ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>

Evento de Precipitação Intensa Associado às Perturbações Ondulatórias dos Alísios Sobre o Estado de Alagoas

Matheus José Arruda Lyra¹, Ismael Guidson Farias de Freitas¹, Dimas de Barros Santiago¹

¹Doutorando em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba.

Artigo submetido em 05/05/2020 e aceite em 13/07/2020

RESUMO

O estudo teve como objetivo analisar a dinâmica de uma Perturbação Ondulatória dos Alísios (POA) que provocou fortes chuvas sobre o estado de Alagoas no dia 27 de maio de 2017. A análise e previsão de sistemas dessa magnitude desperta interesse devido os fenômenos adversos provocados e consequências à população. Foram utilizados dados de reanálise global ERA Interim fornecidos pelo European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) com resolução espacial de 0,75° de latitude x 0,75° de longitude. Estes dados foram utilizados no software OpenGrADS para plotagem dos campos meteorológicos para a análise sinótica. Os dados referentes à precipitação acumulada foram fornecidos pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH) a partir de 25 estações meteorológicas espalhadas por Alagoas. A perturbação se desenvolveu após a passagem de um sistema frontal que atingiu o Nordeste do Brasil alguns dias antes. O sistema sinótico pôde ser observado no campo de pressão à nível do mar e através das linhas de correntes em baixos níveis (925 e 850hPa) entre os dias 26 e 27, onde o eixo do cavado se concentrou sobre o estado de Alagoas. Os campos do fluxo de umidade integrado na vertical indicaram valores bastante elevados provenientes do Atlântico, adentrando Alagoas entre os dias 25 e 27. Através da análise da série de dados climatológica, maio de 2017 registrou o terceiro maior pico de pluviometria (692mm/24h), onde somente no dia 27 foram registrados 173mm/24h, o que correspondeu à cerca de 25% da média histórica.

Palavras-chave: POA; Fenômeno adverso; Alagoas.

Intense Precipitation Event Provoked by the Wave Disturbance of Trade Winds Over the Alagoas State

ABSTRACT

The main objective of this study was to analyze the Wave Disturbance of Trade Winds (WDTW) dynamics that provoked strong rainfall over the Alagoas state on May 27 of 2017. The analysis and systems forecasting of this magnitude arouses interest due to the adverse phenomena caused and consequences to the population. Global ERA Interim reanalysis data was provided by the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) with spatial resolution of 0.75° latitude x 0.75° longitude. This dataset was used in conjunction with OpenGrADS software to the meteorological fields plot for synoptic analysis. Precipitation dataset were collected from 25 meteorological stations spread across the Alagoas state provided by the State Secretary for the Environment and Water Resources (SEMARH). The disturbance developed after a frontal system passage that reached BNE a few days earlier. The synoptic system could be observed in the pressure at sea level field and through the streamlines at low levels (925 and 850hPa) between 26 and 27 of May, where the Trough axis was concentrated over Alagoas. The strong convection was also driven by a high-level Trough, lasted from 30°S. The vertical integrated moisture flow fields indicated very high values from the Atlantic Ocean, reaching Alagoas between 25th and 27 of May. Through the analysis of climatological data, in May 2017 was registered the third highest peak of rainfall (692 mm/24h), where only on the 27th 173 mm/24h was recorded, which corresponded to the fence 25% of the historical average.

Keywords: WDTW; Adverse Phenomena, Alagoas.

Introdução

As Perturbações Ondulatórias no Campo dos Ventos Alísios (POAs) são distúrbios formados através da convergência dos ventos que acompanham as extremidades de Sistemas Frontais com os ventos alísios (Molion e Bernardo, 20002; Torres e Ferreira, 2007, Fialho e Molion, 2012). As POAS dão origem à grande nebulosidade ao se aproximarem de áreas costeiras, devido à convergência do fluxo de umidade e contraste de temperatura entre oceano e continente (Ferreira et al. 1990; Calheiros et al., 2006, Silva et al. 2011). A análise do comportamento das POAs na distribuição pluviométrica desta região, por ser um sistema de grande importância no regime pluviométrico do estado de Alagoas, é bastante importante pois oferece subsídios para o aprimoramento da previsão de tempo em curto prazo.

