ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbge

Destreza de dois modelos climáticos globais em prever a circulação geral da atmosfera

Cássia Gabriele Dias¹, Michelle Simões Reboita², Livia Márcia Mosso Dutra³, Rosmeri Porfírio da Rocha⁴

¹MSc. Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Avenida BPS, 1303, CEP: 37500-903, Itajubá, Minas Gerais. cassiadias@unifei.edu.br (autor correspondente). ² Dra. em Meteorologia, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Avenida BPS, 1303, CEP: 37500-903, Itajubá, Minas Gerais, (35) 3620-1703. reboita@gmail.com; ³MSc. Meteorologia, Universidade de São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, Rua do Matão, 1226, CEP: 05508-090, São Paulo, São Paulo. (11) 3091-2852. livia.dutra@iag.usp.br; ⁴ Dra. Meteorologia, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, Rua do Matão, 1226, CEP: 05508-090, São Paulo, São Paulo, (11) 3091-2820. rosmerir@model.iag.usp.br.

Artigo recebido em 12/04/2017 e aceito em 05/08/2017

RESUMO

O presente estudo avaliou a destreza de dois modelos climáticos globais (CFSv2 e AGCM-CPTEC) em prever a circulação atmosférica sazonal sobre a América do Sul (AS). As previsões entre os anos de 2013 e início de 2014 foram comparadas com os dados da reanálise ERA-Interim. No nível de 250 hPa, o CFSv2 previu o jato subtropical mais fraco do que o observado na reanálise, enquanto o AGCM-CPTEC o previu mais intenso durante o inverno e primavera. Nos meses de Setembro, Outubro e Novembro (SON) de 2013, a Alta da Bolívia (AB) esteve bem configurada no AGCM-CPTEC, concordando com a reanálise. No entanto, com o modelo CFSv2 a AB não se configurou. Já entre os meses de Janeiro, Fevereiro e Março (JFM) de 2014, os modelos deslocaram a AB para sudoeste de sua posição climatológica. No nível de 850 hPa, os jatos de baixos níveis a leste dos Andes foram subestimados nos meses de Março, Abril e Maio (MAM) com o AGCM-CPTEC e em SON/JFM por ambos os modelos. Em MAM, o CFSv2 previu os ventos alísios de sudeste mais similar à reanálise do que o AGCM-CPTEC. O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) foi previsto em ambos os modelos, entretanto, o AGCM-CPTEC previu a intensidade e a posição desse sistema com mais acurácia. Embora os modelos CFSv2 e AGCM-CPTEC apresentem vieses na intensidade do vento e, às vezes, na direção, pode-se afirmar que esses representaram as principais características da circulação atmosférica na AS.

Palavras-chave: AGCM-CPTEC. CFSv2. Circulação geral da atmosfera. Previsão sazonal. América do Sul.

Skill of two global climate models in forecasting the general circulation of the atmosphere

ABSTRACT

The present study evaluated the ability of two global climate models (CFSv2 and AGCM-CPTEC) in predicting the seasonal atmospheric circulation over South America (SA). Predictions between the years 2013 and early 2014 were compared with ERA-Interim reanalysis. At 250 hPa level, CFSv2 predicted the subtropical jet weaker than observed in the reanalysis, while AGCM-CPTEC predicted it more intense during winter and spring. In the months of September, October and November (SON) of 2013, the Bolivian High (BH) was well configured in the AGCM-CPTEC, and this was in agreement with the reanalysis. However, with the CFSv2 the BH was not predicted. Between the months of January, February and March (JFM) of 2014, the models displaced the BH to the southwest of its climatologic position. At the 850 hPa level, the low level jet eastern of the Andes was underestimated in the months of March, April and May (MAM) by AGCM-CPTEC and in SON/JFM by both models. In MAM, CFSv2 predicted better the southeast trade winds than AGCM-CPTEC. The South Atlantic Subtropical Anticyclone (SASA) was predicted by both models, however, the AGCM-CPTEC predicted the intensity and position of this system more accurately. Although the models show biases in the wind intensity and, sometimes, in the direction, it can be affirmed that in general the CFSv2 and AGCM-CPTEC models represented the main characteristics of the atmospheric circulation in the AS.

