Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

VARIAÇÕES NOS TIPOS DE EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL E SEUS IMPACTOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Variations in El Niño Southern Oscillation types and their impacts on the metropolitan region of São Paulo

Variaciones en los tipos de El Niño Oscilación Sur y sus impactos en la región metropolitana de São Paulo

Guilherme Bernardo Melo
Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas
Universidade Federal do ABC – UFABC
Santo André, São Paulo, Brasil
gui7411@hotmail.com

Andréa de Oliveira Cardoso
Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas
Universidade Federal do ABC – UFABC
Santo André, São Paulo, Brasil
andrea.cardoso@ufabc.edu.br

Victor Fernandez Nascimento
Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas
Universidade Federal do ABC – UFABC
Santo André, São Paulo, Brasil
victor.fernandez@ufabc.edu.br

Resumo: Estudos observacionais e de modelagem indicam mudanças nas características do El Niño Oscilação Sul (ENOS) e apontam uma tendência de novos impactos regionais. Ainda vem sendo observado aumento de extremos climáticos em grandes centros urbanos. O objetivo deste estudo é analisar as mudanças da influência do ENOS sobre a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a

partir de dados observacionais. Foram utilizados dados de temperatura e precipitação na RMSP, do Índice Oceânico Niño (ONI) e do Índice Trans-Niño (TNI) para caracterizar o ENOS canônico e Modoki, respectivamente. Analisaram-se médias climatológicas móveis de precipitação e temperatura na RMSP e variação de frequência dos tipos de ENOS, além de correlações entre os índices e as variáveis meteorológicas nos diversos períodos. Foi observado que a temperatura e precipitação estão aumentando ao longo dos anos independentemente da ocorrência de ENOS. Entretanto, a proporção de El Niños canônicos associados a períodos chuvosos e quentes tem aumentado, principalmente na primavera, onde é observado um salto de 40% para 54% para a precipitação. Uma tendência positiva nos coeficientes de correlação entre o ONI e as variáveis meteorológicas foi observada. Também foi constatado o aumento da ocorrência da La Niña Modoki, sendo associada à redução de eventos secos e muito secos e ao aumento de períodos frios e muito frios.

Palavras-chave: ENOS. Variabilidade Climática. Precipitação. Temperatura. Correlação.

Abstract: Observational and modeling studies indicate changes in the characteristics of the El Niño Southern Oscillation (ENSO) and point to a trend of new regional impacts. An increase in climate extremes in large urban centers continues to be observed. The objective of this study is to analyze changes in the influence of ENSO on the São Paulo Metropolitan Region (RMSP) based on observational data. Temperature and precipitation data from the RMSP, the Oceanic Niño Index (ONI), and the Trans-Niño Index (TNI) were used to characterize the canonical ENSO and Modoki, respectively. We analyzed moving climatological averages of precipitation and temperature in the RMSP and frequency variations of ENSO types, as well as correlations between the indices and meteorological variables in different periods. It was observed that temperature and precipitation are increasing over the years regardless of the occurrence of ENSO. However, the proportion of canonical El Niños associated with rainy and hot periods has increased, especially in the spring, where a jump from 40% to 54% in precipitation is observed. A positive trend in the correlation coefficients between ONI and meteorological variables was observed. An increase in the occurrence of La Niña Modoki was also observed, associated with a reduction in dry and very dry events and an increase in cold and very cold periods.

Keywords: ENSO. Climate Variability. Precipitation. Temperature. Correlation.

Resumen: Estudios observacionales y de modelización indican cambios en las características del fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS) y apuntan a una tendencia de nuevos impactos regionales. Se sigue observando un aumento de los fenómenos climáticos extremos en los grandes centros urbanos. El objetivo de este estudio es analizar los cambios en la influencia del ENOS sobre la Región Metropolitana de São Paulo (RMSP), a partir de datos observacionales. Se utilizaron datos de temperatura y precipitación en la RMSP, del Índice Oceánico Niño (ONI) y del Índice Trans-Niño (TNI) para caracterizar el ENOS canónico y Modoki, respectivamente. Se analizaron los promedios climatológicos móviles de precipitación y temperatura en la RMSP y la variación de frecuencia de los tipos de ENOS, además de las correlaciones entre los índices y las variables meteorológicas en los distintos periodos. Se observó que la temperatura y la precipitación están aumentando a lo largo de los años, independientemente de la ocurrencia de ENOS. Sin embargo, la proporción de El Niños canónicos asociados a períodos lluviosos y cálidos ha aumentado, principalmente en primavera, donde se observa un salto del 40% al 54% en la precipitación. Se observó una tendencia positiva en los coeficientes de correlación entre el ONI y las variables meteorológicas. También se constató un aumento en la ocurrencia de La Niña Modoki, asociada a la reducción de eventos secos y muy secos y al aumento de períodos fríos y muy fríos.