A região do Nordeste do Brasil possui, de forma geral, uma alta variabilidade espacial e temporal de precipitação. A exemplo da costa leste da região, podem-se observar valores médio de precipitação anual que superam 1600 mm, enquanto setores como o semiárido o total pluviométrico é da ordem de 750 mm. Segundo Pontes da Silva et al. (2012) a variabilidade pluviométrica do NEB está associada aos diversos sistemas meteorológicos de escala sinótica que atingem a região em diversas épocas do ano. Destaca-se a Zona de Convergência Intertropical (Uvo e Nobre, 1989; Utida et al., 2019), que consiste em um sistema de pré-estação, que junto com os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (Kousky e Gan, 1981; Morais, 2016) determinam o regime pluviométrico na região no setor central-norte nos primeiros meses do ano (Lyra et al., 2019).

Os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) (Yamazaki e Rao, 1977; Chan, 1990, Gomes et al., 2019) e as POAs atuam de forma distinta dos demais citados acima. O regime pluviométrico dos setores norte e leste do NEB recebe uma contribuição significativa de

chuva, causada pelos DOLs (Kouadio et al., 2012; Neves et al., 2016). O setor sul do NEB, por sua vez, sofre influência de sistemas originários de latitudes médias, como as Frentes frias (Kousky, 1979; Fedorova et al., 2016).

Dentro deste contexto, o presente trabalho buscou analisar os aspectos dinâmicos de uma POA atípica que atingiu o estado de Alagoas no dia 27 de maio de 2017, o qual provocou grandes revés socioeconômicos além do decreto de estado de calamidade na capital, Maceió. A análise sinótica desse sistema foi realizada em detalhes, através de campos meteorológicos horizontais e seções verticais para o maior entendimento da estrutura da perturbação em estudo.

Material e métodos

Área de estudo

A área de estudo compreende os paralelos 40° Sul a 10° Norte e os meridianos 0 a 60° Oeste, tendo como foco o estado de Alagoas, situado no Nordeste do Brasil, onde faz divisa ao norte com Pernambuco, ao sul com Sergipe e ao leste com a Bahia, enquanto a oeste é banhado pelo Oceano Atlântico. O estado de Alagoas (Figura 1) está localizado ao leste do NEB, entre as latitudes 10,5°S e 8,82°S e longitudes 38,21°W e 35,16°W, possuindo 102 municípios. O estado possui área total de 27.768 Km² com topografia que variam até 540 metros de altitude, sua localização é dividida em três mesorregiões que são Zona da Mata, Agreste e Sertão, além de possuir dois tipos climáticos: i) o semi-árido e o ii) tropical úmido, segundo a classificação de Köppen (Barros et al., 2012). A escolha dessas coordenadas foi feita com base na variação espacial dos sistemas meteorológicos de diversas escalas que atingem a região, com a finalidade de obter todas as informações referentes aos mesmos.

Figura 1. Localização da área de estudo (a), com ênfase nas macrorregiões (b) e topografia do estado de Alagoas (c).

Dados de satélite

Para avaliação e acompanhamento da nebulosidade, foram utilizadas imagens do satélite Geostationary Operational Environmental Satellites (GOES) 13 nos canais infravermelho (IR) e vapor d'água (WV) em um intervalo de 1 hora, além do conjunto de imagens GOES + METEOSAT no canal IR disponíveis a cada 3 horas, ambas adquiridas através do banco de dados do portal da Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA) provenientes do Centro de previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE).

Dados de reanálise

A análise sinótica foi realizada a partir dos dados de reanálise global ERA-Interim fornecidos pelo *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF), com resolução de 0,75° de latitude por 0,75° de longitude. Com o auxílio do software *Open Grid and Analysis Display System* (OpenGrADS) os dados foram utilizados para confecção de campos meteorológicos para os quatro horários sinóticos (00, 06, 12, 18 UTC), permitindo a análise detalhada do distúrbio ondulatório que atingiu a costa leste do NEB.

Foram plotados os campos horizontais de linhas de corrente (925, 850, 500 e 300hPa), fluxo de umidade integrado na vertical (1000-650hPa), convergência do transporte de umidade integrado na vertical (1000-650hPa) e seção vertical de ômega através do recorte meridional em 36°W, variando de 1000 a 300hPa.

