Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

EVENTOS EXTREMOS SECOS EM UBERLÂNDIA-MG E CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA ASSOCIADA

LIMA, Miriam de Paula – mirian_udi96@hotmail.com
Universidade Federal de Uberlândia / UFU

CARPENEDO, Camila Bertoletti – camila.carpenedo@ufu.br
Universidade Federal de Uberlândia / UFU

Submetido em: 18/11/2019
Aceito para publicação em: 22/06/2020
Publicado em: 20/07/2020
DOI: http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.70256

RESUMO: A ocorrência de extremos secos pode impactar negativamente a sociedade em termos sociais, econômicos e ambientais, afetando a disponibilidade de água para irrigação agrícola, consumo humano e produção de energia hidrelétrica, além de aumentar a morbidade e a mortalidade nas áreas afetadas. Assim, o objetivo deste estudo foi caracterizar os padrões de circulação atmosférica associados à ocorrência de eventos extremos secos no município de Uberlândia-MG nos meses de verão e inverno, entre 1980 e 2015. Os eventos extremos secos foram definidos através do percentil de 10% e os padrões de circulação atmosférica associados foram obtidos por meio da técnica das composições. Os resultados mostram que nos meses de verão e inverno há um deslocamento anômalo para norte da Zona de Convergência Intertropical (com exceção de junho) associado às anomalias positivas de temperatura da superfície do mar no Atlântico Norte tropical (com exceção de janeiro e junho), ao fortalecimento do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, enfraquecimento do jato subtropical (com exceção de dezembro e agosto) e do ramo sul do jato polar (com exceção de fevereiro e agosto), fortalecimento do ramo norte do jato polar (com exceção de fevereiro e agosto) e supressão da atividade da Zona de Convergência do Atlântico Sul (com exceção de fevereiro e meses de inverno).

PALAVRAS-CHAVE: Eventos Extremos Secos; Circulação Atmosférica; Sistemas Atmosféricos; Uberlândia

DRY EXTREME EVENTS IN UBERLANDIA-MG AND ASSOCIATED ATMOSPHERIC CIRCULATION

ABSTRACT: The occurrence of dry extremes can negatively impact society in social, economic and environmental terms, affecting the water availability for agricultural irrigation, human consumption and hydropower production, in addition to increasing morbidity and mortality in the affected areas. Thus, the objective of this study was to characterize the atmospheric circulation patterns associated with the occurrence of dry extreme events in the city of Uberlandia-MG in the summer and winter months, between 1980 and 2015. We defined the extreme dry events using the 10% percentile and we obtained the associated atmospheric circulation patterns using the compositional technique. The results show that in the summer and winter months there is an anomalous northward shift of the Intertropical Convergence Zone (except for June) associated with positive sea surface temperature anomalies in the tropical North Atlantic (except January and June), with the strengthening South Atlantic Subtropical Anticyclone, weakening of subtropical jet (except December and August) and southern branch of polar jet (except February and August), strengthening of northern branch of polar jet (except February and August) and suppression of the South Atlantic Convergence Zone (except February and winter months) activity.

KEYWORDS: Dry Extreme Events; Atmospheric Circulation; Atmospheric Systems; Uberlandia

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

EVENTOS EXTREMOS SECOS EN UBERLANDIA-MG Y CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA ASOCIADA

ABSTRACT: La ocurrencia de extremos secos puede afectar negativamente a la sociedad en términos sociales, económicos y ambientales, afectando la disponibilidad de agua para riego agrícola, consumo humano y producción de energía hidroeléctrica, además de aumentar la morbilidad y mortalidad en las áreas afectadas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue caracterizar los patrones de circulación atmosférica asociados con la ocurrencia de eventos extremos secos en la ciudad de Uberlândia-MG en los meses de verano e invierno, entre 1980 y 2015. Los eventos secos extremos se definieron usando el percentil 10% y los patrones de circulación atmosférica asociados se obtuvieron usando la técnica de composiciones. Los resultados muestran que en los meses de verano e invierno hay un desplazamiento anómalo hacia el norte de la zona de convergencia intertropical (excepto junio) asociado con anomalías positivas de la temperatura de la superficie del mar en el Atlántico norte tropical (excepto enero y junio), fortalecimiento del anticiclón subtropical del Atlántico sur, debilitamiento del chorro subtropical (excepto diciembre y agosto) y la rama sur del chorro polar (excepto febrero y agosto), fortalecimiento de la rama norte del chorro polar (excepto febrero y agosto). Agosto) y supresión de la actividad de la Zona de Convergencia del Atlántico Sur (excepto los meses de febrero e invierno).

KEYWORDS: Eventos Extremos Secos; Circulación Atmosférica; Sistemas Atmosféricos; Uberlândia

1. INTRODUÇÃO

Um evento de tempo extremo é definido como um evento que é raro em um lugar e tempo particular do ano, normalmente tão ou mais raro quanto o percentil de 10% e 90% (IPCC, 2013). Eventos persistentes de tempo extremo, como secas/ inundações (TRENBERTH; GUILLEMOT, 1995; MO; NOGUES PEAGLE; HIGGINS, 1997) e ondas de calor (KALKSTEIN et al., 1996; KARL; KNIGHT, 1997) são de considerável importância para a sociedade uma vez que estes eventos causam impactos negativos sobre a população, aumentando a morbidade e a mortalidade nas áreas afetadas (MARENGO, 2009). Comumente eventos extremos de tempo são associados com anomalias periódicas do escoamento atmosférico (DOLE 1986a; 1986b; HIGGINS; SCHUBERT, 1994), que podem durar de alguns dias até semanas. Quando um padrão de tempo extremo persiste por algum tempo, como em uma estação, pode-se classificar como um evento climático extremo (IPCC, 2013).

Extremos de precipitação pluvial sobre o Brasil, em especial sobre a Região Sudeste, foram investigados em diversos estudos anteriormente (*e.g.*, CARVALHO; JONES; LIEBMANN, 2002, 2004; DRUMOND; AMBRIZZI, 2005; COELHO et al., 2015; MARENGO et al., 2015; COELHO; CARDOSO; FIRPO, 2016; PAMPUCH et al. 2016). O Sudeste é a Região mais urbanizada e populosa do Brasil, concentrando cerca de 42% da população total, além de ser a mais rica, contribuindo com cerca de 53,2% do PIB nacional (IBGE, 2019a; 2019b; 2019c). A Região Sudeste também reúne boa parte das usinas hidrelétricas do país, que constituem a principal matriz elétrica nacional, com 65% do total de energia gerada (ANA, 2018). Logo, em um país onde a produção de energia depende diretamente da precipitação pluvial, além de ter uma economia altamente dependente da agricultura, os impactos de eventos extremos de precipitação pluvial são sentidos na sociedade e na economia como um todo, causando sérios prejuízos à população e ao meio ambiente.

O ciclo anual da precipitação pluvial na Região Sudeste possui características marcadas de inverno seco e verão chuvoso (GANDU; SILVA DIAS, 1998; VERA et al., 2006; SILVA; KOUSKY, 2012). No verão a precipitação pluvial é caracterizada por um padrão espacial com orientação noroeste-sudeste entre o sudoeste do Amazonas e a Região Sudeste do Brasil/Atlântico Sul adjacente (KODAMA, 1992, 1993; SATYAMURTI et al., 1998; CARVALHO; JONES; LIEBMANN, 2002), marcada pela atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS, JONES; CARVALHO, 2002). A ZCAS é alimentada por umidade oriunda da evapotranspiração da floresta Amazônica e do Atlântico Norte tropical através do jato de baixos níveis e do Atlântico Sul tropical pelos ventos alísios de sudeste (MARENGO et al., 2004). A ZCAS é reforçada com a incursão de sistemas frontais nas latitudes tropicais do Brasil (e.g., LENTERS; COOK, 1995; RICKENBACH et al., 2002; CARVALHO; JONES; LIEBMANN, 2004). Desta forma, a qualidade da estação chuvosa na Região Sudeste está intimamente relacionada com a variabilidade ZCAS (MARENGO et al., 2015; CARVALHO; JONES; LIEBMANN, 2002).

No inverno na Região Sudeste domina a atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), o qual apresenta sua posição mais a oeste durante o ano, estendendo-se sobre o leste do Brasil (REBOITA et al., 2010). O ASAS é frequentemente associado à ocorrência de extremos secos sobre a Região Sudeste do Brasil. O deslocamento anômalo do ASAS para oeste sobre o leste do país, associado à sua atuação intensificada, atua de forma a bloquear o avanço de sistemas transientes em direção ao interior do Brasil, além de impedir a formação de nuvens de chuva (COELHO et al., 2015; REBOITA et al., 2015; MARENGO et al., 2015; COELHO; CARDOSO; FIRPO, 2016; PAMPUCH et al., 2016).

O maior evento de seca observado na Região Sudeste do Brasil ocorreu no verão de 2014 (COELHO et al., 2015). Este evento foi associado a anomalias positivas de temperatura da superfície do mar (TSM) no sudoeste do Atlântico Sul, próximo à costa da Região Sudeste do Brasil, uma circulação anticiclônica em baixos níveis associada a um padrão de teleconexão tropical (através da célula de Walker) e tropical-extratropical (através da célula de Hadley e ondas de Rossby) (COELHO et al., 2015). Essa configuração anômala propiciou a formação do cenário ideal para a ocorrência deste extremo seco: alta pressão anômala atuando como bloqueio atmosférico, escoamento do fluxo de umidade da Amazônia em direção à Região Sul do Brasil, menor atuação e enfraquecimento da ZCAS (COELHO et al., 2015; MARENGO et al., 2015).