Palabras clave: ENOS. Variabilidad Climática. Precipitación. Temperatura. Correlación.

Submetido em: 20/04/2026
Aceito para publicação em: 08/11/2026
Publicado em: 15/11/2026



1. INTRODUÇÃO

Mudanças nos padrões climatológicos têm sido tema de grande importância de estudo nos últimos anos, não só por sua natureza mas também pela rapidez, intensidade e variabilidade espacial em que vêm acontecendo, conforme descrito no sexto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) que infere que, segundo evidências paleoclimáticas e de dados observacionais, as mudanças observadas a partir de 1950 não possuem precedentes em milênios, as quais têm relação direta com a influência antrópica sobre o balanço de energia da Terra (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023).

Parâmetros climatológicos, como temperatura da superfície do mar (TSM), precipitação, pressão atmosférica e temperatura do ar têm demonstrado grande variabilidade espacial, temporal e de amplitude em relação às normais climatológicas estabelecidas, mesmo que parte dessa variação seja explicada por variabilidades naturais. Apesar de diversos fenômenos atuarem globalmente de forma natural e comporem sistemas de interação que podem ter diferentes tipos de impactos no clima, como é o caso do El Niño - Oscilação Sul (ENOS), já há evidências de que parte da variabilidade observada possui componentes que estão diretamente ligados à ação antrópica (Wallace; Hobbs, 2006).

Variabilidades em escala interanual que estão associadas ao fenômeno ENOS, e interdecadal associadas à Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), apesar de serem de origem natural, possuem mudanças sendo observadas em algumas de suas características, como amplitude, frequência e padrão espacial, as quais podem afetar os elementos climáticos globais com efeitos variados dependendo da região, promovendo impactos imprevisíveis, que antes eram relativamente bem estabelecidos em diversas áreas do mundo (Capotondi et al., 2020). Em especial, o estudo dos dois fenômenos associados é importante, devido a sobreposições que amplificam ou atenuam as fases de ambos os fenômenos (Mantua; Hare, 2002).

À medida que o clima se torna mais quente, diversos elementos e processos são impactados e os sistemas de interação climática, como o sistema atmosfera-oceano, começam a ter seus mecanismos intensificados ou enfraquecidos (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023). Em estudos observacionais já estão sendo constatadas mudanças

significativas nos padrões do ENOS em relação ao tipo do evento, com o ENOS Modoki mais frequente e o ENOS canônico mais extremo (Cai et al., 2021).

Na América do Sul, o ENOS afeta diretamente a distribuição e intensidade das chuvas, causa anomalias de temperatura e até mesmo desloca o período chuvoso de acordo com o tipo de evento e fase. Especificamente no Brasil, esses efeitos são predominantes e bem estabelecidos nas regiões Sul e Nordeste, em que durante eventos de El Niño ocorre um período mais chuvoso e seco, respectivamente, e durante eventos de La Niña espera-se efetivamente o oposto (Cai et al., 2020). No Sudeste do Brasil, que abrange a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), ainda foi observado que durante eventos de La Niña Modoki há uma estação chuvosa mais amena em relação ao evento canônico, mesmo que para o Sudeste os efeitos do ENOS não sejam bem definidos (Cai et al., 2020). Inclusive, eventos de seca no leste do estado de São Paulo na primavera podem ter forte relação com o ENOS (Gozzo et al., 2021), sendo o fenômeno um dos aspectos de influência do volume de chuvas na região.