O campo do transporte de umidade integrado na vertical ($\text{Kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) foi feito através da integração vertical dos fluxos de umidade (Arraut e Satyamurty, 2009; Coutinho et al., 2018). O transporte de vapor d'água foi integrado verticalmente da superfície até 650hPa, como mostrado abaixo na Equação 1, onde $V = (u, v)$. O nível de 650hPa foi definido como limite de integração devido à umidade presente em níveis superiores não ser tão relevante.

$$QV = \int_{P_S}^{650hPa} qV \frac{dP}{g} \quad (1)$$

Os dados de *Outgoing Long-wave Radiation* (ROL) foram obtidos através da reanálise do *National Center for Environmental Prediction* (NCEP) e *National*

Center for Atmospheric Research (NCAR), com resolução de 1° de latitude por 1° de longitude. A consulta de uma outra fonte de dados se fez necessária devido à inexistência da variável da fonte anteriormente citada. Estes dados em conjunto ao OpenGrADS foram trabalhados para a confecção do diagrama de Hovmöller para auxílio na identificação e acompanhamento da trajetória da perturbação em análise.

Dados de precipitação

As informações referentes às precipitações foram fornecidas pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH-AL) através dos dados diários de 25 estações automáticas e convencionais situadas no estado de Alagoas, compreendida pela rede estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Agência Nacional de Águas (ANA), Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), além das estações da própria SEMARH.

O conjunto dados mensais do *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data* (CHIRPS), com resolução de 0,05° de latitude por 0,05° de longitude, foram utilizados para verificar as informações referentes às anomalias de precipitação, calculadas a partir de uma base de dados dos meses de maio de 1981 a 2017. Freitas et al. (2019) que avaliou as estimativas de precipitação do CHIRPS em Alagoas, concluiu que estes dados podem ser utilizados para

extrair informações espaciais a respeito da precipitação, uma vez que apresentam boa qualidade e valores próximos do observado em estações meteorológicas de superfície.

Resultados e discussão

O estudo sinótico iniciou-se através da análise das linhas de corrente em baixos, médios e altos níveis da troposfera (Figura 2). Em 925hPa (a) os ventos alísios atingiram o NEB com maior intensidade, devido ao fortalecimento do anticiclone subtropical (com centro observado em 34°S-7°W) o qual também foi responsável pelo deslocamento à norte da ZCIT, vista próxima à linha do Equador. A POA pôde ser identificada de forma mais clara em 850hPa (b) onde o eixo do cavado atingiu com maior intensidade os litorais dos estados de Pernambuco e Alagoas. No nível de 500hPa (c) a costa leste do NEB sofreu influência de uma crista proveniente da Alta da Bolívia, similar à descrita por Ferreira e Souza (2019), a qual foi de encontro a um ciclone de médios níveis localizado sobre o oceano Atlântico. Esta crista originou-se a partir do encontro das duas circulações supracitadas, além de regiões de divergência na faixa latitudinal do estado da Bahia. Por fim, em 300hPa (d) a costa leste do NEB encontrava-se sobre um ponto de interseção de três circulações distintas, sendo uma delas inter-hemisférica.

Figura 2. Campos de linhas de corrente em 925hPa (a), 850hPa (b), 500hPa (c) e 300hPa (d) para às 12UTC do dia 27 de maio de 2017.

A Figura 3 apresenta o diagrama de Hovmoller para os valores de OLR durante todo o período de estudo. É importante destacar que a precipitação e o deslocamento mínimo da OLR se devem ao fato de que grande parte da precipitação está associado a nuvens estratiformes. No NEB, as observações de satélite são baseadas na observação de nuvens quentes, bastante comuns na região (Schlueter et al., 2019). Observou-se predominância dos valores acima de 240W/m²

praticamente todos os dias. Durante o dia 13 de maio de 2017 a perturbação provocou OLR de 190W/m² dentro do continente em 50°W, que se propagou até o dia 28 de maio de 2017 até a longitude de 35°W (litoral), este deslocamento pode ser explicado devido a circulação atmosférica em 300 hPa que apresentou movimentos semelhantes. A partir do dia 17 de maio de 2017 foi observado valores entre 200 – 270 W/m² nas longitudes 35°W – 50°W, devido a formação de nuvens.

Figura 3. Diagrama de Hovmöller de Outgoing Longwave Radiation (W/m^2) no período de 10 a 30 de maio de 2017 para a latitude de 9.6°S .

A seção vertical do campo omega foi utilizada para a análise da estrutura vertical da POA nos 4 horários sinóticos do dia 27 de maio (Figura 4). Este recorte meridional foi traçado na região de 36°W , faixa litorânea fixada sobre a cidade de Maceió, variando entre 20° - 5°S (eixo x) e entre os níveis de 1000-300hPa (eixo y). Para ambos os horários apresentados foi

possível observar os movimentos ascendentes entre 9° - 11°S , regiões que compreendem todo o estado de Alagoas, indicando a influência da perturbação sobre parte do litoral e zona da mata do estado. A umidade observada estendeu-se até aproximadamente 600hPa, sendo mais elevado sobre a área de atuação da perturbação.

