REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Anomalias dos Padrões Sinóticos da Atmosfera na América do Sul nos Meses de Janeiros de 2014 e 2015[1]

Michelle Simões Reboita[2], Débora Martins de Oliveira[2], Cleverson Henrique de Freitas[2], Gabriel Miller de Oliveira[2]e Rodolfo Armando de Almeida Pereira[2]

[1]Aceito para Publicação no 4° Trimestre de 2015

[2]Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Av. BPS, 1303 – Itajubá, MG – Brasil, reboita@unifei.edu.br, deboramartins.atm@gmil.com, sonhfreitas@gmail.com, gabrielmiller_1@hotmail.com, rodolfoaap@outlook.com

Resumo

A região sudeste do Brasilapresentou déficit de precipitação no mês de janeiro dos anos de 2014 e 2015, o que impactoua disponibilidade de água para o consumo humano, a agricultura e a produção de energia hidrelétrica. O volume dos reservatórios de água passou a alcançar seus níveis mais baixos.Nesse contexto o objetivo do presente estudoé verificar se o padrão de anomalias atmosféricas associados à seca em janeiro de 2014 foi similar ao ocorrido com a seca de janeiro de 2015. Entre os resultados têm-se que em ambos os anos há o deslocamento do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) para oeste de sua posição climatológica, implicando em anomalias positivas de pressão atmosférica sobre o sudeste do Brasil e anomaliaspositivas de temperatura da superfície do mar próximas à costa sul-sudeste do país. Essas características atmosféricas desfavorecem a ocorrência de precipitação no sudeste do Brasil.

Palavras-chave: Sudeste do Brasil, verões anômalos, déficit de precipitação.

Synoptic pattern anomalies of the atmosphere over South America in January 2014 and 2015

Abstract

Southeastern Brazil presented precipitation deficitin January 2014 and 1015.It affectedthe water availability for human consumption, agriculture and the hydroelectric power generation. The reservoir water volume reached their lowest levels.In this context, the purpose of this study is to verify the atmospheric anomaliespattern associated with drought in January 2014 and its similarity to theobserved ones in January 2015.Among the results, we verify that in both years there is the displacement of South Atlantic Subtropical Anticyclone (SASA) to west of its climatological position, driving positive anomalies of atmospheric pressure over the southeastern Brazil and positive anomalies of sea surface temperature nearby the south-southeast coast. These factors contributed to precipitation deficit over Southeastern Brazil.

Keyword: Southeast of Brazil, anomalous summers, rainfall deficit.

Introdução

A distribuição da precipitação na América do Sul não é regular temporalmente e espacialmente, sendo que as regiões sudeste e centro-oeste do Brasil possuem máximo de precipitação durante o verão e mínimo durante o inverno (REBOITA et al., 2012). Este regime climático está associado com o Sistema de Monção da América do Sul (SMAS; ZHOU & LAU, 1998; GAN et al., 2004; GRIMM et al., 2005; GARCIA & KAYANO, 2009; CUSTÓDIO et al., 2013). Diferente do padrão climatológico, nos mesesjaneiro de 2014 e 2015, a região sudeste do Brasil sofreu com um grande déficit de precipitação o que gerou impactos negativos na disponibilidade de água para o consumo humano, na agricultura e na produção de energia hidrelétrica. Como exemplo, tem-se que o volume do reservatóriodo Sistema Cantareira passou de 76,10% em 2012 para 21,99% em 2014, chegando a um volume de apenas 4,68% no ano de 2015 (SABESP, 2015).

De acordo com Coelho et al. (2015), o verão (jan-fev-mar) de 2014 foi anomalamente seco devido a uma combinação de fatores: uma fonte de calor localizada no

norte e nordeste da Austrália causou perturbações na atmosfera comomovimento de ar subsidentes sobre o sudeste do Brasil. Isso intensificou o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) entre o sudeste do Brasil e o Oceano Atlântico. A alta pressão desse sistema inibiu os movimentos ascendentes na atmosfera e a formação de nuvens, além disso, favoreceu o aquecimento das águas oceânicas. Com águas mais quentes e com a alta intensificada, há um bloqueamento-enfraquecimento da passagem de frentes frias que são importantes para a ocorrência de chuva. Muitas dessas características já haviam sido relatadas por Cardozo et al. (2014). Por exemplo, tais autores destacaram que o deslocamento do ASAS para oeste de sua posição climatológica e sua permanência por cerca de 3 meses no verão de 2014 pode ter contribuído para as anomalias positivas de temperatura da superfície do mar (TSM) registradas nesse período em comparação ao ano de 2013. Além dissoNógues-Peaglee Mo (1997) verificaram que, quando o ASAS está deslocado para oeste no verão há déficit de precipitação no sudeste do Brasil, por enfraquecimento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e excesso na região sul do país.