Na Região Sudeste localiza-se o município de Uberlândia em Minas Gerais, o qual possui a segunda maior população do estado e a quarta maior população dos municípios do interior do Brasil (IBGE, 2019a). Considerado o município mais importante do Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba, Uberlândia tem apresentado rápido desenvolvimento econômico em função da expansão industrial, além de destacar-se na agroindústria (grãos, carnes, frutas, vegetais e laticínios), biotecnologia e comunicação (MICHELOTTO; SOBRINHO, 2018). O abastecimento de água para tais atividades, especialmente industriais, agropecuária e abastecimento urbano, está diretamente relacionado com a qualidade da estação chuvosa na Região Sudeste do país.

Assim, o objetivo deste estudo foi caracterizar os padrões de circulação atmosférica associados à ocorrência de extremos secos no município de

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Uberlândia nos meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) e inverno (junho, julho e agosto), entre 1980 e 2015.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O município de Uberlândia (Figura 1) localiza-se a 18°55’23’’ Sul e 48°17’19’’ Oeste, na mesorRegião do Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba, no oeste do estado de Minas Gerais. Apresenta altitude média de 865 metros. Com uma área de 4.115,206 km² e uma população estimada de 691.305 habitantes, o município apresenta o 28° maior PIB per capita de Minas Gerais e um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,789, maior que o de Minas Gerais (0,731) em 2010 (IBGE, 2010; 2019a; 2019b).

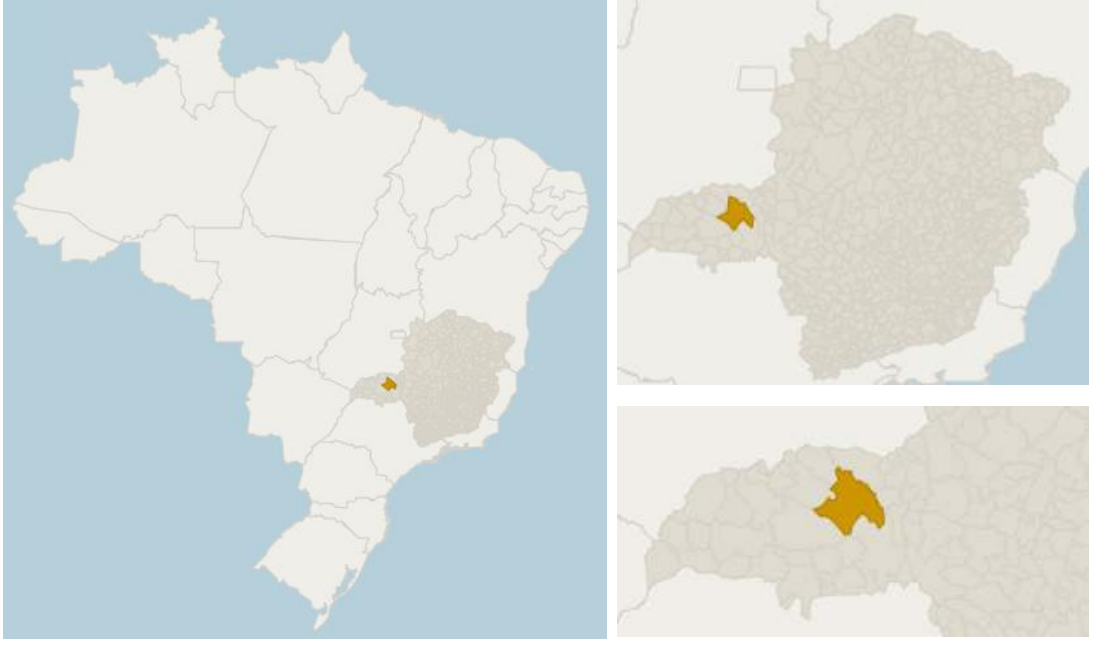

Figura 1 - Localização do município de Uberlândia-MG. Fonte: IBGE (2019b).

Segundo a classificação climática de Köppen, Uberlândia se insere no tipo climático tropical (Aw), com verão úmido e inverno seco, devido ao Sistema de Monções da América do Sul (MARTINS et al., 2018). A estação seca em Uberlândia atinge seu auge no inverno, o qual apresenta os menores totais pluviométricos (inferior a 20 mm), e menores temperaturas médias do ar, variando entre 19,2°C e 20,6°C (INMET, 2019). A precipitação pluvial concentra-se nos meses de novembro a março, apresentando os maiores valores nos meses de dezembro (342,7 mm), seguido por janeiro (299,0 mm) e março (225,5 mm), enquanto as maiores médias de temperatura do ar são observadas em outubro (23,8°C), fevereiro (23,7) e janeiro (23,6°C) (INMET, 2019).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

2.2. DADOS E ANÁLISES

As séries temporais mensais dos campos atmosféricos foram obtidas das reanálises do ERA-Interim, *European Centre for Medium-Range Weather Forecast* (ECMWF) *Data Server*, disponíveis de 1979 até outubro de 2019. O espaçamento horizontal das reanálises utilizado neste estudo foi de 1,5° de latitude x 1,5° de longitude para os seguintes campos atmosféricos: pressão ao nível médio do mar (hPa), temperatura da superfície do mar (°C), temperatura do ar a 2 metros (°C), componente zonal e meridional do vento a 10 metros (m/s), altura geopotencial em 500 hPa (m) e vento zonal em 200 hPa (m/s).

A série temporal mensal de radiação de onda longa emergente (ROLE) foi obtida do *National Center for Atmospheric Research/ National Oceanic and Atmospheric Administration* (NCAR/NOAA), disponível a partir de junho de 1974, com espaçamento horizontal de 2,5° de latitude x 2,5° de longitude, e com falhas preenchidas por meio de interpolação espacial e temporal (LIEBMANN; SMITH, 1996).

A série temporal mensal de precipitação pluvial foi obtida do conjunto de dados de Xavier, King e Scanlon (2017), que utilizaram como fonte dados fornecidos pelas seguintes instituições: Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE-SP), Superintendência do desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Os dados são interpolados pelo método de interpolação *Angular Distance Weighting* (ADW), em uma grade de 0,25° de latitude x 0,25° de longitude (XAVIER; KING; SCANLON, 2017).

Conforme Wilhite e Glantz (1985) há quatro tipos básicos de seca: meteorológica, agrícola, hidrológica e socioeconômica. Segundo os autores, a seca meteorológica é definida basicamente por meio do grau de secura e duração do período seco, parâmetros que variam conforme a área de estudo e metodologia utilizada pelo pesquisador. A seca agrícola leva em consideração vários fatores utilizados para caracterizar a seca meteorológica, porém focando nos impactos que estes causam às culturas agrícolas. A seca agrícola considera a água disponível no solo e a demanda de água da planta, definidas conforme sua influência nas bacias hidrográficas (WILHITE; GLANTZ, 1985). Por fim, os impactos na sociedade e economia gerados pela seca (hidrológica, agrícola ou meteorológica) são analisados na seca socioeconômica. São comumente associadas à oferta e demanda de algum produto ou insumo (WILHITE; GLANTZ, 1985).

Neste trabalho serão analisadas somente as secas meteorológicas. O método escolhido para a determinação dos extremos secos foi o dos percentis. Optou-se pela escolha do método dos percentis devido ao fato de o mesmo poder ser aplicado à maioria dos conjuntos de dados sem que seja necessário supor sua natureza (Gaussiana ou não) e oferecer resultados consistentes, que não sofrem uma influência equivocada de "outliers" (WILKS, 2006). Para definir os eventos extremos secos foi calculado o percentil de 10% (p10) durante os meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) e de inverno (junho, julho e agosto). Assim, para todos os valores iguais ou menores ao p10 foram obtidas as datas (mês/ano) dos extremos secos. Como a precipitação pluvial para todos os p10 de agosto apresentou valor de 0 mm, impossibilitando, assim, a determinação correta do percentil, para o cálculo dos extremos secos neste mês utilizou-se o percentil de 25% (p25).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Para caracterizar a circulação atmosférica associada aos eventos extremos secos em Uberlândia, foram feitas composições das anomalias (média climatológica 1981-2010) dos campos atmosféricos durante os extremos secos. Para determinar a significância estatística das composições foi utilizado o teste t-Student, ao nível de significância de 10%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. VERÃO AUSTRAL

Durante os eventos extremos secos em Uberlândia no mês de dezembro domina anomalias negativas de precipitação pluvial sobre o Brasil (Figura 2a), variando entre -50 e -150 mm, abrangendo a mesorRegião do Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba, norte de Minas Gerais, norte de São Paulo e todo o restante das regiões Sudeste, Centro-Oeste (Mato Grosso do Sul, apenas a porção oeste), Nordeste (exceto a porção leste litorânea e alguns pontos dos estados da Bahia, Piauí e Maranhão). Áreas com anomalias mais intensas são observadas no norte de Minas Gerais, Tocantins (exceto norte), norte de Goiás e oeste da Bahia. Diminuição anômala da precipitação pluvial também é observada no interior do Amazonas (noroeste e extremo sul) e no nordeste do Acre (máximo de -75 mm em ambos).

Anomalias positivas de temperatura do ar (Figura 2b) são observadas sobre o extremo norte do Brasil, entre o extremo norte do Pará e o oeste do Amapá (até +0,9°C), interior da Região Nordeste e do Centro-Oeste (até +1,2°C); entre cerca de 15°-25°S/62°-47°W, abrangendo o Pontal do Triângulo Mineiro, noroeste e interior do estado de São Paulo e oeste/ leste do Mato Grosso do Sul (até +0,9°C). No Brasil, o aquecimento anômalo mais intenso observado ocorre entre o norte de Goiás, sudoeste do Piauí e noroeste da Bahia (até +1,2°C).