Keywords: AGCM-CPTEC. CFSv2. General circulation of the atmosphere. Seasonal forecast. South America.

Introdução

Prever o que vai ocorrer numa dada estação do ano em relação à temperatura do ar e precipitação

é de suma importância à tomada de decisões. Com tal informação, é possível planejar com antecedência diferentes atividades, favorecendo a elaboração de

estratégias para os períodos em que são previstos eventos extremos, como déficits de precipitação. Entretanto, como a temperatura do ar e a precipitação estão intimamente relacionadas com a circulação atmosférica, também é importante conhecer antecipadamente a sua previsão.

Existem diferentes métodos para a realização de previsões climáticas sazonais (PCS), contudo, os mais utilizados são através de modelos numéricos estatísticos e dinâmicos. Em relação às previsões com modelos dinâmicos tem-se, por exemplo, os modelos *Coupled Forecast System Model version 2* (CFSv2) e o *Atmospheric General Circulation Model* (AGCM-CPTEC). O CFSv2 (Saha et al., 2014) pertence ao *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP) e o AGCM-CPTEC (Cavalcanti et al., 2002), ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Ambos, foram avaliados no presente estudo.

Segundo Cavalcanti et al. (2002), embora o AGCM-CPTEC apresente alguns erros sistemáticos, este simula as principais características climatológicas da AS, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Alta da Bolívia (AB). Além disso, o modelo também representa a variabilidade sazonal e o ciclo anual da precipitação em várias áreas da AS.

Alguns estudos têm utilizado a técnica de *hindcast*, em que um dado modelo matemático é empregado para realizar simulações históricas, utilizando dados observados (reanálises) como condições iniciais (Santos, Portela e Pulido-Calvo, 2015). Nesse contexto, Silva et al. (2014) avaliaram *hindcasts* do CFSv2 sobre o globo no período de Dezembro, Janeiro e Fevereiro (DJF) e Junho, Julho e Agosto (JJA) de 1983 a 2010. Apesar de exibir algumas deficiências em suas previsões de precipitação, o CFSv2 representa os principais padrões de variabilidade nos trópicos e extratropicais de ambos os hemisférios. Segundo os autores, o modelo também possui melhor habilidade em prever a precipitação sobre o continente do que sobre o oceano.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo é validar as PCS da circulação atmosférica na AS durante o ano de 2013 e início de 2014, previstas com os modelos CFSv2 e AGCM-CPTEC. Uma vez que a circulação atmosférica tem forte influência na temperatura do ar e na ocorrência de precipitação, quanto melhor o desempenho dos modelos na representação da circulação atmosférica, mais confiáveis se tornam as suas previsões.

Material e métodos

Neste trabalho foi avaliada a circulação geral da atmosfera, nos níveis de 250 e 850 hPa, prevista pelos modelos globais CFSv2 e AGCM-CPTEC para o ano de 2013 e início de 2014. O CFSv2 possui resolução espacial de $0,9^\circ \times 0,9^\circ$ de latitude por longitude (Saha et al., 2014), enquanto o modelo AGCM-CPTEC possui resolução espacial de $1,8^\circ \times 1,8^\circ$ de latitude por longitude (Cavalcanti et al., 2002). Ambos são executados diariamente.

