

## MECANISMOS FÍSICOS ASSOCIADOS À ESCASSEZ PLUVIOMÉTRICA NO SUDESTE DO BRASIL NO INVERNO DE 2022

Pedro Lucas Lopes da Silveira Silva<sup>1</sup> (IC), Michelle Simões Reboita<sup>1</sup> (PQ)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá

**Palavras-chave:** Bloqueios. Déficit de precipitação. teleconexões.

### Introdução

A precipitação é uma das principais variáveis atmosféricas que têm a capacidade de interferir nas atividades humanas como a agricultura (SILVA et al, 2019). O inverno (junho, julho e agosto) é o período mais seco da região sudeste do Brasil e um dos fatores que influenciam esse padrão é o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). O ASAS é caracterizado por movimentos subsidentes de ar, que inibem a formação de nuvens, resultando em condições mais secas para as áreas sob influência (SANTOS, CARVALHO, REBOITA, 2016).

Embora o inverno seja a estação do ano com menor volume de precipitação na região Sudeste, a chuva ainda pode apresentar variabilidade, ou seja, maiores ou menores volumes quando comparados com a média climatológica. No caso de menores volumes, isto é um fato preocupante, pois como a estação já é seca se a precipitação for ainda mais reduzida, vários setores podem ser impactados. Um caso de déficit de precipitação foi o do inverno de 2022.

Diante do exposto, esse estudo tem como objetivo descrever os padrões de grande escala da atmosfera que podem ter contribuído para mudar os padrões em escala sinótica levando ao déficit de precipitação observado durante o inverno (JJA) de 2022 na região Sudeste do Brasil.

### Metodologia

#### Dados

Para este trabalho foram utilizados dados provenientes da reanálise do ERA5 (HERSBACH et al, 2020). As variáveis utilizadas foram: Componentes zonal e meridional do vento, precipitação, temperatura da superfície do mar (TSM) e radiação de onda longa (*surface net thermal radiation* - ROL). A precipitação utilizada foi a do *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP). O dado do GPCP (mm/dia) possui uma resolução horizontal de 2.5° x 2.5°. Os dados do GPCP foram obtidos para os meses de junho, julho e agosto

entre 1980 à 2022.

#### Análises

As variáveis plotadas para as análises deste trabalho foram: precipitação do GPCP e TSM (figura 1), ROL (figura 2) e função de corrente e jatos em altos níveis (figura 3).

Também são utilizados índices de teleconexões provenientes do sítio <https://meteorologia.unifei.edu.br/teleconexoes/>. Nesse estudo são utilizados os índices: Niño Oceânico (ONI), Atlântico Sul Tropical (TSA), Atlântico Norte Tropical (TNA), Dipolo Subtropical do Atlântico Sul (SASDI), Dipolo do Oceano Atlântico Sul (SAODI), Oscilação Antártica (AAO), Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (IASAS) e Dipolo do Oceano Índico (IOD). Todos os índices foram utilizados em escala mensal. Também foi calculado o índice de bloqueio atmosférico pela metodologia de Tibaldi (1994) para duas bandas de latitudes, uma centrada em 50° e a outra em 35° sul.

### Resultados e discussão

A figura 1a-d ilustra os campos de anomalia de precipitação do GPCP em JJA. De maneira geral, a região Sudeste do Brasil registrou anomalias negativas de precipitação, enquanto parte da região Nordeste (NEB) registrou anomalias positivas. Nos trópicos há uma relação entre as anomalias positivas de precipitação e as anomalias positivas de TSM. Isso é o caso do Leste do Nordeste do Brasil, que está banhado por águas mais quentes e ao mesmo tempo há anomalias positivas de precipitação. Já o litoral da região Sudeste apresenta predomínio de anomalias negativas de precipitação, ou seja, a região apresenta déficit de chuva. Esse resultado é muito interessante, pois a literatura indica que há uma relação inversa nessa região: águas mais frias, maior o volume de precipitação (REBOITA, 2021). Portanto, isso será investigado no estudo.

Regiões com anomalias negativas de precipitação estão relacionadas com a menor cobertura de nuvens na atmosfera, o que facilita a perda de radiação para fora da atmosfera. Isso é indicado pelos valores positivos de

anomalia no campo de ROL (figura 2).