Observa-se uma crista anômala em 500 hPa sobre o sudeste do Pacífico Sul, entre 50°-60°S/95°-70°W, com intensidade de até +30 m (Figura 2c), (Figura 2c), também observada em baixos níveis, com anomalia positiva de pressão ao nível médio do mar (PNMM) superior a +3 hPa (Figura 2d). Esta crista anômala com estrutura barotrópica equivalente pode estar associada a eventos de bloqueios atmosféricos, os quais impactam a precipitação pluvial nas Regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste do Brasil através de condições secas (MENDES et al., 2005; MENDES et al., 2008). Sobre o Atlântico Sul, entre cerca de 35°-42°S/5°W-5°E, existe um cavado anômalo com intensidade de até -15 m, também observado em baixos níveis, apresentando intensidade anômala inferior à -3 hPa.

A componente zonal do vento a 10 m (Figura 2d) apresenta anomalias positivas sobre o Atlântico Sul, entre 30°-40°S/40°W-10°E (até +1,8 m/s), o que sugere um fortalecimento do ramo sul do ASAS. Anomalias positivas também são observadas entre 25°-30°S/55°-45°W (até +0,6 m/s), abrangendo os estados do Paraná (exceto o norte), Santa Catarina e extremo norte do Rio Grande do Sul. Anomalias negativas de vento meridional a 10 metros foram obsevadas em cerca de 25°-32°S/35°-40°W (até -1,2 m/s), o que indica um fortalecimento do ramo oeste do ASAS. Estudos mostram que um fortalecimento do ASAS pode contribuir para a redução de passagem de frentes frias sobre o

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Brasil (*e.g.*, MARENGO et al., 2015; COELHO et al., 2015; SETH; FERNANDES; CAMARGO, 2015).

Em altos níveis observa-se no vento zonal em 200 hPa (Figura 2g) uma anomalia de ventos de oeste sobre o Atlântico Sul extratropical, entre 45°-50°S/25°-10°W, o que indica um fortalecimento do ramo norte do jato polar. Sobre o sudeste do Pacífico Sul, entre 40°-50°S/100°-70°W, há anomalias de ventos de leste, o que indica um enfraquecimento do ramo sul do jato polar.

A TSM (Figura 2h) apresenta resfriamento anômalo no Atlântico Sul, entre 25°-45°S/25°-10°W (até -0,8°C). Aquecimento anômalo é observado no Atlântico Sul: no sudoeste, entre cerca de 40°-47°S/65°-60°W (até +0,8°C); e no sudeste, entre 40°-55°S/5°-20°E (até +1,2°C).

Supressão de convecção anômala é observada entre o Pacífico equatorial e o Pacífico Norte tropical, entre 5°N-10°S/90°-75°W, além do norte da América do Sul, o que pode indicar um enfraquecimento e/ ou deslocamento anômalo da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) para norte, em direção às águas mais quentes no Atlântico Norte tropical (Figura 2h), resultando em anomalias negativas de precipitação pluvial na Região Nordeste do país (Figura 2a), conforme também observado por Nobre e Shukla (1996), Uvo et al. (1998), Rodrigues et al. (2011) e Silva e Kousky (2012). Ainda, supressão de convecção anômala com orientação noroeste-sudeste é observada sobre o Brasil (entre 5°N-25°S/60°-15°W), abrangendo o estado do Amazonas, Pará e regiões Centro-Oeste e Nordeste do país. Esse padrão espacial de anomalias de ROLE é semelhante ao padrão ZCAS anteriormente documentado em alguns estudos (e.g., CASARIN; KOUSKY, 1986; NOGUÉS-PAEGLE; MO, 1997; MUZA et al., 2009).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

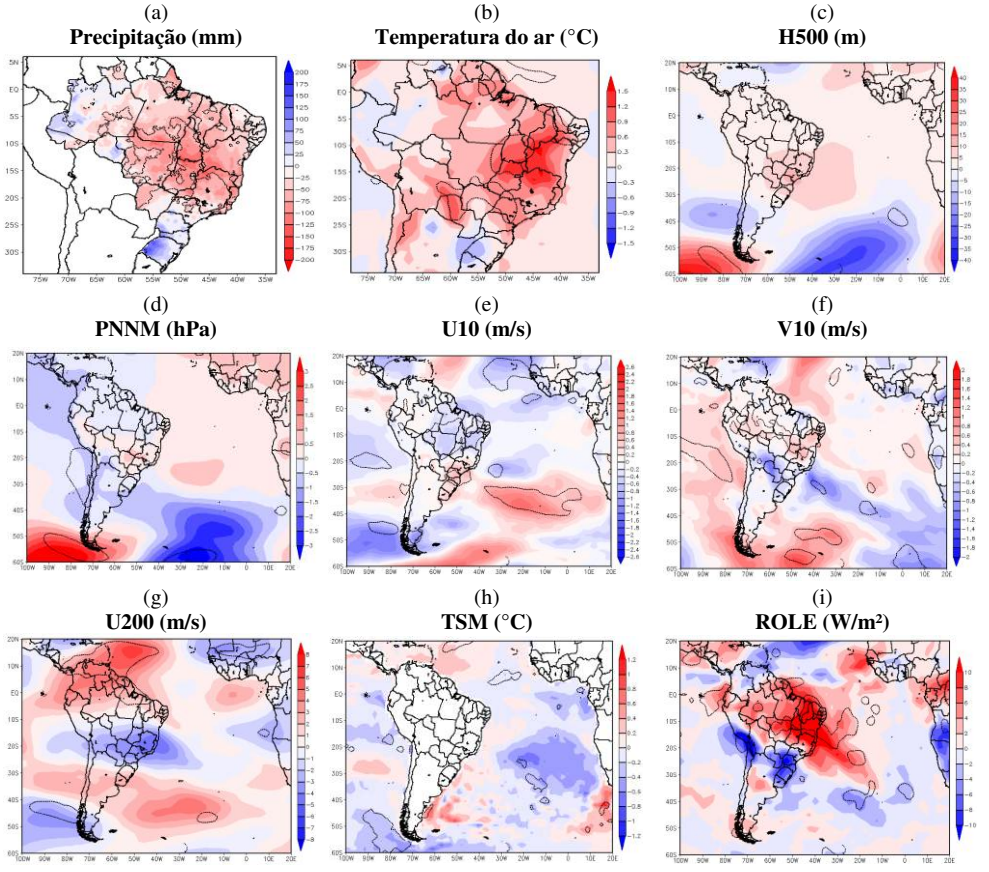

Figura 2 - Composição das anomalias de (a) precipitação pluvial (mm), (b) temperatura do ar a 2 m (°C), (c) altura geopotencial em 500 hPa (H500, m), (d) pressão ao nível médio do mar (PNNM, hPa), (e) vento zonal à 10 m (U10, m/s), (f) vento meridional à 10 m (V10, m/s), (g) vento zonal em 200 hPa (U200, m/s), (h) temperatura da superfície do mar (TSM, °C) e (i) radiação de onda longa emergente (ROLE, W/m²) durante os extremos secos em Uberlândia-MG no mês de dezembro (1980-2015).

Durante os eventos extremos secos no mês de janeiro em Uberlândia há predomínio de déficit de precipitação pluvial sobre o Brasil (Figura 3a), com diminuição entre 5-25°S, mais intensa em Goiás e Minas Gerais (até -200 mm). Aumento é observado em áreas no norte e sudoeste do Amazonas e na Região Sul do Brasil (até +75 mm).

A temperatura do ar (Figura 3b) acompanha esse déficit, com aquecimento entre 15°-35°S /5°5-35°W, abrangendo todo o Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba, sul de Minas Gerais, todo o estado de São Paulo, grande parte do Paraná e de Santa Catarina, leste do Rio Grande do Sul e do Mato Grosso do Sul e sudeste de Goiás, com anomalias mais intensas sobre São Paulo (acima de +1,5°C). Áreas de resfriamento são observadas entre 5°N-5°S, abrangendo o norte e oeste de Roraima, parte do norte do Amazonas (até -1,2°C), entre o sudoeste do Amazonas e norte do Acre e sobre o extremo sudoeste do Mato Grosso.

Uma crista anômala em 500 hPa é observada entre 20°-40°S/80°-30°W, abrangendo toda a Região Sul do país, grande parte do estado de São Paulo, sul de Minas Gerais, sul do Espírito Santo, sul do Mato Grosso do Sul e todo o

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

estado do Rio de Janeiro (Figura 3c). Em baixos níveis há uma anomalia positiva de PNNM entre 10°-30°S/70°-35°W, abrangendo o sudeste da Bahia, grande parte da Região Sudeste e Sul, centro-sul da Região Centro-Oeste (Figura 3d). Estas anomalias positivas de altura geopotencial em 500 hPa e de PNMM sugerem um fortalecimento e deslocamento anômalo do ASAS em direção à costa leste do Brasil. Sobre o sul do Atlântico Sul, entre cerca de 40°-53°S/75°W-10°E, há um intenso cavado anômalo com padrão zonal. Na mesma Região, entre aproximadamente 30°-55°S/55°W-10°E, há uma baixa pressão anômala intensa.