Uma vez que existem várias fontes de incertezas à modelagem numérica do clima, como erros nas condições iniciais e aproximações das equações que descrevem os processos atmosféricos, não é adequado analisar as simulações individualmente. Uma maneira de amenizar estes diferentes tipos de incertezas é através da utilização da técnica de *ensemble* (Farina, 2006). O *ensemble* consiste na média das simulações numéricas para um mesmo período, o que permite que as incertezas sejam suavizadas e que sua média receba o valor tendencial, ou seja, o valor médio que as previsões apontam em comum (WMO, 2012). No presente estudo, foi utilizada a técnica de *ensemble*. Na Tabela 1 constam os dias de inicialização das previsões de cada modelo. Por exemplo, para a previsão do trimestre Março, Abril e Maio (MAM) de 2013, é computada a média de seis simulações com o CFSv2 (que iniciaram em seis dias distintos de janeiro) e a média de cinco simulações do AGCM-CPTEC (que também iniciaram em datas distintas de janeiro). Baseando-se nesta metodologia, o presente estudo calculou a média da circulação atmosférica prevista para os trimestres MAM, JJA, Setembro, Outubro e Novembro (SON) de 2013 e Janeiro, Fevereiro e Março (JFM) de 2014.

Segundo Giorgi e Mearns (1999), os modelos climáticos necessitam de um período para ajuste do ciclo hidrológico do modelo, período chamado de *spin-up*. Portanto, todas as análises foram realizadas para dois meses após o mês inicial da rodada de cada previsão. Por exemplo, para a rodada de janeiro foi analisado o período MAM. Em cada rodada, o CFSv2 se estendeu por 8 meses de previsões, enquanto o AGCM-CPTEC por 4 meses, além do mês de cada rodada. No presente estudo, foi utilizada apenas a informação do trimestre mais próximo excluindo o mês da rodada e o seguinte para a previsão.

Tabela 1. Esquematização da técnica *ensemble* utilizada neste trabalho. O exemplo se trata de uma previsão para o período de MAM, sendo os modelos inicializados no mês de janeiro.

Previsões	Mês de início da rodada	Data inicial das previsões	Média Trimestral	Cálculo do <i>ensemble</i>
CFSv2	janeiro	1	(mar+abr+mai)/3= med1	[med1+ med5 + med10 + med15 + med20 + med25]/6 = <i>EnsembleMAM</i>
		5	(mar+abr+mai)/3= med5	
		10	(mar+abr+mai)/3= med10	
		15	(mar+abr+mai)/3= med15	
		20	(mar+abr+mai)/3= med20	
		25	(mar+abr+mai)/3= med25	
AGCM-CPTEC	janeiro	13	(mar+abr+mai)/3= med13	[med13 + med14 + med15 + med16 + med17]/5 = <i>EnsembleMAM</i>
		14	(mar+abr+mai)/3= med14	
		15	(mar+abr+mai)/3= med15	
		16	(mar+abr+mai)/3= med16	
		17	(mar+abr+mai)/3= med17	

Para a validação das previsões foram utilizadas as componentes zonal e meridional do vento em 250 e 850 hPa da reanálise ERA-Interim (Dee et al., 2011). Os dados da ERA-Interim possuem resolução espacial de $0,75^\circ \times 0,75^\circ$ de latitude por longitude e abrangem o período entre janeiro de 1979 até o presente. Foram gerados mapas da circulação geral da atmosfera nos níveis de 250 e 850 hPa com os dois modelos em estudo (AGCM-CPTEC e CFSv2) e após comparados com os resultados da reanálise. Além disso, foram construídos mapas dos vieses (equação 1) da circulação atmosférica dos *ensembles* trimestrais em relação à reanálise Era-Interim. Na equação (1), o viés próximo de zero indica que o modelo se aproxima do valor observado, o viés negativo significa que o modelo subestima a variável simulada e já o positivo que a superestima (Ferreira et al., 2012):

$$\text{Viés} = (\text{Média do trimestre simulado}) - (\text{Média do trimestre da reanálise}) \quad (1)$$

Também se computou a média das componentes zonais e meridionais do vento, considerando-se a intensidade do vento nos trimestres previstos para quatro subdomínios do Brasil (Figura 1), sendo eles: Região Amazônica (AMZ), Nordeste do Brasil (NDE), Sudeste do Brasil (SDE) e Sul do Brasil (SUL). Em seguida, utilizando-se as mesmas médias, calculou-se o viés e o índice de concordância de Willmott (Willmott, 1981). Este índice apresenta o grau de

concordância entre os valores previstos e observados, quanto mais próximo de 1, maior a concordância. Este índice é calculado pela seguinte equação:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i| + |\hat{O}_i|)^2} \quad (2)$$

sendo P_i = valor previsto; O_i = valor observado, $\hat{P}_i = P_i - \bar{O}$, $\hat{O}_i = O_i - \bar{O}$, com $\bar{O}$ representando a média dos valores observados.