Como a região sudestedo Brasil apresentou anomalias negativas de precipitação consideráveis no mês de janeiro dos anos de 2014 e 2015, o objetivo deste estudo é verificar se o padrão das anomalias atmosféricas na América do Sul e adjacências que esteve associado à seca em ambos os anos foi similar ou não.

Materiais e Métodos

*Identificação do déficit de precipitação nos janeiros de 2014 e 2015:*Inicialmente, computaram-se as anomalias de precipitação do mês de janeiro entre os anos de 1979 a 2015 para a porção da região sudeste do Brasil (51°W a 41°W de longitude e 23°S a 17°S de latitude -Figura 1)que incluio estado de Minas Gerais e parte dos estados do Rio de Janeiro eSão Paulo. Uma pequena parte de Goiás também foi incluída. A justificativa para a escolha da área se deu ao problema hídrico vivenciado em tais estados.A etapa seguinte consistiu na elaboração de um gráfico temporal das anomalias de precipitação (Figura 2).

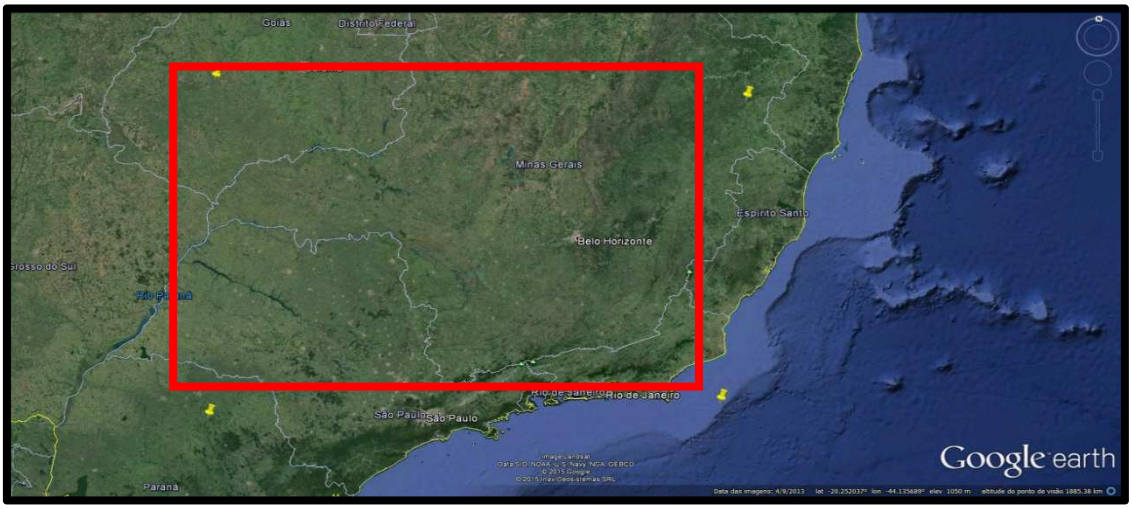


Figura 1:Área em que foi calculada a anomalia de precipitação para janeirono período de 1979 a 2015.

Anomalias espaciais das variáveis atmosféricas: Para a caracterização física da atmosfera em janeiro de 2014 e 2015, foram analisados os campos de linhas de corrente, altura geopotencial e ventos nos níveis de 250 e 850 hPa, temperatura a 2 metros de altura da superfície, temperatura da superfície do mar e pressão ao nível médio do mar (PNMM). Para tais campos, calcularam-se a média climatológica do período de janeiro de 1979 a janeiro de 2015e, na sequência, as anomalias em relação à média de janeiro de 2014 e 2015 (ano – média climatológica).

A Tabela 1 resume as informações das variáveis utilizadas nesse trabalho, incluindo a resolução horizontal, período e fonte de cada variável utilizada.

Tabela 1: Características, período, área de estudo e fonte dos dados utilizados.