Anomalias de ventos de oeste a 10 m são observadas sobre o Atlântico Sul extratropical, até cerca de 50°S, incluindo o sudeste do estado de São Paulo, grande parte da Região Sul do país e Uruguai (Figura 3e). As anomalias de ventos de sul sobre o oeste do Atlântico Sul tropical e as anomalias de ventos de norte entre a costa leste da Região Sudeste em direção à Região Sul do Brasil (Figura 3f) indicam um fortalecimento do ASAS.

Em altos níveis (Figura 3g), áreas de anomalias negativas de vento zonal são observadas entre 20°-35°S/90°-20°W, sendo mais intensa entre 60°-30°W sobre a Região Sul, parte da Região Sudeste e o estado do Mato Grosso do Sul, sugerindo um enfraquecimento do jato subtropical. No sul da América do Sul e sul do Atlântico Sul, entre 40°-50°S/90°-15°W, há anomalias positivas, indicando um fortalecimento do ramo norte do jato polar, e anomalias negativas ao sul, entre 50°-60°S/50°W-15°E, indicando um enfraquecimento do ramo sul do jato polar.

A TSM (Figura 3h) apresenta um padrão espacial de tripolo de anomalias no Atlântico Sul, com resfriamento entre o equador e 10°S (até -0,6°C), aquecimento entre 5°-40°S (até +1°C) e resfriamento entre 40°-50°S (até -0,8°C). Pampuch et al. (2016) e Bombardi et al. (2014) observaram um padrão de TSM semelhante associado a condições secas na Região Sudeste do Brasil.

A ROLE (Figura 3i) apresenta supressão de convecção anômala abrangendo o sudeste do Amazonas, sul do Tocantins, grande parte da Região Nordeste, parte da Região Centro-Oeste e toda a Região Sudeste, além de todo o Atlântico Sul tropical até cerca de 35°S. Por outro lado, convecção anômala é observada sobre o Rio Grande do Sul e oeste de Santa Catarina. Esse padrão espacial de gangorra de anomalias de ROLE pode indicar um enfraquecimento e/ou supressão da atividade da ZCAS (CASARIN; KOUSKY, 1986; MUZA et al., 2009). Convecção anômala no norte da América do Sul e Atlântico Norte tropical pode indicar um deslocamento anômalo da ZCIT para o norte de sua posição climatológica.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

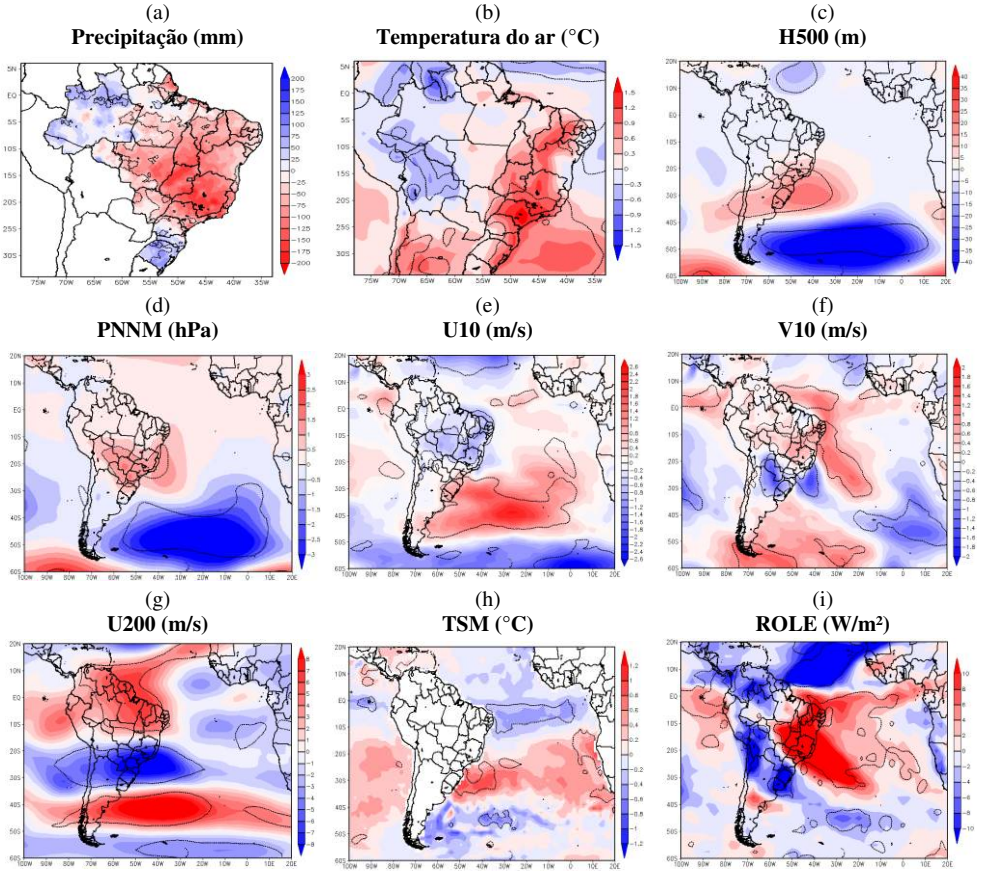

Figura 3 - Composição das anomalias de (a) precipitação pluvial (mm), (b) temperatura do ar a 2 m (°C), (c) altura geopotencial em 500 hPa (H500, m), (d) pressão ao nível médio do mar (PNNM, hPa), (e) vento zonal à 10 m (U10, m/s), (f) vento meridional à 10 m (V10, m/s), (g) vento zonal em 200 hPa (U200, m/s), (h) temperatura da superfície do mar (TSM, °C) e (i) radiação de onda longa emergente (ROLE, W/m²) durante os extremos secos em Uberlândia-MG no mês de janeiro (1980-2015).

Durante os eventos extremos secos em Uberlândia no mês de fevereiro há predomínio de déficit de precipitação pluvial sobre o Brasil (Figura 4a). Diminuição de precipitação pluvial é observada com orientação noroeste-sudeste entre o extremo sudeste do Amazonas e a Região Sudeste do Brasil, abrangendo os estados do Mato Grosso, Goiás, São Paulo, oeste e sul de Minas Gerais, parte do Tocantins, Rondônia e Mato Grosso do Sul, e quase toda a Região Nordeste, com máximo de -150 mm na mesorRegião do Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba. Áreas de aumento de precipitação pluvial ocorrem nos estados do Amazonas, norte do Pará e Acre (até +125 mm).

A temperatura do ar (Figura 4b) apresenta aquecimento sobre Minas Gerais, centro-sul do estado de Goiás e norte do estado de São Paulo (até +0,9°C), além do sudoeste do Paraná, oeste de Santa Catarina, norte/ oeste do Rio Grande do Sul e interior do norte da Região Nordeste, abrangendo o leste do Ceará e oeste dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco (até +1,2°C). Áreas de resfriamento são observadas no norte do Amazonas e do Pará e no sul do Acre (até -1,2°C).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Através das anomalias de altura geopotencial em 500 hPa (Figura 4c) é possível observar uma crista anômala entre 20°-40°S/70°-40°W, abrangendo grande parte da Região Sul do Brasil, centro-sul do Mato Grosso do Sul e extremo oeste de São Paulo, o que pode indicar um fortalecimento do ramo sudoeste do ASAS. Um cavado anômalo é observado entre 15°-20°S/50°-20°W, abrangendo o norte de Minas Gerais, sul da Bahia e grande parte de Goiás. Anomalia negativa de altura geopotencial em 500 hPa também ocorre sobre o Pacífico Norte e Sul, entre 10°N-22°S/100°-70°W, e sobre o Atlântico Norte tropical, entre 20°-10°N/70°-30°W, o que pode indicar um enfraquecimento do Anticiclone Subtropical do Atlântico Norte. Em baixos níveis são observadas áreas de anomalia negativa de PNNM (Figura 4d) sobre: o Pacífico Norte e Sul, entre 20°N-40°S/100°-70°W; o Atlântico Norte tropical, entre cerca de 20°-5°N/35°-20°W; e sobre parte da Região Nordeste do Brasil, abrangendo o estado do Piauí, parte do Maranhão e do Ceará.

Na componente zonal do vento a 10 m (Figura 4e) observam-se áreas de anomalias de ventos de leste no Atlântico Sul subtropical, entre 25°-35°S, e no leste do Atlântico Sul tropical. Nesta mesma área há anomalias de ventos de sul (Figura 4f). Estes campos anômalos, juntamente com a altura geopotencial em 500 hPa (Figura 4c), indicam um fortalecimento dos ramos oeste e leste do ASAS.

No campo de vento zonal em 200 hPa (Figura 4g) são observadas anomalias de ventos de leste entre o Pacífico Sul e o Atlântico Sul extratropical, entre 20°-40°S, indicando enfraquecimento do jato subtropical, e anomalias de ventos de oeste entre cerca de 35°-40°S/70°-50°W, indicando um fortalecimento do ramo norte do jato polar.

A TSM (Figura 4h) apresenta aquecimento anômalo no leste do Pacífico Sul, entre 20°-40°S (até +0,8°C), e resfriamento anômalo no Pacífico equatorial, entre 10°N-10°S (até -1°C), o que pode indicar eventos de La Niña na Região do Niño 1+2 (0°-10°S/90°W-80°W).