Figura 1. Domínio e subdomínios em estudo (AMZ, NDE, SDE e SUL).

Resultados e discussão

A Figura 2 apresenta a intensidade média do vento (m/s) e a direção do escoamento em 250

hPa. Na primeira, segunda e terceira coluna constam, respectivamente, as previsões do CFSv2, AGCM-CPTEC e a reanálise ERA-Interim. Em MAM de 2013 (Figuras 2a, 2b e 2c), a circulação anticiclônica sobre o Pará e Mato Grosso registrada na ERA-Interim é deslocada para oeste pelos modelos globais. Nesse, e nos demais trimestres, o jato subtropical previsto pelos modelos é menos intenso do que na reanálise. Isso é uma característica bem marcada no campo do viés (Figura 4). Ainda com relação ao trimestre MAM de 2013, a posição da circulação anticiclônica que aparece deslocada nos modelos favoreceu um viés de circulação ciclônica sobre a parte central do Brasil conforme mostrado nas Figuras 4a e 4b.

A reanálise (Figura 2f) no trimestre JJA de 2013 apresentou uma circulação anticiclônica sobre o Pará, que não é comum neste período do ano. Somente o AGCM-CPTEC previu tal circulação, entretanto foi mais alongada zonalmente (Figura 2e). No viés, o CFSv2 (Figura 4c) superestimou a intensidade dos ventos numa faixa que se estende do Peru, abrangendo quase todo o Brasil, exceto, o extremo norte da região norte do Brasil, região sul do Brasil e os estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Nestes locais, há uma subestimação na intensidade dos ventos. Já o AGCM-CPTEC (Figura 4d) apresentou vieses menos acentuados que o CFSv2, apresentando subestimação de 3 a 5 m/s em parte do Peru, no sul da região norte do Brasil e na região centro-oeste do Brasil. A região norte da AS, norte do Chile e norte da Argentina apresentaram superestimações, e a região sudeste e nordeste do Brasil apresentaram vieses entre -1 e 1 m/s, exceto o nordeste da região nordeste, onde há subestimação de 3 m/s.

Em SON de 2013 a Alta da Bolívia (AB) esteve bem configurada no AGCM-CPTEC (Figura 2h), concordando com a reanálise do ERA-Interim (Figura 2i), o que não foi simulado pelo CFSv2. Já no campo dos vieses, o CFSv2 (Figura 4e) apresentou uma circulação ciclônica no leste do oceano Pacífico, próximo à divisa do Peru e Chile, enquanto o AGCM-CPTEC (Figura 4f) não apresentou esse viés na circulação. De acordo com

a reanálise, no trimestre JFM de 2014, a AB esteve deslocada para oeste e o cavado das cercanias do nordeste do Brasil ao sul em relação ao padrão climatológico (Figura 2l). Já os modelos (Figuras 2j e 2k) deslocaram a AB para sudoeste e não simularam o cavado corrente abaixo da alta. Conforme Reboita et al. (2015), o padrão simulado pelos modelos não contribuiu à escassez de precipitação que ocorreu no verão de 2014. Coelho et al. (2016) apresenta uma descrição dos padrões atmosféricos que contribuíram para os déficits de precipitação no verão de 2014, enquanto Marengo et al. (2015) discutem os problemas sociais ocorridos com a crise hídrica. Com relação ao viés, em JFM de 2014, ambos os modelos apresentaram uma circulação ciclônica. O CFSv2 (Figura 4g) colocou o centro desta circulação sobre o Amazonas, enquanto o AGCM-CPTEC (Figura 4h) entre o Amazonas Acre e Peru.

