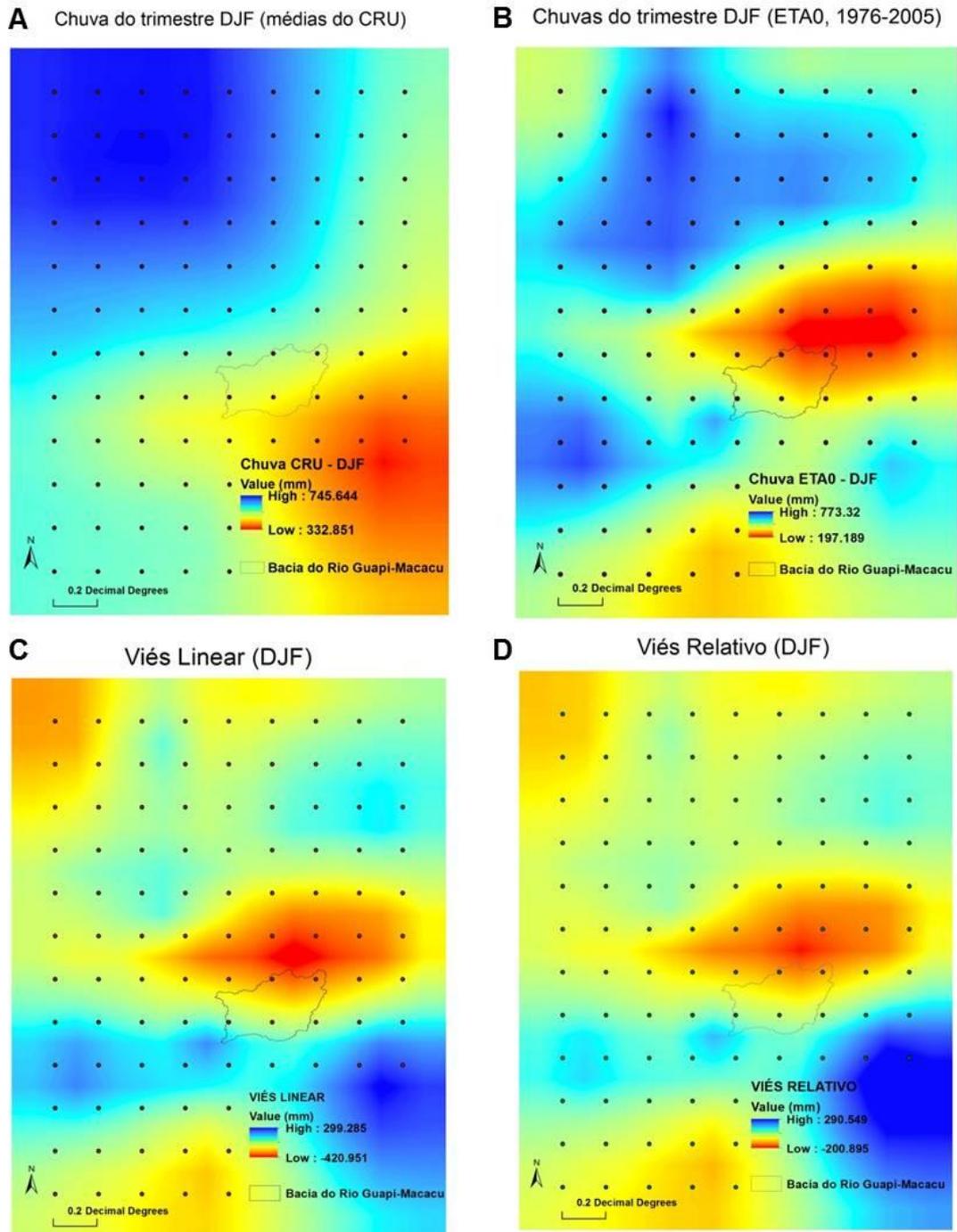


Figura 2. Padrões espaciais de precipitação e de viés para o trimestre chuvoso (DJF) no período de 1976-2005: (A) médias observadas do CRU de precipitação (mm); (B) projeções retrospectivas do Modelo EtaHadGEM2-ES para a precipitação (mm); (C) viés linear (mm) e (D) viés relativo (%) da precipitação estimada pelo modelo EtaHadGEM2-ES em relação aos valores do CRU na bacia Guapi-Macacu e entorno.