A ROLE (Figura 4i) apresenta supressão da convecção anômala no interior do Brasil, entre 10°-25°S/50°-40°W, abrangendo o oeste (exceto extremo oeste) e sudeste de Minas Gerais, boa parte de Goiás, sudoeste da Bahia, grande parte do Rio de Janeiro e leste de São Paulo;e entre o Equador e 15°S, abrangendo o nordeste do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba. Convecção anômala foi observada no norte do Amazonas e Roraima, além do Atlântico Norte tropical, sugerindo um deslocamento anômalo da ZCIT para o norte, além de uma área entre o sul do Peru e o leste da Argentina.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

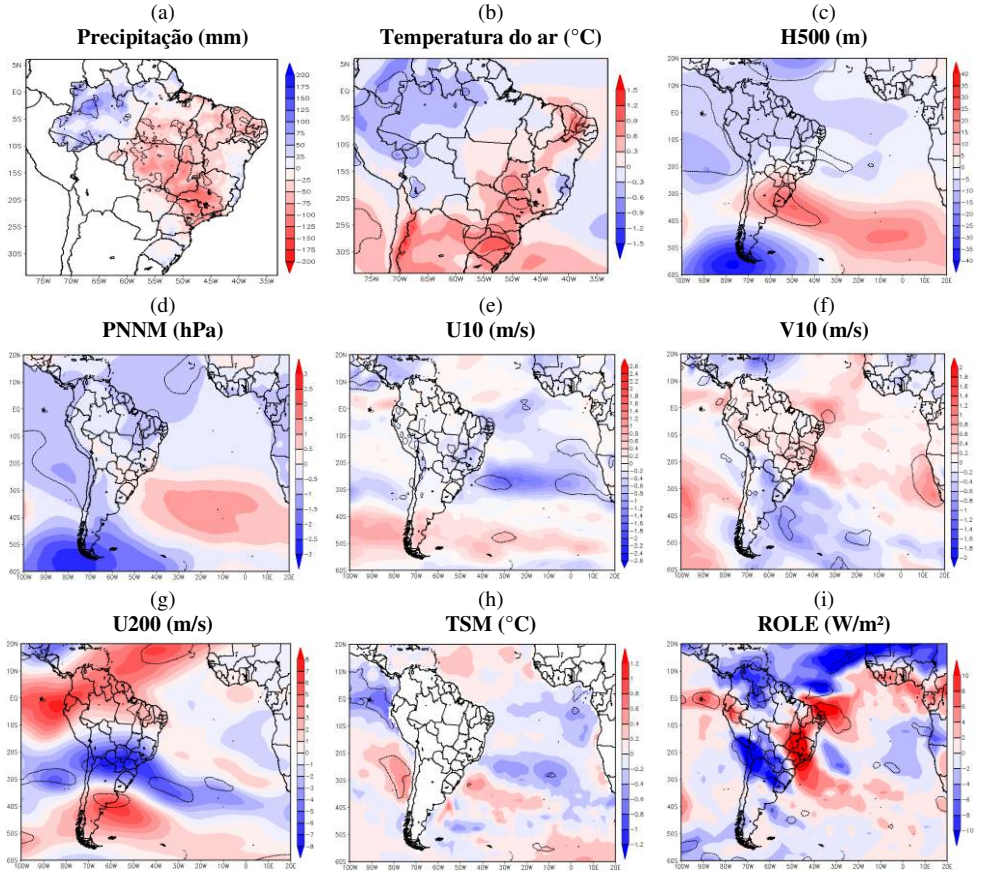

Figura 4 - Composição das anomalias de (a) precipitação pluvial (mm), (b) temperatura do ar a 2 m (°C), (c) altura geopotencial em 500 hPa (H500, m), (d) pressão ao nível médio do mar (PNNM, hPa), (e) vento zonal à 10 m (U10, m/s), (f) vento meridional à 10 m (V10, m/s), (g) vento zonal em 200 hPa (U200, m/s), (h) temperatura da superfície do mar (TSM, °C) e (i) radiação de onda longa emergente (ROLE, W/m²) durante os extremos secos em Uberlândia-MG no mês de fevereiro (1980-2015).

3.2. INVERNO AUSTRAL

Durante os eventos extremos secos em Uberlândia no mês de junho há diminuição da precipitação pluvial (até -25 mm) em grande parte da Região Sudeste e Centro-Oeste do país, além do norte do Paraná, interior da Região Nordeste, Tocantins e sul do Pará (Figura 5a). No mês de junho a precipitação pluvial climatológica em grande parte da Região tropical do Brasil varia de 0 a 50 mm (INMET, 2019), de forma que as anomalias de até -25 mm durante os extremos secos em Uberlândia correspondam a uma redução de 50 a 100% em relação à climatologia.

A temperatura do ar (Figura 5b) apresentou aquecimento anômalo superior a +1,5°C, abrangendo grande parte da Região Sudeste, além do extremo leste do Mato Grosso do Sul e sul de Goiás, interior da Região Nordeste, interior do Amazonas, sul do Pará e entre o noroeste do Mato Grosso e sudeste de Rondônia.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Uma crista anômala em níveis médios da troposfera (Figura 5c) é observada no Atlântico Sul, entre cerca de 20°-37°S, abrangendo o extremo sudeste de Minas Gerais, Rio de Janeiro, sudeste de São Paulo e leste do Paraná, Santa Catarina e extremo nordeste do Rio Grande do Sul. Na PNMM (Figura 5d), uma alta pressão anômala ocorre praticamente sob a mesma área da crista, o que indica a estrutura barotrópica equivalente do sistema. Assim, sugere-se um fortalecimento dos ramos oeste e sul do ASAS. No sudoeste do Atlântico Sul, entre 70°-45°W, há um cavado anômalo, também observado na PNMM.

No vento zonal a 10 m (Figura 5e) são observadas áreas de anomalias negativas entre 20°-35°S, sobre o Atlântico Sul tropical e extratropical. Na componente meridional do vento a 10 m (Figura 5f) são observadas anomalias positivas no leste do Atlântico Sul e Atlântico Sul tropical, entre 5°-35°S/15°W-10°E. Anomalias negativas ocorrem sobre o Atlântico Sul: na costa dos estados da Bahia e Espírito Santo, entre 10°-25°S/40°-30°W, e entre cerca de 38°-50°S/45°-25°W. Juntamente com os campos de PNMM e altura geopotencial em 500 hPa, os campos anômalos de vento a 10 m indicam um fortalecimento do ASAS nos ramos oeste, leste e norte.

Em altos níveis, através das anomalias de vento zonal em 200 hPa (Figura 5g), são observadas anomalias de ventos de leste sobre o Atlântico Sul, entre 20°-35°S/50°W-20°E, abrangendo o estado do Rio de Janeiro, sudeste do estado de São Paulo e leste do Paraná, indicando um enfraquecimento do jato subtropical. Anomalias de ventos de oeste ocorrem sobre o sul do Atlântico Sul, na faixa de 45°-55°S, sugerindo um fortalecimento do jato polar.

É observado aquecimento anômalo na TSM sobre o Atlântico Sul, entre 20°-40°S/45°-10°W (Figura 5h), atingindo o litoral da Região Sudeste do Brasil, bem como resfriamento no sul do Atlântico Sul, na faixa entre 35°-55°S, e no Atlântico Norte tropical. Supressão de convecção anômala ocorre entre o leste do Mato Grosso e noroeste de Goiás, no interior e sul do estado de Minas Gerais e do Rio de Janeiro, estendendo em direção ao Atlântico Sul, entre cerca de 20°-30°S/35°-7°W (Figura 5i).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

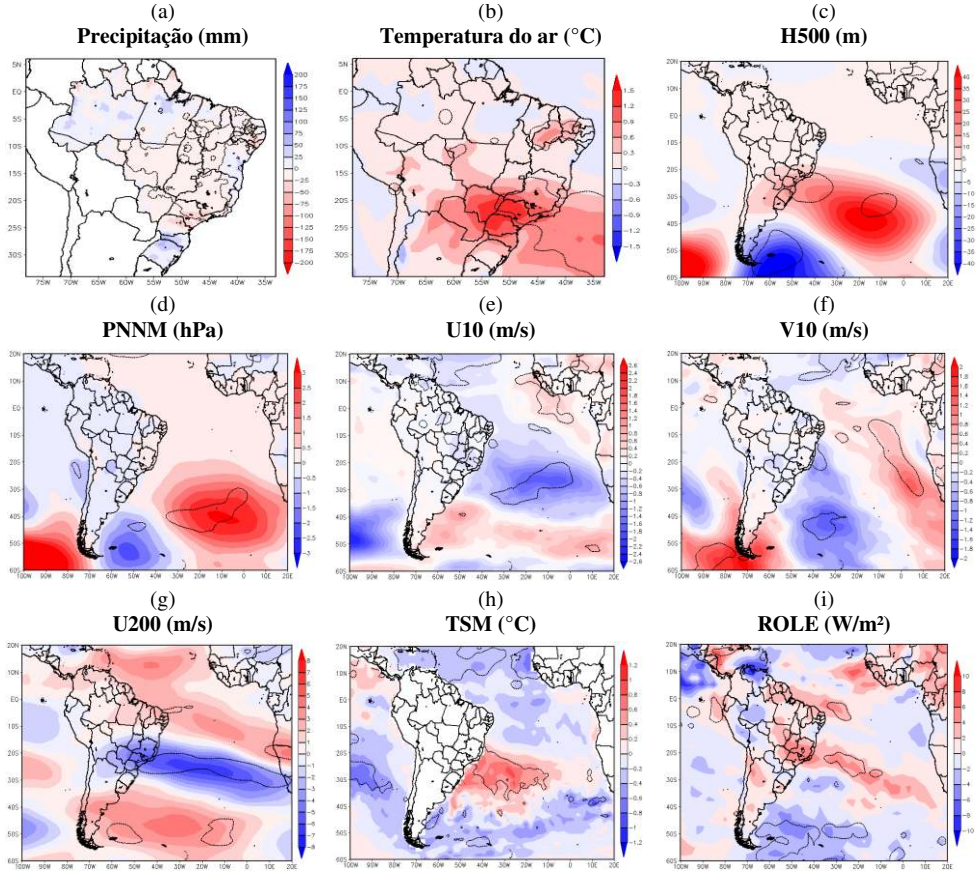

Figura 5 - Composição das anomalias de (a) precipitação pluvial (mm), (b) temperatura do ar a 2 m (°C), (c) altura geopotencial em 500 hPa (H500, m), (d) pressão ao nível médio do mar (PNNM, hPa), (e) vento zonal à 10 m (U10, m/s), (f) vento meridional à 10 m (V10, m/s), (g) vento zonal em 200 hPa (U200, m/s), (h) temperatura da superfície do mar (TSM, °C) e (i) radiação de onda longa emergente (ROLE, W/m²) durante os extremos secos em Uberlândia-MG no mês de junho (1980-2015).