A Figura 3 é similar à Figura 2, entretanto, apresentada a circulação atmosférica em 850 hPa. O trimestre MAM de 2013 foi caracterizado por ventos de leste/sudeste chegando ao litoral do NDE (Figura 3c), sendo estes bem simulados pelos modelos (Figuras 3a e 3b). Já a posição do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) tem intensidade superestimada nas previsões, onde também aparece deslocado para oeste (Figuras 3a e 3b). Portanto, há um viés anticiclônico deslocado para sudoeste (em comparação com as Figuras 3a e 3b) em ambos os modelos (Figuras 5a e 5b). O ASAS é, em geral, subestimado em todos os trimestres pelos modelos em estudo (Figura 3 e 5). Em JJA de 2013, sobre o Paraguai, região onde passam os jatos de baixos níveis que se deslocam da Amazônia para os subtrópicos, os ventos no AGCM-CPTEC (Figura 3e) foram mais fracos do que na ERA-Interim (Figura 3f) e mais intensos no CFSv2 (Figura 3d). Essa característica é bem visível nos vieses (Figuras 5c e 5d). Os jatos de baixos níveis também aparecem nos trimestres de SON de 2013 e JFM de 2014 na reanálise e nos modelos. Porém, os modelos subestimaram a intensidade desses ventos (Figuras 3g, 3h, 3j, 3k, 5e a 5h) quando comparados à reanálise.

Figura 2. Direção e intensidade (m/s) média dos ventos em 250 hPa. CFSv2 (primeira coluna): a) MAM de 2013, d) JJA de 2013, g) SON de 2013 e j) JFM de 2014. CPTEC (segunda coluna): b) MAM de 2013, e) JJA de 2013, h) SON de 2013 e k) JFM de 2014. ERA-Interim (terceira coluna): c) MAM de 2013, f) JJA de 2013, i) SON de 2013 e l) JFM de 2014.

Figura 3. Direção e intensidade (m/s) média dos ventos em 850 hPa. CFSv2 (primeira coluna): a) MAM de 2013, d) JJA de 2013, g) SON de 2013 e j) JFM de 2014. CPTEC (segunda coluna): b) MAM de 2013, e) JJA de 2013, h) SON de 2013 e k) JFM de 2014. ERA-Interim (terceira coluna): c) MAM de 2013, f) JJA de 2013, i) SON de 2013 e l) JFM de 2014.

Figura 4. Viés médio da direção e intensidade do vento (m/s) em 250 hPa tendo como observação os dados ERA-Interim: CFSv2 (primeira coluna): a) MAM de 2013, c) JJA de 2013, e) SON de 2013, g) JFM 2014. AGCM-CPTEC (segunda coluna): b) MAM de 2013, d) JJA de 2013, f) SON de 2013 e h) JFM de 2014.

Figura 5. Viés médio da direção e intensidade do vento (m/s) em 850 hPa tendo como observação os dados ERA-Interim: CFSv2 (primeira coluna): a) MAM de 2013, c) JJA de 2013, e) SON de 2013, g) JFM 2014. AGCM-CPTEC (segunda coluna): b) MAM de 2013, d) JJA de 2013, f) SON de 2013 e h) JFM de 2014.

A Tabela 2 mostra que a componente zonal do vento (u) em 250 hPa é melhor prevista pelo AGCM-CPTEC em todos os subdomínios em estudo (índice de Willmott próximo de 1 e vieses menores se comparados ao CFSv2), enquanto que em 850 hPa foi melhor prevista pelo CFSv2. O CFSv2 conseguiu prever bem a componente meridional do vento (v) em 250 hPa na AMZ, NDE e SDE, enquanto o AGCM-CPTEC prevê bem no SUL e SDE. Em 850 hPa, AMZ, e NDE são melhores previstas pelo CFSv2 e o SDE pelo

AGCM-CPTEC, já a região SUL não foi prevista de modo satisfatório.