Uma das maiores preocupações a respeito dos impactos das mudanças climáticas é em relação à incidência de eventos extremos, como ondas de calor, chuvas e ventos, e a resiliência da infraestrutura das cidades, uma vez que estes eventos têm se tornado cada vez mais frequentes (Kumar et al., 2021).

Já foi observado nos últimos anos que os eventos extremos de precipitação na RMSP têm se tornado mais frequentes e, conforme a cidade continua com a dinâmica de desenvolvimento, a população fica mais exposta a riscos relacionados a inundações e deslizamentos de terra, que também têm se tornado mais frequentes nas últimas décadas (Marengo et al., 2020).

É essencial que variações nos padrões do fenômeno ENOS sejam estudadas a fim de possibilitar a determinação de padrões de influência atualizados e como eles podem alterar os impactos sobre o clima regional. Ainda não está claro se as mudanças recentes em suas características têm alterado de forma significativa os impactos climáticos no Sudeste do Brasil, especialmente em regiões altamente urbanizadas. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo identificar as variações no fenômeno ENOS para verificar se já existe alguma alteração nos padrões deste fenômeno e de suas influências sobre a RMSP.

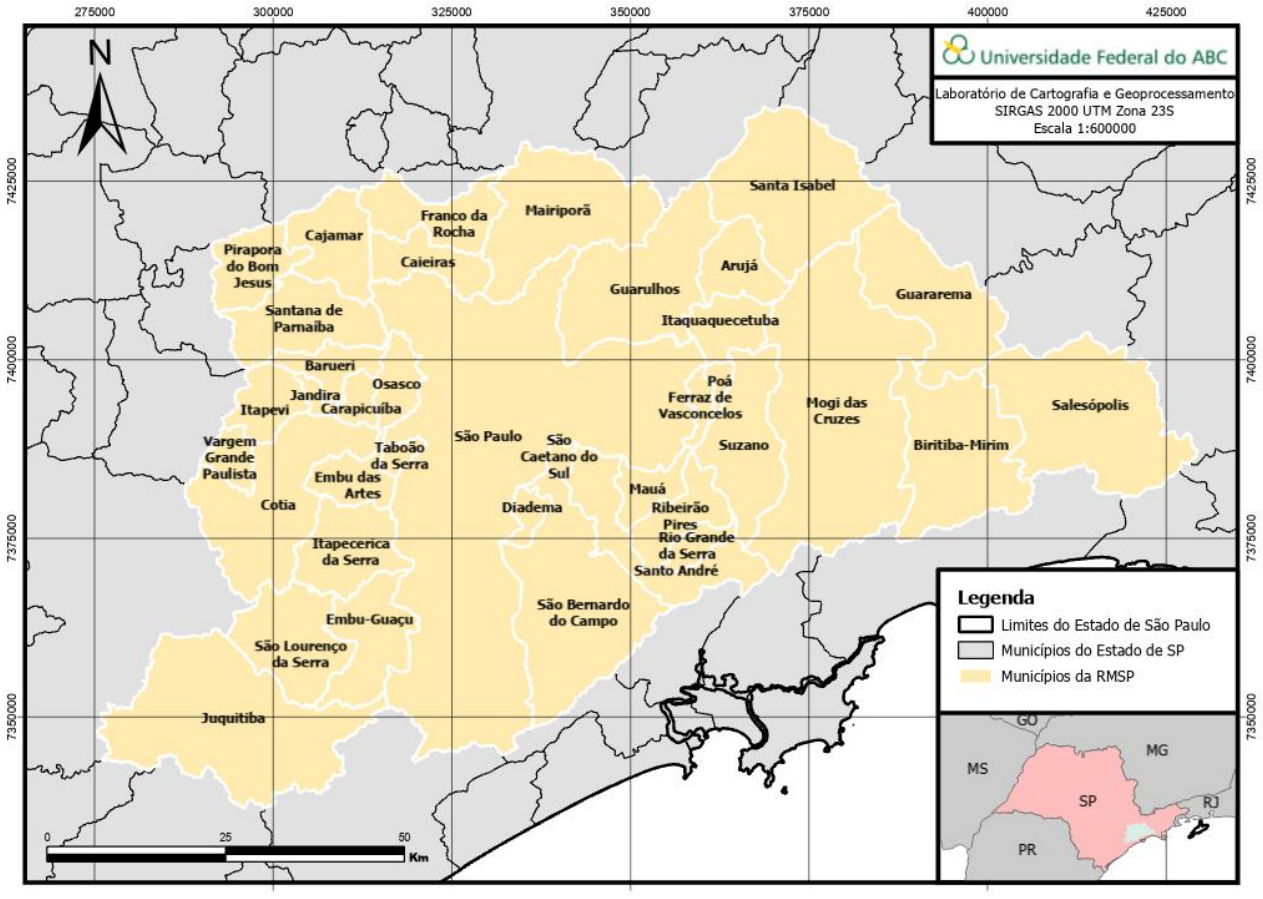
2. METODOLOGIA

Além da avaliação qualitativa, por levantamento bibliográfico, sobre as possíveis alterações do ENOS, foi realizado um estudo observacional, por análise estatística dos dados de precipitação e temperatura na RMSP e sua associação com índices do fenômeno ENOS.

2.1. Área de estudo

A área de estudo deste trabalho é a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Ela é um aglomerado de 39 municípios do Estado de São Paulo com cerca de 20 milhões de habitantes e que representam em conjunto 18% do PIB do Brasil, chegando a patamares de 1 trilhão de reais em 2014 com fortes contribuições dos setores de serviço e industrial (Antunes, 2018; Nicolau Ferreira; Lenardon, 2009). A Figura 1 ilustra a distribuição espacial dos municípios pertencentes à RMSP.

Figura 1 - Municípios da RMSP**.**



Fonte: Elaborado pelos autores.