Dados	Resolução horizontal	Área de estudo	Período	Fonte
Vento: em 250 e 850 hPa Altura geopotencial: em 250 e 850 hPa Temperatura a 2m Temperatura da superfície do mar	2,5ºx2,5º	Global: (0º-360º E, 0º-180ºN) América do Sul: (90ºW-0º, 60ºS-20ºN)	1979-2015	*Reanalysis* I NCEP/ NCARhttp://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html
Precipitação	1ºx1º	América do Sul: (90ºW-0º, 60ºS-20ºN)		Global Precipitation Climatology Centre (GPCC) http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.gpcc.html

Resultados e Discussões

No período de 1979 a 2015, há vários janeiros nos quais a anomalia de precipitação foi negativa no sudeste do Brasil se comparada à média climatológica, contudo, os anos mais secos são 2014 e 2015, com um destaque para este último ano que teve anomalia negativa superior a 200 mm (Figura 2).

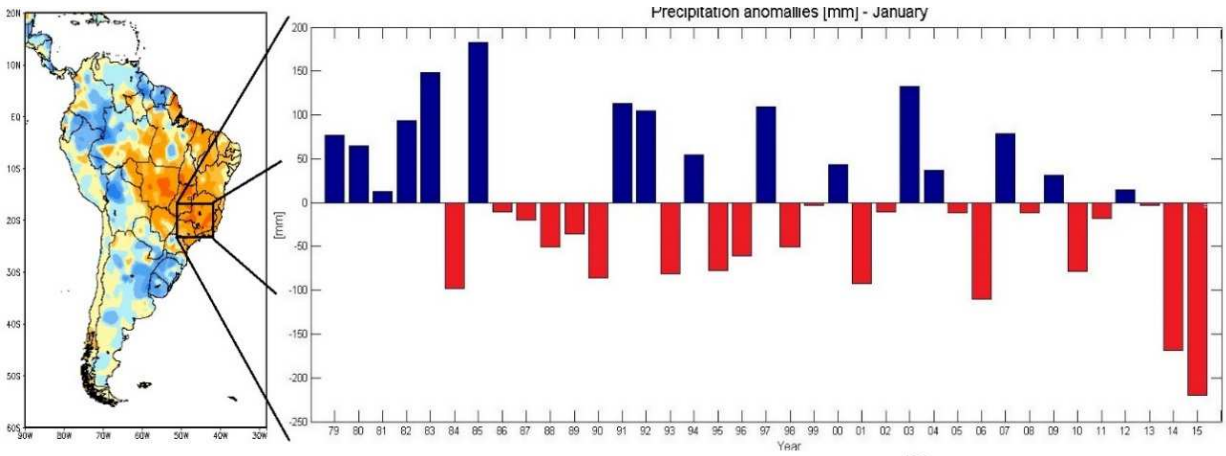


Figura 2: Anomalias de precipitação (mm) no mês de janeiro do período de 1979 a 2015 para a região sudeste compreendida entre 51^{o}W a 41^{o}W e 23^{o}S a 17^{o}S.

Com o déficit de precipitação no verão de 2014, seguido pela estação seca de inverno desse mesmo ano e o déficit de precipitação em janeiro de 2015, ocorreu umadiminuição do nível de vários reservatórios conforme exemplifica a Figura 3, referente ao reservatório da Cantareira. Tal figura mostra que em 2015 o nível do reservatório estava abaixo da 1ª cota de volume morto (8,2 m) de todo o sistema. O impacto causado pela diminuição do nível dos reservatórios que são utilizados para a geração de energia elétrica e para o abastecimento e consumo humano, foram diversos, dentre os quais destacam-se o aumento das tarifas energéticas e de abastecimento de água, esgoto e saneamento em toda a região sudeste.