A intensidade do vento (m/s) foi bem representada pelo AGCM-CPTEC em 250 hPa nas regiões AMZ, SDE e NDE, entretanto no NDE o modelo não se mostrou muito hábil. Em 850 hPa, o AGCM-CPTEC apresentou melhores resultados no SUL e NDE, enquanto o CFSv2 à AMZ e NDE. Portanto, não há um modelo que representou melhor todas as variáveis em estudo.

Tabela 2. Índice de Willmott e viés médio das previsões da intensidade (m/s) e componentes zonal e meridional do vento, comparadas com as observações do ERA-Interim para 250 e 850 hPa.

		Índice de Willmott				Viés			
		AMZ	SUL	NDE	SDE	AMZ	SUL	NDE	SDE
u 250	AGCM	0,92	0,91	0,39	0,90	-0,9	-1,8	-1,6	-1,4
	CFSv2	0,67	0,67	0,13	0,92	4,6	2,9	-1	-4,5
v 250	AGCM	0,72	0,83	0,66	0,83	-0,3	-0,7	-0,2	0,7
	CFSv2	0,85	0,61	0,87	0,86	0,5	-1,6	-0,2	1,4
Int. 250 (m/s)	AGCM	0,72	0,91	0,45	0,90	-0,9	-2,3	-1,7	-1,5
	CFSv2	0,57	0,66	0,14	0,92	2,9	2,8	-1,2	-4,5
u 850	AGCM	0,92	0,86	0,812	0,60	-1	-0,5	-0,2	0,5
	CFSv2	0,95	0,88	0,91	0,81	0,3	-0,1	0	-0,8
v 850	AGCM	0,75	0,38	0,72	0,76	1,4	-1,3	0,2	0,8
	CFSv2	0,80	0,10	0,78	0,65	-0,4	-1,2	0,0	0,0
Int. 850 (m/s)	AGCM	0,62	0,72	0,91	0,52	0,2	0,2	-0,2	-0,3
	CFSv2	0,88	0,69	0,94	0,51	0,0	0,0	-0,2	-0,3

Conclusões

A partir dos resultados encontrados, conclui-se que no nível de 250 hPa o AGCM-CPTEC mostrou maior similaridade com a ERA-Interim do que o CFSv2. O CFSv2 subestimou a intensidade do jato subtropical, enquanto que o AGCM-CPTEC apresentou valores próximos da reanálise no inverno e primavera. A AB foi prevista em ambos os modelos, mas com diferenças na intensidade e posição desse sistema.

Em 850 hPa, os vieses da intensidade do vento foram menores que os da circulação em 250 hPa. As previsões dos modelos globais mostraram bons resultados nos trimestres de MAM, JJA e SON de 2013. O trimestre JFM de 2014 apresentou subestimativas na intensidade do vento em quase toda a AS. Os jatos de baixos níveis a leste dos Andes foram subestimados em MAM pelo AGCM-CPTEC e em SON e JFM por ambos os modelos.

O CFSv2 mostrou-se melhor em representar os ventos alísios que chegam na região nordeste do Brasil no trimestre MAM. O ASAS foi simulado em ambos os modelos. Porém, o AGCM-CPTEC apresentou maior habilidade em prever a intensidade e posicionamento desse sistema.

Com relação ao viés e Índice de Willmott, em geral, ambos os modelos conseguiram prever as componentes zonais, meridionais e a intensidade do vento, diferindo-se um pouco entre si. Entretanto, a componente zonal e a intensidade do vento no NDE, em 250, não conseguiu ser bem representada.

Embora nenhum dos modelos (AGCM-CPTEC e CFSv2) tenha previsto perfeitamente a circulação atmosférica sobre toda a AS, ressalta-se que ambos conseguiram representar as principais características da circulação sobre esse continente. Por fim, conclui-se que estes modelos podem ser

utilizados como condição inicial e de fronteira nos modelos climáticos regionais.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CPTEC, NOAA e ECMWF pelos dados utilizados no estudo e ao CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo apoio financeiro.