Figura 4. Seções verticais de umidade específica e movimentos verticais para o dia 27 de maio de 2017 às 00UTC (a), 06UTC (b), 12UTC (c) e 18UTC (d) para a longitude de 36°W.

Na Figura 5 podem se observar os campos do fluxo de umidade integrado na vertical ($\text{Kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$) para os quatro horários sinóticos do dia 27. A umidade que adentrou a costa leste do NEB teve origem no Oceano Atlântico, sendo transportada até a região através dos ventos alísios de sudeste. Segundo Rao et al. (1996); Marengo (2006) parte dessa umidade, junto à originária do Atlântico tropical norte, são responsáveis pelo transporte de umidade de toda a América do Sul.

Sobre a região costeira da região, o fluxo de umidade presente sobre os estados de Alagoas e Sergipe foram mais elevados em relação às regiões adjacentes para todos os horários do dia 27, principalmente para os dois últimos, 12 (Figura 5a) e 18 UTC (Figura 5b).

De encontro, os campos da convergência do transporte de umidade integrado na vertical apresentam forte convergência sobre toda a faixa territorial do estado de Alagoas, com maior força às 12 (Figura 5c) e 18 UTC (Figura 5d). A forte convergência resultou do elevado fluxo de umidade presente sobre a região combinados aos movimentos ascendentes provocados pela perturbação, que combinados com fatores locais da região como a topografia, contribuíram para o aumento dos valores pluviométricos sobre o estado. Segundo Albuquerque et al. (2013), a convecção modulada por esses sistemas também pode ser intensificada pela atuação das brisas ao alcançarem a região litorânea.

Figura 5. Campos de fluxo de umidade integrado na vertical às 12UTC (a) e 18UTC (b) e convergência do fluxo de umidade integrado na vertical às 12UTC (c) e 18UTC (d), ambos para o dia 27 de maio de 2017.

De acordo com os dados de 25 estações meteorológicas fornecidos pela SEMARH-AL, a precipitação provocada pela perturbação atingiu com maior intensidade parte da região litorânea, zona da mata e agreste do estado (Figura 6). Os maiores valores pluviométricos resultantes dessa atividade convectiva foram registrados em Maceió, a capital do estado, com 173mm/dia sendo responsável por fortes deslizamentos de terra e 4 mortes, decretando estado de calamidade no município (ver e.g., G1, 2017). Na região de transição entre zona da mata e agreste também foram registrados valores expressivos, nas estações de Atalaia

(146mm/dia), Cajueiro (142mm/dia), Paulo Jacinto (129mm/dia) e Viçosa (115mm/dia). Dentre as 25 estações consultadas, 13 apresentaram valores acima de 80mm/dia. Segundo Molion e Bernardo (2002), o período de maior precipitação sobre o estado de Alagoas estende-se entre os meses de Abril e Julho, onde o segundo maior pico desta quadra chuvosa concentra-se em maio (Lyra et al., 2018). Isto ocorre devido à maior atuação das POAs e Distúrbios Ondulatórios de Leste sobre a região durante esses meses, conforme descrito por Pontes da Silva et al. (2011); Gomes et al. (2019).

Figura 6. Dados pluviométricos (mm/24h) de 25 estações meteorológicas distintas do estado de Alagoas.

Os valores da precipitação provocada pela perturbação foram comparados aos dados climatológicos (Figura 7a), onde contém os valores de precipitação total (mm/mês) durante o mês de maio entre os anos de 1977 e 2017 da estação meteorológica do INMET localizada em Maceió, para as coordenadas de -9.551389°S e -35.770833°W. Maio de 2009 foi considerado o mais chuvoso de toda esta série de dados analisada, sendo registrados um total de 788mm durante o mês, seguido pelo ano de 1977 onde registraram-se 706mm/mês. Já em 2017 foi observado o terceiro maior pico pluviométrico de toda série histórica de dados (com 693mm/mês), a Figura 7b mostra a anomalia positiva de precipitação em todo estado de Alagoas e parte da costa leste do NEB. Para toda a série histórica de 40 anos analisada, os três anos supracitados estiveram