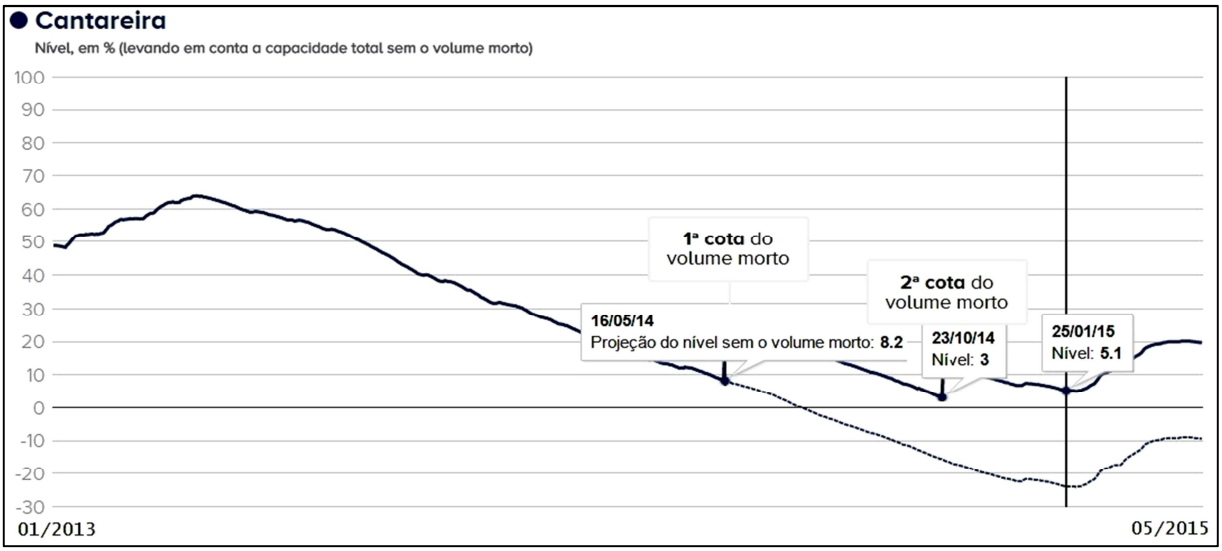


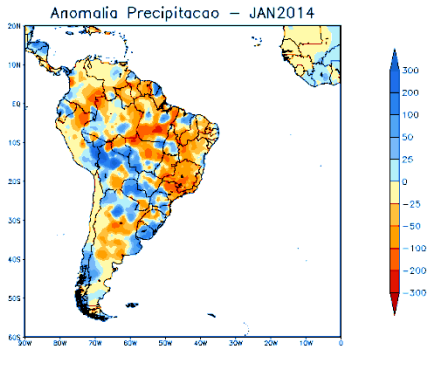
Figura 3: Variação do nível do sistema Cantareira em São Paulo – SP de janeiro de 2013 a maio de 2015. Adaptado de SABESP.

Tendo em vista que o mês de janeiro dos anos de 2014 e 2015 foram anomalamente secos, a análise seguinte faz um comparativo das características atmosféricas em ambos os anos afim de identificar semelhanças e diferenças. A Figura 4 mostra os campos anômalos de precipitação, temperatura do ar, PNMM e linhas de corrente no mês de janeiro de 2014 e 2015.

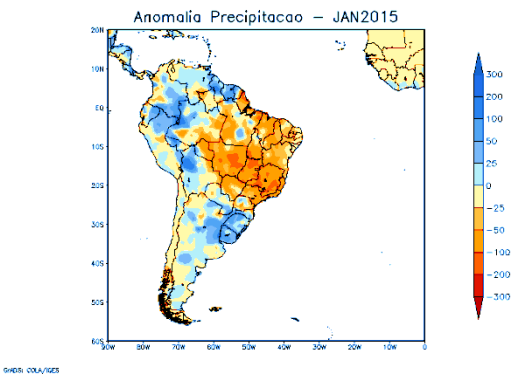
Em 2014háanomalia negativa de precipitação sobre a região sudeste do Brasil (Figura 4a), na região nordeste (exceto no litoral e a leste do Maranhão) e em algumas partes da região norte e centro-oeste do país. Segundo o Relatório Climático Mensal do Grupo de Estudos Climáticos da Universidade de São Paulo (GrEC/IAG-USP, 2014), a redução de precipitação no sudeste do Brasil em 2014 ocorreu concomitantemente com temperaturas mais elevadas, principalmente, em São Paulo. Contudo, os valores anômalos encontrados em 2015 (Figura 4b) são ainda mais expressivos mostrando, portanto, que o período de seca neste ano foi ainda mais severo se comparado ao ano anterior. Concordante com o estudo de Nogués-Peaglee Mo(1997), quando da ocorrência de anomalias negativas de precipitação no sudeste do Brasil, tem-se anomalias positivas no sul do país.