Durante os eventos extremos secos em Uberlândia no mês de julho, a precipitação pluvial (Figura 6a) apresenta diminuição em praticamente todo o território nacional, com déficit mais intenso no noroeste e interior do Amazonas, oeste e norte do Tocantins, sul do estado de São Paulo, leste do Paraná e oeste e sul do Rio Grande do Sul (até -50 mm). Por outro lado, no centro-leste de Roraima e entre o sul de Pernambuco e o interior de Alagoas há aumento de até +100 mm.

Apesar do déficit de precipitação pluvial ocorrer em grande parte do Brasil, aquecimento anômalo é observado somente sobre a Região Norte (de até +1,5°C), abrangendo o sul do estado do Amazonas, norte de Rondônia, noroeste do Mato Grosso, interior do Pará e noroeste do Piauí (Figura 6b). Resfriamento anômalo é observado no norte de Minas Gerais (de até -0,9°C), no interior da Região Nordeste e no leste do Tocantins.

Uma crista anômala em 500 hPa (Figura 6c) é observada sobre a Região Sul, parte das Regiões Sudeste e Centro-Oeste do país, podendo indicar um fortalecimento do ramo oeste do ASAS. Por outro lado, um cavado anômalo ocorre sobre o Atlântico Sul, entre 25°-35°S/30°-15°W, sugerindo um

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

enfraquecimento do centro do ASAS, e também sobre o Pacífico Sul, entre 25°-40°S/100°-75°W.

Em baixos níveis, a componente zonal do vento a 10 m (Figura 6e) apresenta anomalias de ventos de oeste no Atlântico Sul tropical. A componente meridional do vento a 10 m (Figura 6f) apresenta anomalias de ventos de sul sobre o oeste do Atlântico Sul tropical e subtropical, entre 5°N-30°S/45°-25°W, enquanto anomalias de ventos de norte ocorrem no centro-leste do Atlântico Sul, entre cerca de 15°-35°S/20°-5°W, o que pode indicar um enfraquecimento do centro do ASAS.

Através do vento zonal em 200 hPa (Figura 6g) são observadas anomalias negativas sobre a América do Sul, entre 15°-25°S/75°-50°W, abrangendo o sudoeste do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e noroeste de São Paulo, o que indica um enfraquecimento do jato subtropical. Nas latitudes subtropicais da América do Sul há anomalias positivas de vento zonal em altos níveis, indicando um fortalecimento do ramo norte do jato polar, enquanto ao sul há enfraquecimento do ramo sul.

A TSM (Figura 6h) apresenta resfriamento anômalo no Atlântico Sul, na faixa entre 20°-35°S (até -0,8°C), aquecimento anômalo no Atlântico Sul extratropical, entre 40°-60°S/55°W-0° (até +1°C), e no Atlântico Norte tropical. Desta forma, há supressão anômala da convecção (Figura 6i) entre o Equador-25°S/80°-30°W, com orientação noroeste-sudeste entre o sudoeste do estado do Amazonas e a Região Sudeste do país, e convecção anômala ao norte do equador, indicando um fortalecimento e/ ou deslocamento anômalo da ZCIT para norte, em direção às águas aquecidas do Atlântico Norte tropical. Carpenedo (2018) observa que durante eventos de anomalias positivas de TSM no Atlântico Norte tropical durante o inverno há anomalias de supressão de convecção em grande parte do Brasil entre as latitudes de 2°S e 23°S.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

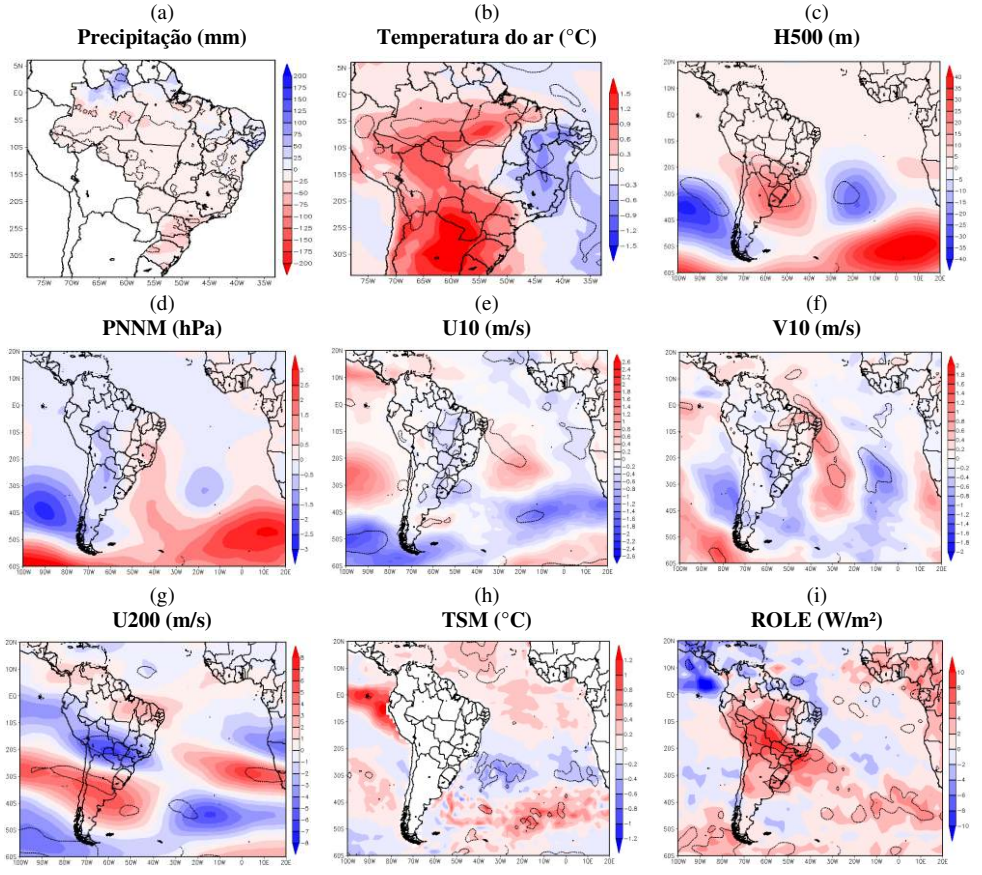

Figura 6 - Composição das anomalias de (a) precipitação pluvial (mm), (b) temperatura do ar a 2 m (°C), (c) altura geopotencial em 500 hPa (H500, m), (d) pressão ao nível médio do mar (PNNM, hPa), (e) vento zonal à 10 m (U10, m/s), (f) vento meridional à 10 m (V10, m/s), (g) vento zonal em 200 hPa (U200, m/s), (h) temperatura da superfície do mar (TSM, °C) e (i) radiação de onda longa emergente (ROLE, W/m²) durante os extremos secos em Uberlândia-MG no mês de julho (1980-2015).

Durante os eventos extremos secos em Uberlândia no mês de agosto, a precipitação pluvial (Figura 7a) apresentou diminuição em grande parte do Brasil, abrangendo o sudeste e interior do Amazonas, sul do Pará, grande parte de Rondônia, do Tocantins, de Minas Gerais, toda a Região Centro-Oeste, grande parte da Região Nordeste, Sudeste e Sul (até -75 mm no Paraná). Por outro lado, aumento na precipitação pluvial é observado entre o leste de Roraima e o extremo norte do Pará e no noroeste e interior do Amapá (até +75 mm).

A temperatura do ar (Figura 7b) apresenta aquecimento anômalo entre o sudoeste do Amazonas, sudoeste e sul do Pará e noroeste do Mato Grosso (até +1,2°C), interior do Maranhão (até +0,6°C) e entre o extremo oeste de Minas Gerais, sul de Goiás, leste do Mato Grosso do Sul, oeste de São Paulo e do Paraná (até +0,9°C). Resfriamento ocorre no noroeste do Pará e em grande parte da Região Nordeste, nordeste de Goiás, Distrito Federal, norte de Minas Gerais e do Espírito Santo (até -0,9°C).

Uma crista anômala em 500 hPa (Figura 7c) ocorre entre 13°-30°S/65°-40°W, abrangendo quase toda a Região Sudeste (exceto nordeste de Minas

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Gerais e Espírito Santo) e Sul (exceto o extremo sul do Rio Grande do Sul), além de grande parte do sul da Região Centro-Oeste (exceto o norte do Mato Grosso).