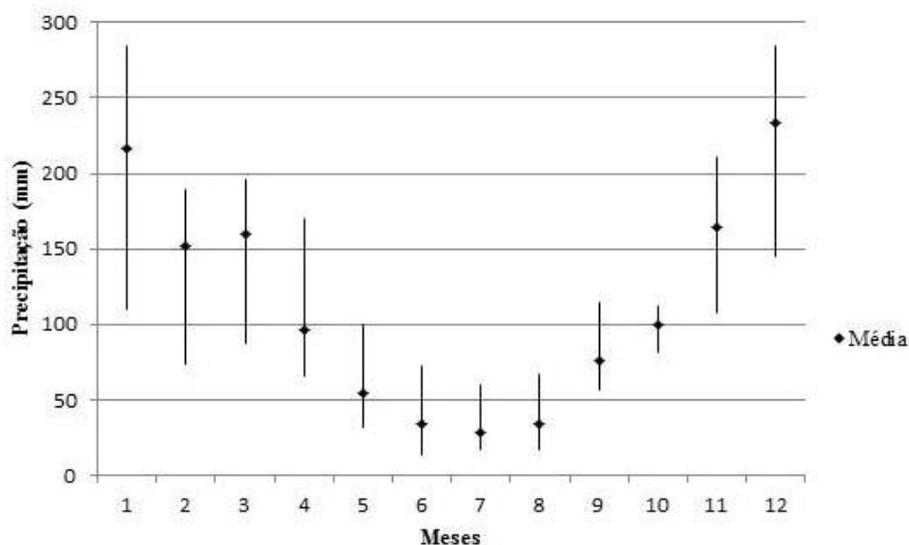


Figura 3. Precipitação mensal média obtida a partir de dados da base global interpolada CRU (1976-2005) e sua amplitude de variação espacial na bacia do Guapi-Macacu e entorno, RJ, Brasil (médias dos dados de 96 *pixels* da malha de 0,2° x 0,2°).

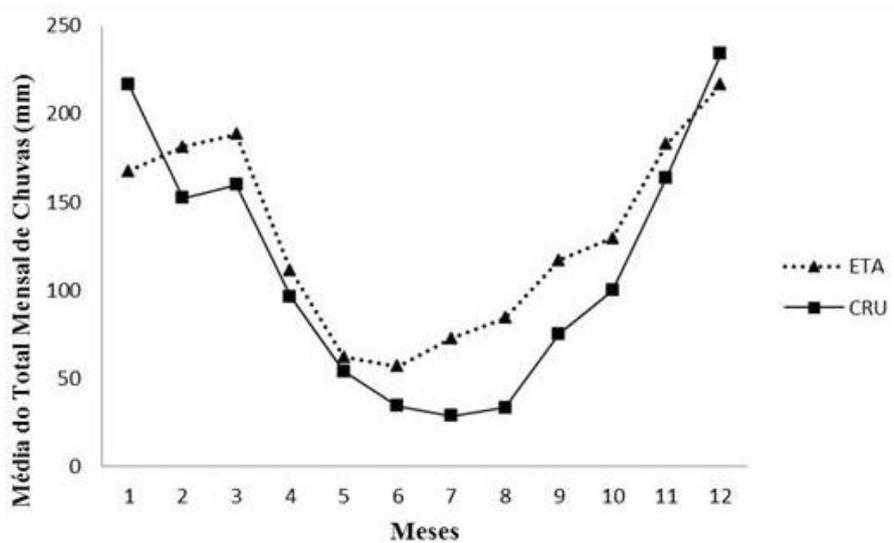


Figura 4. Ciclo anual de chuva na bacia do Guapi-Macacu e entorno, RJ, Brasil: médias observadas (CRU, 1976-2005) dos totais mensais de chuva e correspondentes médias das projeções retrospectivas do modelo Eta-HadGEM2-ES.