As anomalias de PNMM em 2014 indicam a atuação de um sistema de bloqueio atmosférico causado pelo deslocamento anômalo do ASAS para oeste de sua posição climatológica, que causa alta pressão sobre toda a parte central e sudeste do Brasil, mas com o núcleo mais intenso situado sobre a região sudeste do país(Figura 4e). Em 2015 as anomalias positivas de pressão cobrem quase todo o território brasileiro, exceto a região amazônica (Figura 4f). Um fato interessante no campo das anomalias de PNMM é que em 2014 há uma grande área de anomalias negativas no sul do oceano Atlântico enquanto que em 2015 há um centro de anomalias positivas dominando no extremo sul da América do Sul e o de anomalias negativas está deslocado para leste comparado ao de 2014. Em ambos os anos, na análise das linhas de corrente em 250 hPa (Figura 4 g-h), há um padrão similar ao de bloqueio do tipo dipolo com anomalias de circulação ciclônica (C) ao norte das anomalias de circulação anticiclônica (A). Em 2014, o centro da anomalia de circulação ciclônica localiza-se sobre o estado de Goiás, e tal circulação cobre quase todo centro-norte da América do Sul. Já em 2015 o centro está ligeiramente deslocado para norte e a circulação cobre uma área menor.

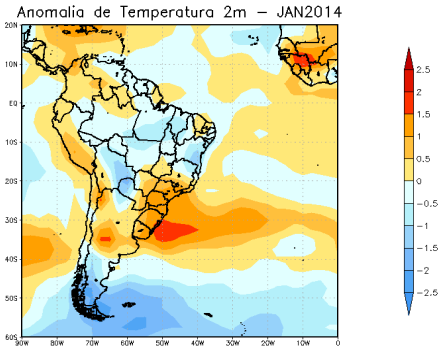
(a)


Anomalia Precipitacao – JAN2014

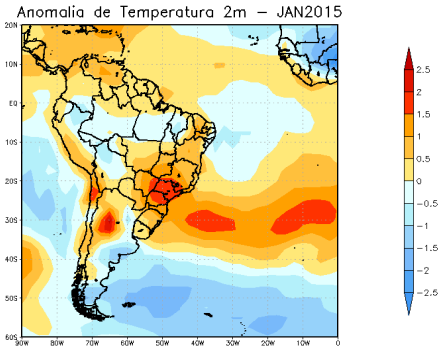
(b)


Anomalia Precipitacao – JAN2015

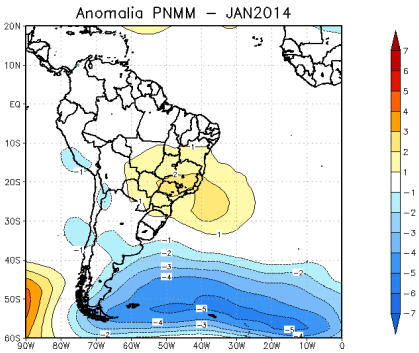
(c)


Anomalia de Temperatura 2m – JAN2014

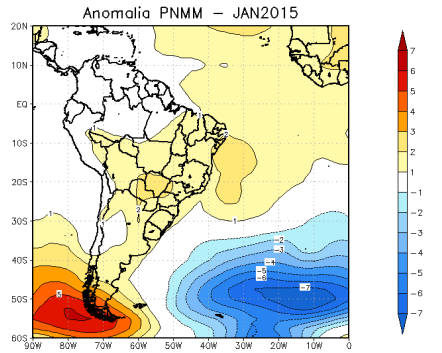
(d)


Anomalia de Temperatura 2m – JAN2015

(e)


Anomalia PNMM – JAN2014

(f)


Anomalia PNMM – JAN2015

(g) (h)