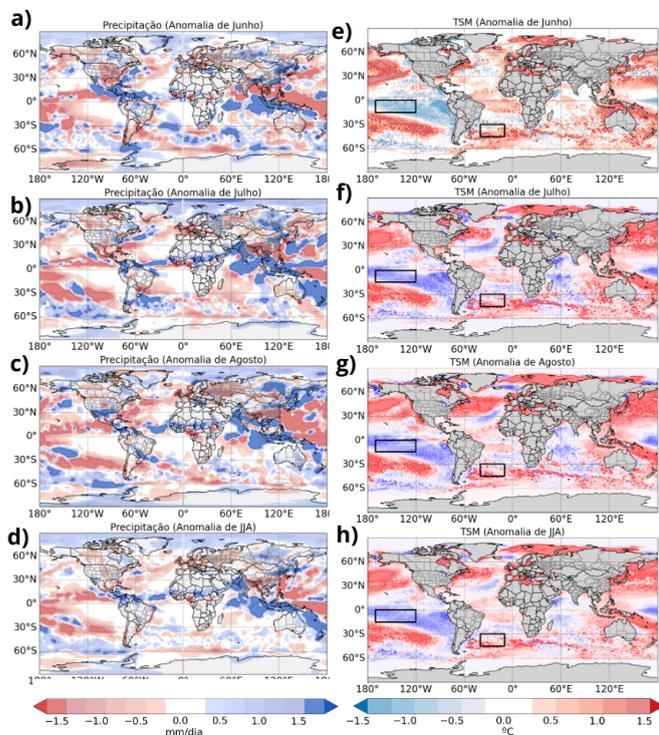


Figura 1 – (a-d) Precipitação do GPCP (mm/dia) e (e-h) temperatura da superfície do mar (°C) para os meses de junho, julho, agosto e para os três meses juntos. As áreas em preto indicam as áreas de atuação do índice ONI e TSA.

Fica evidente que a região Sudeste do Brasil apresentou valores positivos de ROL. Essas anomalias positivas podem ser uma resposta à subsidência de ar sobre a região Sudeste promovida pelas condições chuvosas no NEB.

A pergunta a ser respondida é o que causou o déficit de chuva no Sudeste do Brasil. Para isso, é realizada uma descrição conjunta dos campos atmosféricos juntamente com os índices de teleconexão. Analisando a tabela 1, durante JJA de 2022 havia ocorrência de La Niña (ONI menor do que -0,5), o que corresponde ao resfriamento anômalo das águas do Pacífico Tropical (Figura 1 e-h). Climatologicamente, esse padrão causa mudanças na circulação atmosférica levando ao excesso de chuva na Amazônia e Nordeste e déficit no Sul do Brasil, Norte da Argentina e Uruguai (região conhecida como Sudeste da América do Sul). Com condições mais secas no Sudeste da América do Sul, em geral, mais umidade acaba sendo transportada no interior do continente para a região Sudeste do Brasil levando ao excesso de chuva. O ano de 2022 parece não seguir o padrão climatológico. Em JJA ficou claro o excesso de chuva

somente no litoral do Nordeste, pois o padrão seco no Sudeste da América do Sul teve alternância em áreas de ocorrência. A chuva no litoral do NEB também teve auxílio de outros dois padrões: anomalias positivas de TSA mais intensas do que as da TNA e pelo domínio das fases 7, 1, 2 e 3 da OMJ (tabela 2) que é um fator que favorece na escala sazonal a distribuição da chuva no Nordeste do Brasil. Os resultados obtidos aqui estão em concordância com Giannini, Saravanan, Chang (2004) que observaram que as condições de LN quando combinadas a TSA positiva se somam reforçando as anomalias positivas de precipitação na região Nordeste do Brasil.

O excesso de chuva no Nordeste causa movimento de subsidência nas regiões ao redor, como indicado por Pezzi e Cavalcanti (2001). Portanto, a região Sudeste, até tendo alguns fatores favoráveis à convecção, pode ter sido impactada por esses movimentos subsidentes de ar, dificultando a organização da chuva sob a região. Ademais, em anos de LN o padrão climatológico da circulação geral da atmosfera mostra um padrão de ondas viajando do Pacífico a América do Sul em que há uma fase de onda com anomalias de alta pressão (na variável função de corrente seria sinal negativo) no Sudeste da América do Sul ou próximo a ele inibindo a organização da chuva. Em 2022, as anomalias de função de corrente em 250 hPa são mostradas na figura 3. Anomalia de função de corrente negativa (positiva) no Hemisfério Sul (HS) possui sinal anticiclônico (cyclônico). Portanto, sinal negativo da variável função de corrente seria esperado próximo ao Sul do Brasil. Já na figura 03 é mostrada uma clara oscilação na posição das anomalias, pois em junho na costa do Sudeste do Brasil dominou anomalia positiva (cyclônica), em julho negativa (anticiclônica) e em agosto, o Sudeste ficou numa faixa de transição. Portanto, parece não ser esse padrão de onda o maior responsável pelo déficit de chuva no Sudeste. Na média trimestral, o sinal foi de anomalia positiva de função de corrente entre o Sudeste e o Sul do Brasil, indicando anomalias ciclônicas. Isso pode contribuir para enfraquecer o ASAS e de fato, quando analisado o índice de teleconexão IASAS, o sinal é negativo, indicando que o sistema esteve mais fraco no Sudeste do Brasil.