Em baixos níveis observam-se anomalias positivas de PNNM (Figura 7d) sobre o Pacífico Sul, entre aproximadamente 7°-25°S/100°-90°W, o que pode indicar um fortalecimento do Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul. Anomalias negativas são observadas no leste do Atlântico Sul, em cerca de 23°-33°S/5°W-20°E, sugerindo um enfraquecimento dos ramos sul e sudeste do ASAS.

No vento zonal a 10 m (Figura 7e) são observadas anomalias de ventos de oeste no norte da América do Sul, entre 9°N e o Equador, enquanto nesta mesma Região há anomalias de ventos de sul (Figura 7f), o que indica um enfraquecimento dos ventos alísios de nordeste. Por outro lado, as anomalias de ventos de sul na costa da Região Nordeste do Brasil indicam um fortalecimento dos ventos alísios de sudeste e, assim, do ASAS. Em altos níveis há anomalias positivas de vento zonal (Figura 7g) no Atlântico Sul, entre aproximadamente 22°-32°S/19°W-11°E, o que indica um fortalecimento do jato subtropical.

Há resfriamento anômalo da TSM (Figura 7h) no oeste do Atlântico Sul tropical, próximo à costa leste da Região Nordeste, bem como próximo à costa do Rio Grande do Sul, Uruguai e Argentina. Supressão da convecção anômala (Figura 7i) é observada entre 5°-30°S/70°-25°W, com orientação noroeste-sudeste, desde o sul do Amazonas e Pará até o extremo norte de Santa Catarina. Convecção anômala é observada no Pacífico equatorial e Atlântico Norte tropical. Como a variabilidade da ZCIT está fortemente associada às variações na TSM (*e.g.*, NOBRE; SHUKLA, 1996; UVO et al., 1998; RODRIGUES et al., 2011; SILVA; KOUSKY, 2012), as anomalias positivas de TSM no Atlântico Norte tropical e as anomalias negativas de TSM no Atlântico Sul tropical podem ter contribuído com o fortalecimento e/ ou deslocamento anômalo para norte da ZCIT, corroborado pelo enfraquecimento dos alísios de nordeste e fortalecimento dos alísios de sudeste no Atlântico tropical (Figuras 7e, 7f).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

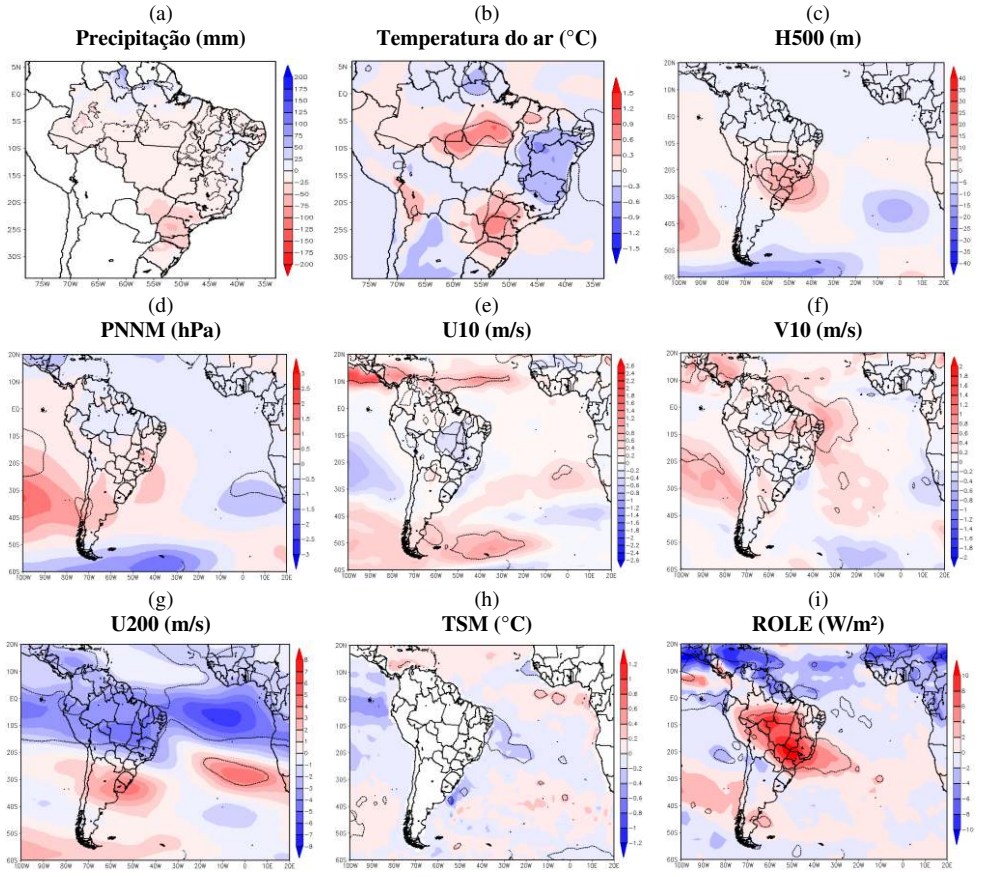

Figura 7 - Composição das anomalias de (a) precipitação pluvial (mm), (b) temperatura do ar a 2 m (°C), (c) altura geopotencial em 500 hPa (H500, m), (d) pressão ao nível médio do mar (PNNM, hPa), (e) vento zonal à 10 m (U10, m/s), (f) vento meridional à 10 m (V10, m/s), (g) vento zonal em 200 hPa (U200, m/s), (h) temperatura da superfície do mar (TSM, °C) e (i) radiação de onda longa emergente (ROLE, W/m²) durante os extremos secos em Uberlândia-MG no mês de agosto (1980-2015).

4. CONCLUSÕES

Este estudo caracterizou os padrões de circulação atmosférica associados à ocorrência de eventos extremos secos no município de Uberlândia, nos meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) e inverno (junho, julho e agosto), entre 1980 e 2015, através de dados de reanálises climáticas do ERA-Interim/ NCEP-NOAA e do conjunto de dados de Xavier, King e Scanlon (2017).

Durante os eventos extremos secos em Uberlândia, o déficit de precipitação pluvial ocorre também em grande parte do Brasil em quatro dos seis meses analisados: dezembro, janeiro, julho e agosto. Apenas em fevereiro e junho a redução concentra-se somente na Região tropical do país. A temperatura do ar apresenta aquecimento em boa parte do país nos meses de dezembro e janeiro, e em parte das Regiões Sudeste e Nordeste (fevereiro e junho), além de parte da Região Sul (fevereiro).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Nos meses de verão, a ZCIT apresenta deslocamento anômalo para norte (dezembro a fevereiro), associado ao fortalecimento do ASAS (ramo sul em dezembro e fevereiro, e ramo oeste em janeiro e fevereiro), ao enfraquecimento do Anticiclone Subtropical do Atlântico Norte (fevereiro), à supressão da atividade da ZCAS (dezembro e janeiro), ao enfraquecimento do jato subtropical (janeiro e fevereiro), ao enfraquecimento do ramo sul (dezembro e janeiro) e fortalecimento do ramo norte (dezembro a fevereiro) do jato polar. Esses fatores favorecem a manutenção de tempo estável, diminuição da atividade convectiva e desfavorecem o avanço dos sistemas transientes em direção à Região Sudeste do Brasil. Há indicativos que o padrão tripolo de anomalias de TSM no Atlântico Sul (janeiro), a atuação de bloqueios atmosféricos no Pacífico Sudeste (dezembro) e de eventos de La Niña na Região do Niño 1+2 (fevereiro) também possam ter contribuído para a ocorrência dos eventos extremos secos em Uberlândia.

Em relação aos padrões de circulação atmosférica associados aos extremos secos em Uberlândia nos meses de inverno, o jato subtropical apresenta enfraquecimento (junho e julho), associado com fortalecimento do jato polar (junho) ou fortalecimento do ramo norte e enfraquecimento do ramo sul do jato polar (julho), fortalecimento do ASAS (todo o sistema em junho, ramo oeste em julho e ramo noroeste em agosto), fortalecimento e/ou deslocamento anômalo da ZCIT para norte (julho e agosto), associado com anomalias positivas de TSM no Atlântico Norte tropical (julho e agosto).

Os resultados aqui apresentados evidenciam a circulação atmosférica anômala, a atuação de sistemas atmosféricos e de teleconexões durante os extremos secos em Uberlândia. Contudo, outros modos de variabilidade climática podem contribuir para a ocorrência de extremos hidrológicos no município, especialmente considerando persistênclia de meses a anos.

A previsão da precipitação pluvial com pelo menos alguns meses de antecedência é importante para que se possam traçar estratégias que minimizem os custos socioeconômicos em relação aos impactos decorrentes dos eventos extremos secos. Nesse sentido, através do monitoramento dos padrões atmosféricos identificados neste estudo será possível realizar uma previsão de médio prazo dos meses com déficit de precipitação pluvial em Uberlândia e Região Sudeste do Brasil com maior destreza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2018: informe anual. Brasília: ANA, 2018.

BOMBARDI, R. J.; CARVALHO, L. M. V., JONES, C.; REBOITA, M. S. Precipitation over eastern South America and the South Atlantic Sea surface temperature during neutral ENSO periods. *Clim Dynam*, v. 42, p. 1553-1568, 2014.