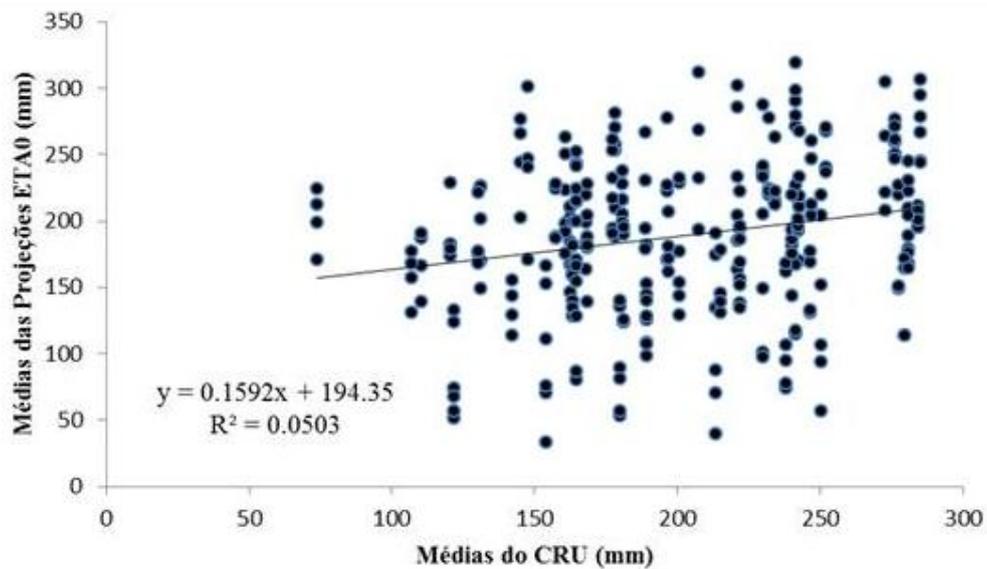


Figura 5. Médias de totais mensais de precipitação (mm) no período DJF (1976-2005): projeções retrospectivas (mm) do Eta-HadGEM2-ES em função de dados do CRU espacializados na bacia do rio Guapi-Macacu e entorno, RJ (96 *pixels* de 0,2° x 0,2°).