sob influência do fenômeno La Niña (sendo o La Niña de 1977 um dos mais fortes já registrados), o que reforça o impacto e importância desse sistema de escala planetária tanto em Alagoas. Conforme descrito por Gomes et al. (2019), as ocorrências desses distúrbios ondulatórios tendem a ser maiores durante episódios de La Niña, especialmente em anos mais intensos. Ao avaliar a distribuição da anomalia de precipitação calculadas a partir das estimativas do CHIRPS, observou-se que nas mesorregiões da zona da mata e agreste de Alagoas, zona da mata de Pernambuco e em todo o estado de Sergipe durante o mês de maio de 2017, apresentaram anomalias de até 300 mm acima da média climatológica, o que corrobora com os valores observados na estação meteorológica localizada no município de Maceió-AL,

indicando também que o fenômeno de POA influenciou demais estados, resultando em extremos eventos de precipitação.

Figura 7. Precipitação (mm/mês) para todos os meses de maio de 1977 à 2017 da estação do INMET em Maceió-AL (a); Anomalia de precipitação para maio de 2017 (b).

Conclusões

A rota das POAs atinge parte da costa leste do NEB entre os meses de maio e agosto, onde são responsáveis pela dinâmica dos meses mais chuvosos em diversos estados. O sistema analisado se desenvolveu a partir de uma extremidade frontal que atingira a região poucos dias antes. A identificação e desenvolvimento da perturbação pôde ser visto claramente através do eixo do cavado nas linhas de corrente em 850hPa e pela propagação de ondas longas no diagrama de Hovmoller.

Maio de 2017 registrou o terceiro maior pico pluviométrico (693mm/mês) de toda série

histórica de dados analisada (1977-2017) para a cidade de Maceió-AL, onde, em decorrência da perturbação, somente no dia 27 foram registrados 170mm/24h para a mesma estação a qual foi feita a análise supracitada.

Os três anos que registraram maiores pluviométricos na série histórica estavam sobre influência do fenômeno La Niña (1977, 2009 e 2017), o que indica o grande impacto gerado por esse sistema no estado de Alagoas. Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se analisar o comportamento do La Niña, assim como a circulação de grande escala e observá-

los para casos isolados como o apresentado ao longo desse trabalho.

Referências

- Albuquerque, R.D.; Dantas, C.E.O.; Araújo, E.L.; Vasconcelos, T.L. 2013. Distribuição temporal das precipitações no município do Recife. *Revista Brasileira de Geografia Física* 6, 245-252.
- Arraut, J.M.; Satyamurty, P. 2009. Precipitation and Water Vapor Transport in the Southern Hemisphere with Emphasis on the South America Region. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 48. 1902-1912.
- Barros, A.H.C.; Filho, J.C.A.; Silva, A.B; Santigado, G.A.C.F. 2012. Climatologia do estado de Alagoas. Embrapa Solos-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento.
- Calheiros, A.; Molion, L.C.B.; Vazm, J.C.M.; Tenório, R.S. 2006. Um evento de precipitação extrema sobre a costa leste do Nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Florianópolis, SC.
- Chan, C.S. 1990. Análise de distúrbios ondulatórios de leste sobre o Oceano Atlântico Tropical Sul. Dissertação (Mestrado). São José dos Campos, INPE.
- Coutinho, M.D.L.; Lima, K.C.; Sakamoto, M. S.; Moraes, M.D.C. 2018. Verificação da convergência de umidade como suporte na previsão do tempo no Nordeste do Brasil: Estudo de caso. *Anuário do Instituto de Geociências* 41, 742-757.
- Fedorova, N.; Levit, V.; Cruz, C.D. 2016. On Frontal Zone Analysis in the Tropical Region of the Northeast Brazil. *Pure and Applied Geophysics* 173, 1403-1421.
- Ferreira, N.J.; Chan, C.S.; Satyamurty, P. 1990. Análise dos Distúrbios Ondulatórios de Leste sobre o Oceano Atlântico Equatorial Sul. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Salvador, BA.
- Ferreira, R.R.; Souza, E.P. 2019. Aspectos termodinâmicos de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis sobre a região Nordeste do Brasil: Um estudo de caso. *Anuário do Instituto de Geociências* 42, 504-513.
- Freitas, I.G.F.; Gomes, G.B.; Nova, T.S.V.; Lyra, M.J.A. 2019. Previsão Climática Sazonal de precipitação com o REGCM4 sobre o Brasil durante o inverno anômalo de 2018. In: Encontro dos Alunos de Pós-Graduação em Meteorologia do CPTEC/INPE, Cachoeira Paulista, SP.
- Fialho, W.; Molion, L.C.B. 2012. Extremos de chuva na costa leste do NEB: o evento de maio de 2009. *Revista Ambiental* 3, 65-72.
- G1, 2019. Disponível: <http://g1.globo.com/jornalnacional/noticia/2017/05/chuva-com-quatro-mortos-faz-maceio-decretar-estado-de-calamidade.html>, Acesso: em 14 fev 2019.
- Gomes, H.B.; Ambrizzi, T.; Pontes da Silva, B.F.; Hodges, K.; Silva Dias, P.L.; Herdies, D.L.; Silva, M.C.L.; Gomes, H.B. 2019. Climatology of easterly wave disturbances over the tropical South Atlantic. *Climate Dynamics* 53, 1393-1411.
- Kouadio, Y.K., Servain, J., Machado, L.A.T.; Lentini, C.A.D. 2012. Heavy Rainfall Episodes in the Eastern Northeast Brazil Linked to Large-Scale Ocean-Atmosphere Conditions in the Tropical Atlantic. *Advances in Meteorology* 2012, 1-16.
- Kousky, V.E. Frontal Influences on Northeast Brazil. 1979. *Monthly Weather Review* 107, 1140-1153.
- Kousky, V.E.; Gan, M.A. 1981. Upper Tropospheric cyclonic vortex in the subtropical South Atlantic. *Tellus* 3, 538-551.