Já a combinação da fase positiva da AAO, que dominou em julho e agosto, combinada com a LN pode contribuir para déficit de chuva no sudeste conforme mostrado em <https://meteorologia.unifei.edu.br/teleconexoes/atlas/?ind=AAO&var=precwnd850>.

Outro fato que parece contribuir para a escassez de chuva no Sudeste é a intensidade do jato em altos níveis. Nos três meses em análise, o jato esteve mais intenso do

que a climatologia sobre o Sul do Brasil, indicando que as frentes frias não se deslocaram para latitudes mais baixas. Segundo as análises do Grupo de Estudos Climáticos da USP, chegaram ao todo 9 frentes no Sudeste do Brasil durante os meses de junho, julho e agosto, valor menor do que a climatologia.

No inverno de 2022 predominou SASDI negativo, o que indica que a TSM esteve mais quente no setor Subtropical do Atlântico em comparação ao Tropical. Esse resultado, entre julho e agosto, é concordante com a AAO. Valores positivos de AAO indicam menos ciclones na costa da Argentina, implicando em maior pressão atmosférica na região, céu limpo e aquecimento da TSM, como mostrado na Figura 01. Por outro lado, enquanto o SASDI seria propício à chuva no Sudeste, a AAO em combinação com LN não. Por fim, o IOD negativo em combinação com LN parece ser propício ao déficit de chuva no sudeste conforme <https://meteorologia.unifei.edu.br/teleconexoes/atlas/?in d=iod&var=precwnd850>.

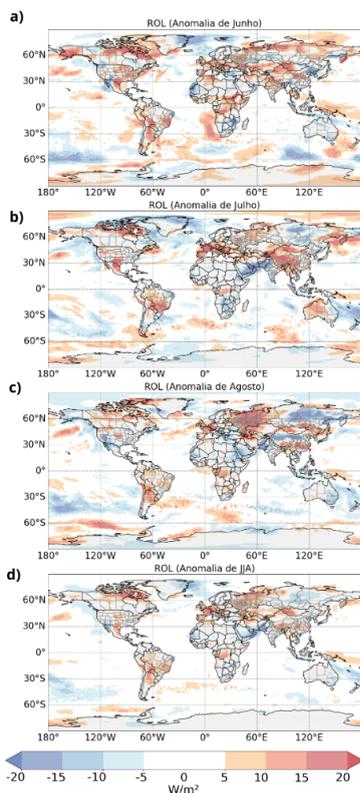


Figura 2 – Radiação de onda longa emergente ( $W/m^2$ ) para os meses de junho, julho, agosto e para os três meses juntos (figuras 1a-d).

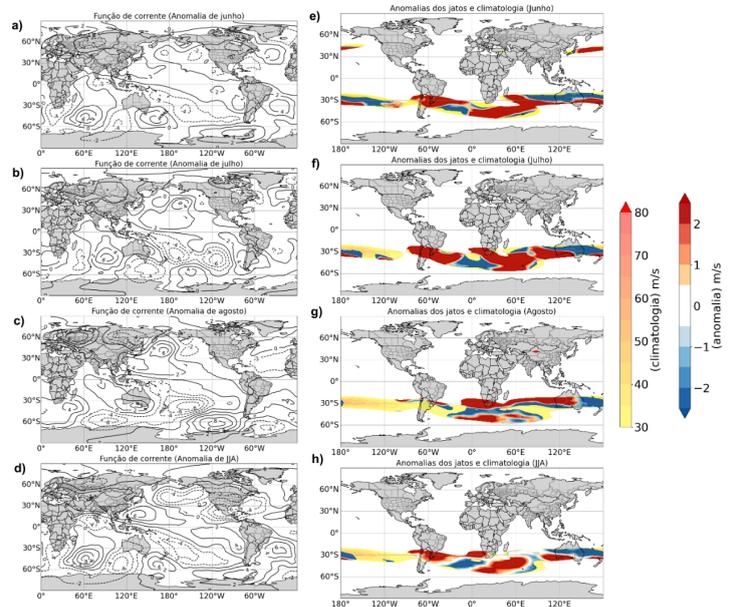


Figura 3 – Anomalia de função de corrente (figuras 3a-d) e anomalias dos jatos comparadas com a climatologia dos meses de inverno (figura 3e-h).