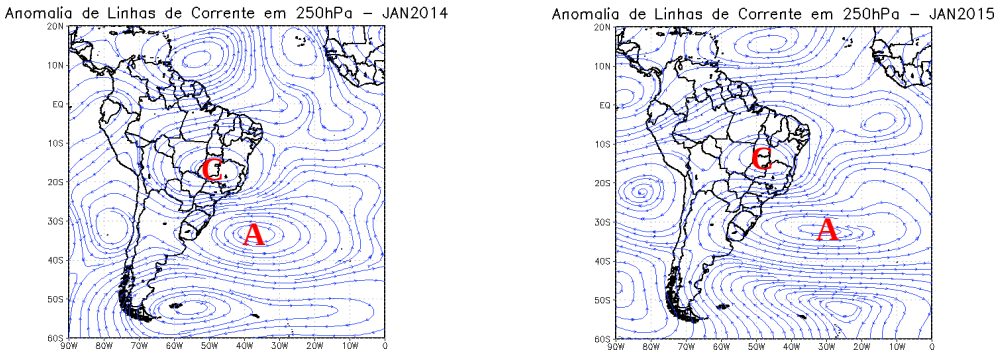


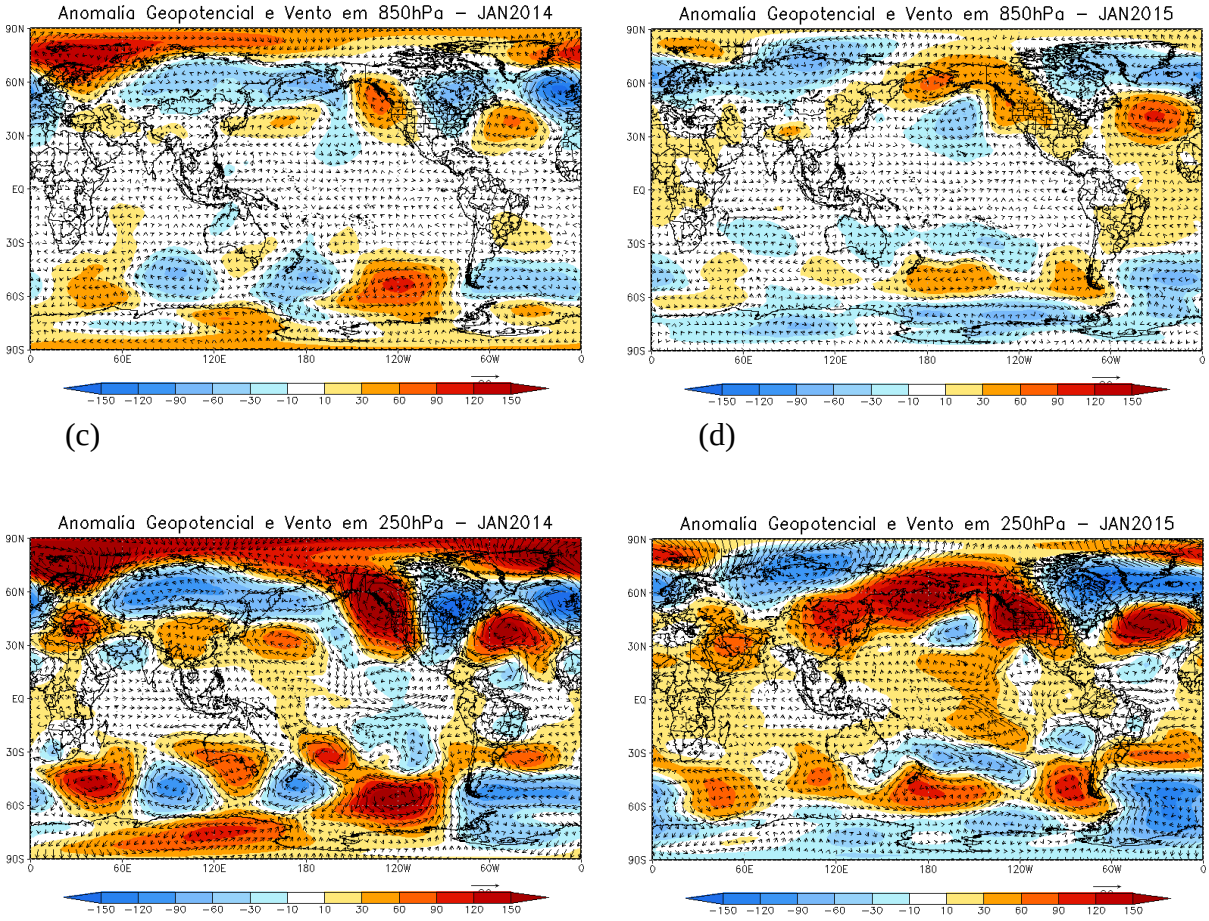
Figura 4:Anomalia dos campos atmosféricos na América do Sul em relação à climatologia em janeiro de 2014 (esquerda) e 2015 (direita) para a) e b) precipitação total (mm); c) e d) temperatura do ar a 2 metros (^{o}C); e) e f) pressão média a nível do mar (hPa) e g) e h) linhas de correntes em 250 hPa.