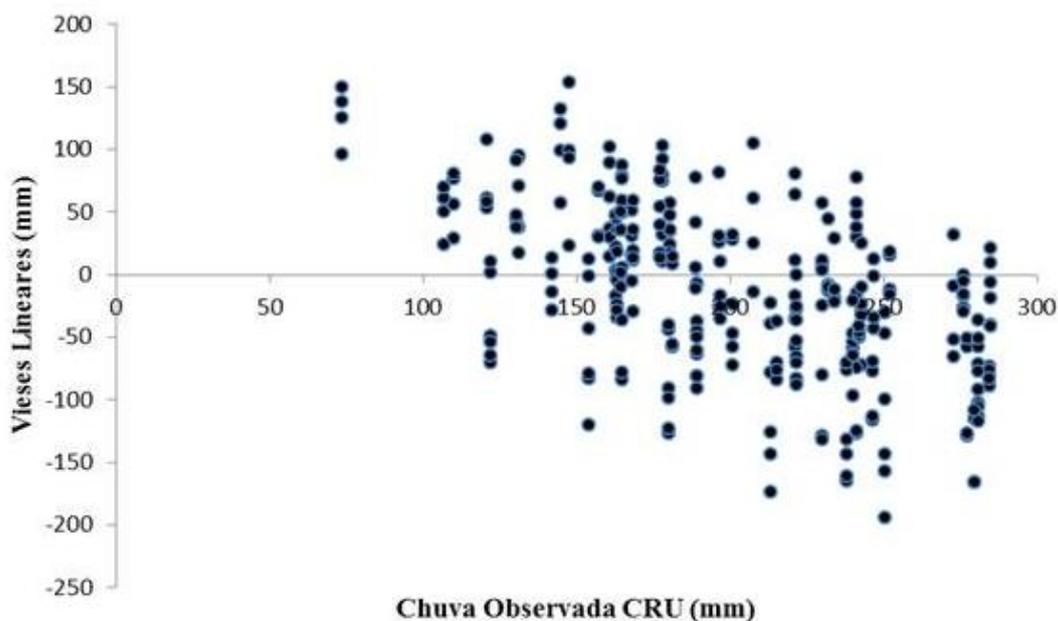


Figura 6. Viés linear do modelo EtaHadGEM2-ES para as médias dos totais mensais de precipitação (mm) no período DJF (1976-2005) na bacia Guapi-Macacu e entorno, RJ.

A análise dos dados de viés mostrou acentuada variação espacial dessa variável, com ocorrência de valores positivos e negativos em quase todos os meses, com exceção dos meses secos de julho e agosto, onde o viés é positivo em todos os pixels. Destaca-se que, com exceção de dezembro a janeiro, em todos os outros meses a média do viés foi positiva, isto é, o modelo climático superestimou as chuvas na maior parte do ano. Em contrapartida, a tendência no período trimestral DJF, considerado o mais chuvoso, é de

viés negativo, isto é, o modelo tende a subestimar a chuva desse período em comparação aos dados do CRU para a região de estudo.

A representação dos dados de viés linear e relativo para o trimestre DJF, vista na Fig. 2 C e D, demonstra a variação espacial dos erros do modelo Eta-HadGEM2-ES e a alta ocorrência de valores negativos neste trimestre. Ao observar a distribuição das médias mensais de chuvas e do viés linear e relativo dentro do contorno da bacia do Guapi-Macacu na figura 2, verifica-se que a parte Norte, de altitudes mais elevadas, coincide com áreas de viés negativo, enquanto à medida que as altitudes ficam mais baixas na parte central e Sul da bacia, o viés aproxima-se de zero, ou torna-se positivo, com baixos valores absolutos. Esses resultados, somados à baixa correlação entre as médias mensais observadas (CRU) e estimadas pelo modelo, indicam que as projeções do Eta-HadGEM2-ES não são adequadas para estudos que requeiram detalhamento espacial, e, no caso de previsões de vazões máximas, há risco de subestimar as chuvas causadoras de vazões máximas.

Apesar disso, a prevalência de vieses positivos durante a maior parte do ano para as projeções retrospectivas do modelo para dados de 1976 a 2005, indica a superestimação dos valores de precipitação, com viés linear médio na área de 222 mm para as chuvas anuais, enquanto para o trimestre DJF o valor médio do viés é de -37 mm. Este resultado corrobora o obtido por Chow et al. (2014), na avaliação do modelo regionalizado Eta-HadGEM2-ES, com valores subestimados de precipitação em grandes áreas da América do Sul durante o verão austral. A mesma tendência foi mencionada pelos autores para outros modelos avaliados (Eta aninhado nos modelos globais BESM e MIROC5), embora no inverno os modelos tenham se comportado distintamente. Tanto para as médias de meses mais secos (inverno) como para os totais anuais, o modelo Eta-HadGEM2-ES superestimou a chuva no período de 1961-1990 (CHOW et al., 2014). Este comportamento foi também observado na avaliação dos dados na bacia do Guapi-Macacu e entorno em relação ao período de 1976-2005.