- Lyra, M.J.A.; Bonfim, O.E.T.; Januário, I.R.; Silva, Y.U.; Mesquita, G.A.L.; Cavalcante, L.C.V. 2018. Aplicações de metodologias distintas no comportamento pluviométrico de Maceió-AL. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais* 9, 104-112.
- Lyra, M.J.A.; Fedorova, N.; Levit, V.; Cavalcante, L.C.V. 2019. Ligação entre Extremidade Frontal e Zona de Convergência Intertropical sobre a região Nordeste do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências* 42, 413-424.
- Marengo, J.A. 2006. On the hydrological cycle of the Amazon Basin: A historical review and current state-of-the-art. *Revista Brasileira de Meteorologia* 21, 1-19.
- Morais, M.D.C. 2016. Vórtice Ciclônico de Altos Níveis no Nordeste do Brasil: Estudo Observacional e Numérico. Tese (Doutorado). São José dos Campos, INPE.
- Molion, L.C.B.; Bernardo, S.O. 2002. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia* 17, 1-10.
- Neves, D.J.D.; Alcântara, C.R.; Souza, E.P. 2016. Estudo de caso de um Distúrbio Ondulatório de Leste sobre o Estado do Rio Grande do Norte – Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia* 31, 490-505.
- Rao, V.B.; Cavalcanti, I.F.A.; Hada, K. 1996. Annual Variation of Rainfall Over Brazil and Water Vapor characteristics over South America. *Journal Geophysical Research* 101, 26539-26551.
- Schlueter, A., Fink, A.H.; Knippertz, P.; Vogel, P. 2019. A Systematic Comparison of Tropical Waves over Northern Africa. Part I: Influence on Rainfall. *Journal of Climate* 32, 1501-1523.
- Silva, B.F.P.D., Fedorova, N., Levit, V., Peresetsky, A.; Brito, B.M.D. 2012. Sistemas sinóticos associados às precipitações intensas no estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Meteorologia* 26, 323-338.
- Torres, R.R.; Ferreira, N.J. 2007. Estudo de caso de um evento de distúrbio ondulatório de leste utilizando o modelo regional ETA. In: *Workshop em Modelagem de Tempo e Clima utilizando o Modelo ETA*, Cachoeira Paulista, SP.
- Utida, G., Cruz, F., Etourneau, J. et al. 2019. Tropical South Atlantic influence on Northeastern Brazil precipitation and ITCZ displacement during the past 2300 years. *Scientific Reports* 9, 1-8.
- Uvo, C.R.B. e Nobre, C.A. 1989. A Zona de Convergência Intertropical e a Precipitação no Norte do Nordeste do Brasil. Parte I: A Posição da ZCIT no Atlântico Equatorial. *Climanálise* 4, 34-40.
- Yamazaki, Y.; Rao, V.B. 1977. Tropical Cloudiness over the South Atlantic Ocean. *Journal of the Meteorology Society of Japan* 55, 204-207.