O deslocamento do ASASpara oeste, já observado por Cardozo et al. (2014), foi um dos principais responsáveis pelas anomalias negativas de precipitação no sudeste do Brasil. Para tentar explicar o que causou esse deslocamento, são apresentados campos das anomalias da altura geopotencial e ventos em 850 hPa (Figura 5a-b) e em 250 hPa (Figura 5c-d)em 2014 e 2015.

A análise das anomalias no nível de 850 hPaindica uma diferença na configuração no trem de ondas emanado da Austrália para a América do Sul em ambos os anos. Em 2014 no sudeste da Austrália predomina anomalias positivas de altura geopotencial (circulação anticiclônica) e uma alternância entre as anomalias até ocorrerem as positivas sobre o sudeste do Brasil. Já em 2015, predominam anomalias negativas no sudeste da Austrália que se estendem por várias longitudes no Pacífico e ao sul dessas há anomalias positivas de altura geopotencial. Além disso, as anomalias positivas sobre o Brasil parecem estar conectadas com as anomalias positivas do Atlântico Norte que são mais intensas em 2015 do que em 2014. Já a análise no nível de 250 hPa indica que as anomalias são praticamente barotrópicas com as de baixos níveis, isto é, onde há anomalias positivas de altura geopotencialem 850 hPa também há em 250 hPa, com exceção da anomalia positiva de altura geopotencial sobre sudeste do Brasil. Nessa região, em 850 hPa há anomalias positivas de altura geopotencial enquanto em 250 hPa há anomalias negativas. Com base no exposto, sugere-se que o padrão

das anomalias de circulação e a localização anômala do ASAS em ambos os anos, deve-se ao padrão de onda emanado da Austrália.

(a) (b)



(c) (d)

Figura 5: Anomalias em janeiro de 2014 e 2015 para altura geopotencial(m) e vento em: a) 850 hPa em 2014; b) 850 hPa em 2015; c) 250 hPa em 2014; d) 250 hPa em 2015.

Foi mostrado nas Figuras 4 e-f e 5 a-b que havia anomalias positivas de PNMM e altura geopotencial, respectivamente, entre o sudeste do Brasil e o oceano Atlântico. A presença dessas anomalias desfavorece os movimentos ascendentes na atmosfera e a formação de nuvens, como consequência tem-se um aquecimento mais efetivo da TSM, o que implica nas anomalias positivas dessa variável, mostradas na Figura 6. Isso também desfavorece a passagem de frentes frias sobre o sudeste do Brasil.

(a) (b)

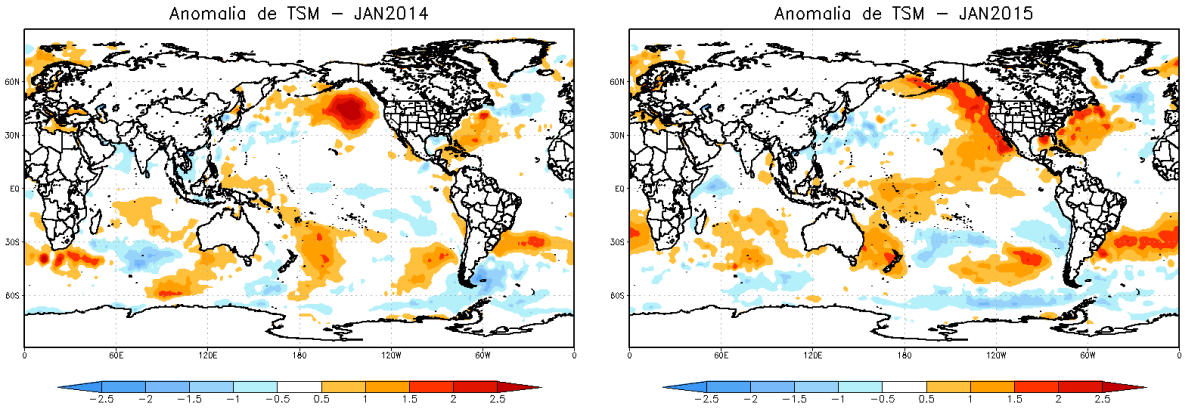


Figura 6: Anomalias em janeiro de 2014 (a) e 2015 (b) de temperatura da superfície do mar (^{o}C).