Em relação à frequência de valores extremos diários, Chow et al. (2014) apontam que esta é mais alta para os modelos regionais do que entre as observações da base CRU. Embora não tenha sido feita avaliação da distribuição de frequência das chuvas diárias da série temporal do Guapi-Macacu no presente trabalho, foram observadas, em geral, maiores amplitudes das médias mensais para o modelo Eta-HadGEM2-ES em comparação com a base CRU, o que indica maior frequência de extremos.

CONCLUSÕES

O modelo EtaHadGEM2-ES apresenta razoável destreza para representar o ciclo anual de chuva na bacia, com boa aproximação das médias e do comportamento sazonal para o período avaliado de projeções retrospectivas, de 1976 a 2005. Entretanto, os dados mostram tendência de superestimação das médias mensais no período de menor precipitação (maio a setembro) e, em consequência, das médias anuais. Por outro lado, a precipitação no trimestre chuvoso é subestimada, devido ao viés negativo nos meses de dezembro e janeiro, os de maior chuva no ano. Além disso, o modelo não representa de maneira adequada o padrão espacial da chuva, com destaque para o trimestre DJF.

Os resultados de análise da distribuição espacial das chuvas do CRU e do modelo na área da bacia e seu entorno, bem como dos valores de viés linear e relativo correspondentes, mostram que não há consistência espacial do viés calculado para a região.

Para o trimestre mais chuvoso (Dezembro-Janeiro-Fevereiro), a bacia do Guapi-Macacu apresenta alta incidência de valores negativos de viés, em especial nas áreas de altitudes elevadas, mas também ocorrem áreas com valores baixos positivos de viés linear e relativo, correspondentes à parte mais baixa da bacia.

Os resultados indicam que as projeções do modelo avaliado Eta-HadGEM2-ES não são adequadas para estudos que requeiram detalhamento espacial. Os resultados apontam também restrição para o uso das projeções de chuva em estimativas de geração de vazões máximas nos períodos chuvosos.

A avaliação de destreza de modelos de mudanças climáticas para projeções retrospectivas (*hindcast*) de precipitação e temperatura também deve ser realizada nessa região a partir da comparação com séries observadas em estações meteorológicas locais, a fim de verificar se os resultados obtidos são semelhantes aos da comparação com bases de dados globais interpolados pelo CRU.

REFERÊNCIAS

BLACK, T. L. The new NMC mesoscale Eta/CPTEC model: Description and forecast examples. **Weather Forecasting**, n. 9, p. 265–278, 1994.

CHOU, S. et al. Evaluation of the Eta Simulations Nested in Three Global Climate Models. **American Journal of Climate Change**, v. 3, n. 5, p. 438-454, 2014. doi: 10.4236/ajcc.2014.35039.

COLLINS, W.J., et al. Development and Evaluation of an Earth-System Model-HadGEM2. **Geoscientific Model Development**, v.4, p. 1051-1075, 2011.

EHRET, U. et al. Opinions "Should we apply bias correction to global and regional climate model data?" **Hydrological Earth System Science**, v.16, pp. 3391-3404, 2012.

MESINGER, F. et al.. The step-mountain coordinate: Model description and performance for cases of Alpine lee cyclogenesis and for a case of an Appalachian redevelopment. **Monthly Weather Review**, 116, 1493–1518, 1988.

PINTO, L. P. et al.. Mata Atlântica Brasileira: os desafios para conservação da biodiversidade de um Hotspot mundial. In: ROCHA et al. **Biologia da Conservação: essências**. São Carlos: Rima Editora, 2006. p. 91-118.

RIBEIRO, M. C. et al. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, London, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

SOUZA, S. A.; NÓBREGA, M. T. Avaliação de dados do CRU-TS em comparação com dados observados de pluviometria no Brasil (Hidroweb-ANA). In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 20, 2013, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul. **Anais...** Bento Gonçalves: SBRH, 2013. Disponível em: Acesso em: 14/10/2016.