Referências

- Cavalcanti, I.F.A., Marengo, J.A., Satyamurty, P., Nobre, C.A., Trosnikov, I., et al., 2002. Global Climatological Features in a Simulation Using the CPTEC AGCM. *Journal of Climate* [online] 15(21), 2965-2988. Disponível: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2002\)015<2965:GCFIAS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2002)015<2965:GCFIAS>2.0.CO;2). Acesso: 02 jul. 2017.
- Coelho, C.A.S., Oliveira, C.P.de, Ambrizzi, T., Reboita, M.S., Carpenedo, C.B., et al., 2016. The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. *Climate Dynamics* 46(11-12), 3737-3752. DOI:10.1007/s00382-015-2800-1.
- Dee, D.P., Uppala, S., Simmons, A., Berrisford, P., Poli, P., et al., 2011. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* [online] 137(656), 553-597. Disponível: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/qj.828/full>. Acesso: 02 jul. 2017.
- Farina, L., 2006. Previsão de Ondas Oceânicas por Ensemble: Uma Revisão e Estudo de Caso. *Pesquisas em Geociências* [online] 33(1), 117-124. Disponível: <http://hdl.handle.net/10183/22649>. Acesso: 02 jul. 2017.
- Ferreira, W.R.S., Vitorino, M.I., Souza, E.B.de, Carmo, A.M.C.de, 2012. Sazonalidade da precipitação para a Amazônia usando o modelo REGCM3: Avaliando apenas a forçante do Atlântico Equatorial. *Revista Brasileira de Meteorologia* [online] 27(4), 435-446. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862012000400007>. Acesso: 02 jul. 2017.
- Giorgi, F.; Mearns, L.O., 1999. Introduction to special section: Regional Climate Modeling Revisited. *Journal of Geophysical Research* 104 (D6), 6335-6352. DOI: 10.1029/98JD02072.
- Marengo, J., Espinoza, J.C., Ronchail, J., Alves, L.M., 2015. Tropical South America east of the Andes. Eds., *State of the Climate in 2014. Bulletin of the American Meteorological Society* [online] 96(7), S179-S180 e S182. Disponível: <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/2015BAMSStateoftheClimate.1>. Acesso: 02 jul. 2017.
- Reboita, M.S.; Dutra, M.M.L.; da Rocha, R.P., Rehbein, A. 2015. Dry summer over Southeastern Brazil in 2014: Part II: atmospheric patterns in ERA-Interim and simulated by CFSv2 and RegCM4 ensembles. In: 26th IUGG 2015 General Assembly, Praga.
- Saha, S., Moorthi, S., Wu, X., Wang, J., Nadiga, S., et al., 2014. The NCEP Climate Forecast System Version 2. *Journal of Climate* [online] 27(6), 2185-2208. Disponível: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00823.1>. Acesso: 02 jul.2017.
- Santos, J.F.A.; Portela, M.M.B.; Pulido-Calvo, I., 2015. Previsão de secas na primavera em Portugal Continental com base em indicadores climáticos de larga. *Ingeniería del Agua* [online] 19(4), 211-227. Disponível: <http://hdl.handle.net/10251/77097>. Acesso: 03 jul. 2017. doi:10.4995/ia.2015.4109.
- Silva, G.A.M.; Dutra, L.M.M.; da Rocha, R.P.; Ambrizzi, T.; Leiva, É., 2014. Preliminary Analysis on the Global Features of the NCEP CFSv2 Seasonal Hindcasts. *Advances in Meteorology* [online] 2014, 1-21. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/695067>. Acesso: 03 jun. 2017.
- Willmott, C.J., 1981. On the validation of models. *Physical Geography* 2, 184-194. DOI: 10.1080/02723646.1981.10642213.
- WMO. World Meteorological Organization, 2012. Guidelines on Ensemble Prediction Systems and Forecasting. n. 1091. Disponível em: http://www.wmo.int/pages/prog/www/Documents/1091_en.pdf. Acesso: 02 fev. 2017.