Conclusões

O presente estudo mostra que o mês de janeiro dos anos de 2014 e 2015 foram anomalamente secos na região sudeste do Brasil comparados aos janeiros do período entre 1979 a 2015. Em termos da diferença dos padrões atmosféricos de janeiro de 2014 e 2015 tem-se que em 2015 o déficit de precipitação foi maior, as anomalias de alta pressão em baixos níveis se estenderam numa área maior entre o continente e o oceano Atlântico, bem como as anomalias positivas de TSM foram mais intensas. Além disso, houve uma diferença na configuração do trem de ondas emanado da Austrália em ambos os anos.

Da mesma forma que Coelho et al. (2014), sugere-se que uma cadeia de fatores tenha influenciado a precipitação nos anos em análise: um trem de ondas emanado da Austrália determinou a posição do ASAS, e este contribuiu para a redução da convecção e enfraquecimento da ZCAS, que reduziu a chuva no continente. Além disso, as anomalias de alta pressão favoreceram o aumento da TSM que atuou de maneira a enfraquecer possíveis frentes frias que se deslocariam para norte.

Referências

CARDOZO, A. B.; SANTOS, D. F.; CUSTÓDIO, I. S.; BORGES, M. V. V.; REBOITA, M. S.; SANTOS, I. A. Padrão sinótico da atmosfera na América do Sul e adjacências nos verões de 2013 e 2014. I Seminário de Recursos Naturais, Itajubá, 2014.

COELHO, C. A. S.; OLIVEIRA, C. P.; AMBRIZZI, T.; REBOITA, M. S.; CARPENEDO, C. B.; CAMPOS, J. L. P. S.; TOMAZIELLO, A. C, N.; PAMPUCH L. A.; CUSTÓDIO, M. S.;

DUTRA, L. M. M.; ROCHA, R. P.; REHBEIN, The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. Aceito para publicaçãonaClimate Dynamics, 2015.

CUSTÓDIO, I. S.; CARVALO, V. S. B.; GARCIA, S. R. Análise da temperatura do ar no estado de Minas Gerais – Tendência das máximas e mínimas. In: Anais do V SimpósioInternacional de Climatologia, 2013.

GAN, M.A.; KOUSKY, V.E.; ROPELEWSKI, C.F. The South America monsoon circulation and its relationship to rainfall over West-Central Brazil. Journal of Climate, 17, p. 47-66, 2004.

GARCIA, S.R.; KAYANO, M.T. Determination of the onset dates of the rainy season in Central Amazon with equatorially antisymmetric outgoing longwave radiation. Theoretical and Applied Climatology, 97, p. 361-372, 2009.

GRIMM, A. M.; VERA, C. S.; MECHOSO, C. R. The South American Monsoon System. In: Chang, C.-P.; Wang, B. and Lau, N.-C. G. The Global Monsoon System: research and forecast, p. 219-238, 2005.

Grupo de Estudos Climáticos, GrEC; Universidade de São Paulo, USP. Relatório Climático Mensal de Janeiro de 2014. Disponível em: <http://www.grec.iag.usp.br/data/arquivos_relatorios/1394485895.pdf>.

Grupo de Estudos Climáticos, GrEC; Universidade de São Paulo, USP. Relatório Climático Mensal de Janeiro de 2015. Disponível em: < http://www.grec.iag.usp.br/data/arquivos_relatorios/1429194332.pdf >.

NOGUÉS-PAEGLE, J.; MO, K. C. Alternating wet and dry conditions over South America during summer. Monthly Weather Review, 125, p. 279–291, 1997.

REBOITA, M. S; KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P. da. Entendendo o Tempo e o Clima da América do Sul. Terra E Didática, v.8, p.34-50, 2012.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico de São Paulo. Infográficos. Disponível em: <(http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=563)>. Acesso em: 07 mai. 2015.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico de São Paulo. Situação dos Mananciais. Disponível em: <(http://www2.sabesp.com.br/mananciais/divulgacaopcj.aspx)>. Acessoem: 07 mai. 2015.

ZHOU, J. Y.; LAU, K. M. Does a monsoon climate exist over South America? Journal of Climate, v. 11, n. 05, p. 1020-1040, May 1998.