O clima predominante na região é o tropical, tendo estações de verão quente e úmido e o inverno frio e seco, porém a área está localizada em uma zona de transição climática que recebe nos seus limites a classificação de Koppen Cwa e Af. Dessa forma, existe uma relativa variação das condições nas regiões mais próximas da costa, que costumam ser bem mais chuvosas, em relação às regiões mais continentais, que possuem invernos mais secos (Lima; Magaña, 2018). A respeito especificamente da precipitação, existe um gradiente na direção sudeste-noroeste que perdura durante todo o ano, em média, independente da estação do ano (Young; Nobre, 2011). Apesar de os impactos do ENOS sobre a precipitação não serem bem definidos para o sudeste brasileiro, as condições do Atlântico, na ausência de ENOS, interferem no regime de chuvas da região (Bombardi et al., 2014).

A região de estudo é de grande importância econômica e possui uma complexidade socioambiental relevante, sendo a maior metrópole brasileira e uma das maiores do mundo. Na RMSP está concentrada cerca de 10% da população do Brasil e boa parte das atividades industriais e financeiras do país, associadas a uma dinâmica metropolitana cada vez mais heterogênea e multissetorial (Young; Nobre, 2011).

2.2. Dados

Foram utilizados dados mensais de precipitação e temperatura da RMSP obtidos da Estação Meteorológica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP), localizada próxima ao Parque de Ciência e Tecnologia da Universidade de São Paulo (CienTec-USP) no bairro da Água Funda, na cidade de São Paulo.

Os índices ENOS considerados foram o Índice Oceânico Niño (*Oceanic Niño Index - ONI*), trimestral móvel (NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration, 2023a), e o Índice Trans-Niño (*Trans-Niño Index - TNI*), quinquemestral móvel (NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration, 2023b). O ONI foi utilizado como referência para a ocorrência do ENOS Canônico enquanto o TNI foi utilizado como referência para a ocorrência do ENOS Modoki. Estes índices foram escolhidos para compararmos padrões de ENOS com diferentes coberturas espaciais, a fim de analisar comportamentos possivelmente antagônicos, e abrangem o período de estudo de 1950 a 2022.

2.3. Padrão de precipitação e temperatura

Para investigar alterações no padrão climatológico sazonal da precipitação e da temperatura na RMSP, calculou-se médias mensais em dez diferentes períodos anuais: todo período (1950 a 2022) e nove períodos de 30 anos com a série iniciando a cada 5 anos (1953-1982, 1958-1987, 1963-1992, 1968-1997, 1973-2002, 1978-2007, 1983-2012, 1988-2017 e 1993-2022). Os períodos indicados também serviram de referência para outras análises.