Em junho e agosto, o índice de bloqueio de Tibaldi (1994) identificou dois sistemas de bloqueio: um deles localizado sobre o Sul da América do Sul, enquanto o outro se encontrava na região do oceano Pacífico. O sistema no Sul da América do Sul ocorreu no dia 20 e se manteve por 6 dias. Quando esse padrão de bloqueio ocorre ao Sul do país, ele dificulta a chegada dos sistemas frontais à região Sudeste, pois a bifurcação do escoamento atmosférico horizontal contribui para intensificar o jato em altos níveis.

Tabela 01 - Valores dos índices de teleconexão para os meses de maio, junho, julho e agosto.

Tabela 01 - Valores dos índices de teleconexão para os meses de maio, junho, julho e agosto								
	ONI	TSA	TNA	SASDI	SAODI	AAO	IASAS	IOD
<b>Maio</b>	-0,85	0,36	0,34	-0,3871	-0,0227	0,0965	-1,0488	-0,122
<b>Junho</b>	-0,81	0,61	0,48	-0,3747	0,4286	-0,8713	-2,0048	-0,335
<b>Julho</b>	-0,91	0,34	0,32	-0,4113	0,2466	0,4467	3,1227	-0,195
<b>Agosto</b>	-1,01	0,38	0,47	-0,1559	0,2022	0,7313	-1,5049	-0,246

Tabela 02 - Quantidade de dias em que a OMJ permaneceu em cada uma de suas fases nos meses de maio, junho, julho e agosto.

	Fases							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Maio (nº de dias)</b>	0	4	0	0	2	2	3	6
<b>Junho (nº de dias)</b>	14	6	3	0	0	0	2	5
<b>Julho (nº de dias)</b>	7	1	1	5	3	0	0	0
<b>Agosto (nº de dias)</b>	0	9	1	0	3	0	0	0

### Conclusões

Esse estudo enfatiza a complexidade da atmosfera associada aos padrões anômalos. A análise dos resultados indica que o déficit de precipitação no inverno não foi causado apenas por um único fator, mas pela combinação de fatores.

Eventos de La Niña quando combinados com TSA positiva e as fases 7, 1, 2 e 3 da OMJ levam a condições mais chuvosas na Amazônia e no Nordeste. O excesso de precipitação no Nordeste causa subsidência de ar sobre a região Sudeste. Outro fator que levaria a esse déficit é a fase positiva da AAO associada com a La Niña e IOD negativo em julho e agosto.

A anomalia dos jatos mostraram, para os meses de inverno (JJA), uma intensificação que contribuem para os sistemas frontais não chegarem até a região Sudeste. Por fim, um sistema de bloqueio atuante sobre o Sul da América do Sul dificulta a chegada de frentes, pois a bifurcação do escoamento horizontal contribui para a intensificação dos jatos. Todos estes fatores quando combinados levaram ao déficit de precipitação sobre a região Sudeste do Brasil.

### Agradecimentos

Os autores agradecem aos centros meteorológicos que disponibilizaram os dados utilizados neste estudo e ao CNPq, CAPES e PROEX-UNIFEI pelo auxílio financeiro.

### Referências

GIANNINI, A.; SARAVANAN, R.; CHANG, P. The preconditioning role of tropical Atlantic variability in the development of the ENSO teleconnection: Implications for the prediction of Nordeste rainfall. **Climate Dynamics**, v. 22, p. 839-855, 2004.

HERSBACH, Hans et al. The ERA5 global reanalysis. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 146, n. 730, p. 1999-2049, 2020.

PEZZI, L. P.; CAVALCANTI, I. F. A. The relative importance of ENSO and tropical Atlantic sea surface temperature anomalies for seasonal precipitation over South America: a numerical study. **Climate Dynamics**, v. 17, n. 2-3, p. 205-212, 2001.

REBOITA, Michelle Simões et al. Impacts of teleconnection patterns on South America climate. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1504, n. 1, p. 116-153, 2021.

SANTOS, Tailine Corrêa; CARVALHO, Vanessa Silveira Barreto; REBOITA, Michelle Simões. Avaliação da influência das condições meteorológicas em dias com altas

concentrações de material particulado na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 307-313, 2016.

SILVA, João Pedro Rodrigues; REBOITA, Michelle Simões; ESCOBAR, Gustavo Carlos Juan. Caracterização da Zona de Convergência do Atlântico Sul em campos atmosféricos recentes. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, 2019.

TIBALDI, S. et al. Northern and Southern Hemisphere seasonal variability of blocking frequency and predictability. **Monthly Weather Review**, v. 122, n. 9, p. 1971-2003, 1994.