CARPENEDO, C. B. Atividade convectiva associada às anomalias de temperatura da superfície do mar no Atlântico tropical e impactos climáticos no estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. Esp., p. 64-86, 2018.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMAN, B. The South Atlantic convergence zone: Intensity, form, persistence, relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. *J Climate*, v. 17, p. 88-108, 2004.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. Extreme precipitation events in southeastern South America and large-scale convective patterns in the South Atlantic convergence zone. *J Climate*, v. 15, p. 2377-2394, 2002**.**

CASARIN, D. P.; KOUSKY, V. E. Anomalias de precipitação no sul do Brasil e variações na circulação atmosférica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 1, p. 83-90, 1986.

COELHO, C. A. S.; CARDOSO, D. H. F.; FIRPO, M.A. F. Precipitation diagnostics of an exceptionally dry event in São Paulo, Brazil. *Theor Appl Climatol*, v. 125, p. 769-784, 2016.

COELHO, C. A. S.; DE 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.; DA ROCHA, R. P.; REHBEIN, A. The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. *Clim Dynam*, v. 46, p. 1-16, 2015.

DOLE, R. M. Persistent anomalies of the extratropical Northern Hemisphere wintertime circulation: Structure. *Mon Weather Rev*, v. 114, p. 178-207, 1986a.

DOLE, R. M. The life cycles of persistent anomalies and blocking over the North Pacific. *Adv Geophys*, v. 29, p. 31-69, 1986b.

DRUMOND, A. R. M.; AMBRIZZI, T. The role of SST on the South American atmospheric circulation observed during the 2000/2001 Austral Summer. *Clim Dynam*, v. 24, p. 781-791, 2005.

GANDU, A. W.; SILVA DIAS, P. L. Impact of tropical heat sources on the South American tropospheric upper circulation and subsidence. *J Geophys Res*, v. 103, p. 6001-6015, 1998.

HIGGINS, R. W.; SCHUBERT, S. D. Simulated life cycles of persistent anticyclonic anomalies over the North Pacific: Role of synoptic-scale eddies. *J Atmos Sci*, v. 51, p. 3238–3259, 1994.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produto Interno Bruto dos Municípios. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. 2019a. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/uberlandia/pesquisa/38/47001?tipo=ranking&indicador=47006. Acesso em: 15 de set. 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados. Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019b. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/uberlandia.html. Acesso em: 12 de out. 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema de Contas Regionais - SCR: Especiais 2010_2016. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 2019c. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9054-contas-regionais-do-brasil.html?=&t=downloads. Acesso em: 4 Out. 2019

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, v. 15, 2010.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais Climatológicas do Brasil: 1981-2010. Brasília. Disponível em:

http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas. Acesso em: 01 de out. 2019.

IPCC. Annex III: Glossary [Planton, S. (ed.)]. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.

JONES, C.; CARVALHO, L. M. V. Active and break phases in the South American Monsoon System. *J Climate*, v. 15, p. 905-914, 2002.

KALKSTEIN, L. S.; JAMASON, P. F.; GREENE, J. S.; LIBBY, J.; ROBINSON, L. The Philadelphia hot weather-health watch/warning system: Development and application, summer 1995. *Bull Amer Meteor Soc*, v. 77, p. 1519-1528, 1996.

KARL, T. R.; KNIGHT, R. W. The 1995 Chicago heat wave: How likely is a recurrence? *Bull Amer Meteor Soc*, v. 78, p. 1107-1119, 1997.

KODAMA, Y. M. Large-scale common features of subtropical convergence zones (the Baiu frontal zone, the SPCZ, and the SACZ). Part II: Conditions of the circulations for generating STCZs. *J Meteor Soc Japan,* v. 71, p. 581-610, 1993.

KODAMA, Y. M., Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu frontal zone, the SPCZ, and the SACZ). Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. *J Meteor Soc Japan*, v. 70, p. 813-835, 1992.

LENTERS, J.; COOK, K. Simulation and diagnosis of the regional summertime precipitation climatology of South America. *J Climate*, v. 8, p. 2988-3005, 1995.

LIEBMANN, B.; SMITH, C. A. Description of a Complete (Interpolated) Outgoing Longwave Radiation Dataset. *Bull Amer Meteor Soc*, v. 77, p. 1275-1277, 1996.

MARENGO J. A.; NOBRE, C.; SELUCHI, M.; CUARTAS, A.; ALVES, L. M.; MENDIONDO, E. M.; OBREGON, G. O.; SAMPAIO, G. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *Revista USP*, v. 106, p. 31, 2015.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil. In: *United Nations Climate Change Conference*, Copenhagen. Mudanças Climáticas e Eventos Extremos no Brasil, Rio de Janeiro: FBDS, p. 4-19, 2009.

MARENGO, J. A.; SOARES, W. R.; SAULO, C.; NICOLINI, M. Climatology of the Low-Level Jet East of the Andes as derived from the NCEP–NCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. *J Climate*, v. 17, p. 2261-2280, 2004

MARTINS, F. B.; GONZAGA, G.; SANTOS, D. F.; REBOITA, M. S. Classificação Climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: Cenário Atual e Projeções Futuras. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 2018, p. 129-156, 2018.

MENDES, M. C. D.; TRIGO, R. M.; CAVALCANTI, I. F. A.; CAMARA, C. C. Blocking Episodes in the Southern Hemisphere: Impact on the Climate of Adjacent Continental Areas. *Pure Appl Geophys* (Printed ed.), v. 165, p. 1941-1962, 2008.

MENDES, M. C. D; TRIGO, R. M.; CAVALCANTI, I. F. A.; CAMARA, C. C. Climatologia de bloqueios sobre o Oceano Pacífico Sul: período de 1960 a 2000. *Revista Brasileira de Meteorologia* (Impresso), v. 20, p. 175-190, 2005.

MICHELOTTO, L. G.; SOBRINHO, F. L. A. A urbanização dispersa da cidade de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. *ParaOnde!?*, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 61-67, 2018.

MO, K. C.; NOGUES PEAGLE, J.; HIGGINS, R. W. Atmospheric processes associated with summer floods and droughts in the central United States. *J Climate*, v. 10, p. 3028-3046, 1997.

MUZA, M. N.; CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. Intraseasonal and Interannual Variability of Extreme Dry and Wet Events over Southeastern South America and the Subtropical Atlantic during Austral Summer. *J Climate*, v. 22, p. 1682-1699, 2009.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. *J Climate*, v. 9, p. 2464-2479, 1996.

NOGUÉS-PAEGLE, J.; MO, K. C. Alternating wet and dry conditions over South America during summer. *Mon Wea Rev*, v. 125, p. 279-291, 1997.

PAMPUCH, L. A.; DRUMOND, A.; GIMENO, L.; AMBRIZZI, T. Anomalous patterns of SST and moisture sources in the South Atlantic Ocean associated with dry events in southeastern Brazil. *Int J Climatol*, v. 36, p. 4913-4928, 2016.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; DA ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica. *Revista Brasileira de Meteorologia* (Impresso), v. 25, p. 185-204, 2010.

REBOITA, M. S.; OLIVEIRA, D. M.; FREITAS, C. H.; OLIVEIRA, G. M.; PEREIRA, R. A. A. Anomalias dos Padrões Sinóticos da Atmosfera na América do Sul nos meses de janeiros de 2014 e 2015. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v.4, n. 4, 2015.

RICKENBACH, T.; FERREIRA, R. N.; HALVERSON, J.; SILVA DIAS, M. A. F. Modulation of convection in the southwestern Amazon basin by extratropical stationary fronts. *J Geophys Res*, v. 107, 8040, 2002.

RODRIGUES, R. R.; HAARSMA, R. J.; CAMPOS, E. J. D.; AMBRIZZI, T. The impacts of inter-El Nino variability on the Tropical Atlantic and Northeast Brazil climate. *J Climate*, v. 24, p. 3402-3422, 2011.

SATYAMURTI, P.; NOBRE, C.; SILVA DIAS, P. L. *South America. Meteorology of the Southern Hemisphere,* D. J. Karoly and D. G. Vincent, Eds., Amer Meteor Soc, p. 119-139, 1998.

SETH, A.; FERNANDES, K.; CAMARGO, S. J. Two summers of São Paulo drought: Origins in the western tropical Pacific. *Geophys Res Lett*, v. 42, n. 10, p. 10816–10823, 2015.

SILVA, V. B. S.; KOUSKY, V. E. *The South American Monsoon System: Climatology and Variability*, Modern Climatology, Dr Shih-Yu Wang (Ed.), InTech, 2012.

TRENBERTH, K. E.; GUILLEMOT, C. J. Evaluation of the global atmospheric moisture budget as seen from analyses. *J Climate*, v. 8, p. 2255-2280, 1995.

UVO, C. B.; REPELLI, C. A.; ZEBIAK, S. E.; KUSHNIR, Y. The Relationships between Tropical Pacific and Atlantic SST and Northeast Brazil Monthly Precipitation. *J Climate*, v. 11, 1998.

VERA, C.; HIGGINS, W.; AMADOR, J.; AMBRIZZI, T.; GARREAUD, R.; GOCHIS, D.; GUTZLER, D.; LETTENMAIER, D.; MARENGO, J.; MECHOSO, C. R.; NOGUES-PAEGLE, J.; SILVA DIAS, P. L.; ZHANG, C. Towards a unified view of the American Monsoon systems. *J Climate*, v. 19, p. 4977-5000, 2006.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M. H. Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Drought Mitigation Center Faculty Publications*. Paper 20, 1985.

WILKS, D. S. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences – An Introduction*. 2 ed. Academic Press, New York, 2006.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. An update of Xavier, King and Scanlon (2016) daily precipitation gridded data set for the Brazil. *Proceedings of the 18th Brazilian Symposium on Remote Sensing*, Santos, SP, Brazil. p. 28-31, 2017