As séries foram suavizadas através da remoção da tendência linear para minimizar a influência de tendências de longo prazo que podem estar relacionadas às mudanças climáticas. Foi utilizado o método de regressão linear por mínimos quadrados ordinários. Para tanto, considerou-se o período total para obtenção dos coeficientes linear e angular da equação de tendência.

2.4. Classificação de eventos do ENOS

Para fins de monitoramento e comparação histórica do tipo e da intensidade dos eventos ENOS, considerou-se critérios semelhantes aos aplicados em Kousky; Higgins, (2007). Essa classificação leva em consideração o cálculo de um novo valor *y* para o índice ONI em cada série trimestral, em que se divide o valor do índice pelo desvio padrão da respectiva série trimestral. Ainda, determinou-se a escala de intensidade conforme o valor *X* que corresponde a *2y*. Assim, neste trabalho, classificou-se ambos os índices, ONI e TNI, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação da intensidade dos eventos de ENOS segundo os índices padronizados**.**

Quadro de Intensidade de Eventos	
Intensidade do Evento	**Intervalo de novo valor do índice (X = 2*y*)**
El Niño Muito Forte	X >= + 4,0
El Niño Forte	+ 3,0 <= X < + 4,0
El Niño Moderado	+ 2,0 <= X < + 3,0
El Niño Fraco	+ 1,0 <= X < + 2,0
Fase Neutra	- 1,0 < X < + 1,0
La Niña Fraca	- 2,0 < X <= - 1.0
La Niña Moderada	- 3,0 < X <= - 2,0

Quadro de Intensidade de Eventos	
Intensidade do Evento	**Intervalo de novo valor do índice (X = 2*y*)**
La Niña Forte	- 4,0 < X <= - 3,0
La Niña Muito Forte	X <= - 4,0

Fonte: adaptado de Kousky e Higgins (2007).

2.5. Contagem e frequência de períodos

Os dados de temperatura e precipitação sem tendência linear foram categorizados através da metodologia dos quantis (Xavier; Xavier, 1987), de acordo com os valores propostos no Quadro 2, utilizando as mesmas classificações para a precipitação e temperatura. O período base para a determinação dos limiares foi a série 1950-2022.

Uma análise de frequência para cada categoria anômala de precipitação e temperatura foi aplicada associando-as aos tipos de episódios ENOS Modoki e Canônico. Essa análise foi realizada para verificar se há predominância de certas classes de temperatura e precipitação durante determinados eventos de ENOS.

A análise de frequência foi baseada na contagem da incidência dos eventos por período climatológico estabelecido.

Quadro 2 - Limiares quantílicos e classificação para precipitação e temperatura**.**

Quantis	Categoria para precipitação e temperatura
P <= Q15	Muito Seco e Muito Frio
Q15 < P <= Q35	Seco e Frio
Q35 < P < Q65	Normal
Q65 <= P < Q85	Chuvoso e Quente
P >= Q85	Muito Chuvoso e Muito Quente

Fonte: Adaptado de Xavier e Xavier (1987).

2.6. Correlações e significância estatística

Foi calculada a correlação simples pelo coeficiente r de Pearson das variáveis precipitação e temperatura com os índices ENOS (ONI e TNI), considerando períodos sem defasagem e defasados com 1, 2 e 3 meses dos índices precedendo as variáveis climáticas.

Essas correlações foram classificadas de acordo com os seguintes intervalos em módulo: para r >= 0.9 em muito fortes; para 0.9 > r >= 0.7 em fortes; para 0.7 > r >= 0.5 em moderadas; para 0.5 > r >= 0.3 em fracas e; para r < 0.3 em desprezíveis, de acordo com os critérios de Geng et al., (2022).

Por fim, foi avaliada a significância estatística através do teste T de Student, ao nível de significância de 0,05 e graus de liberdade n-2, para n correspondente ao número de anos considerados em cada série (Decremer et al., 2014; Geng et al., 2022).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

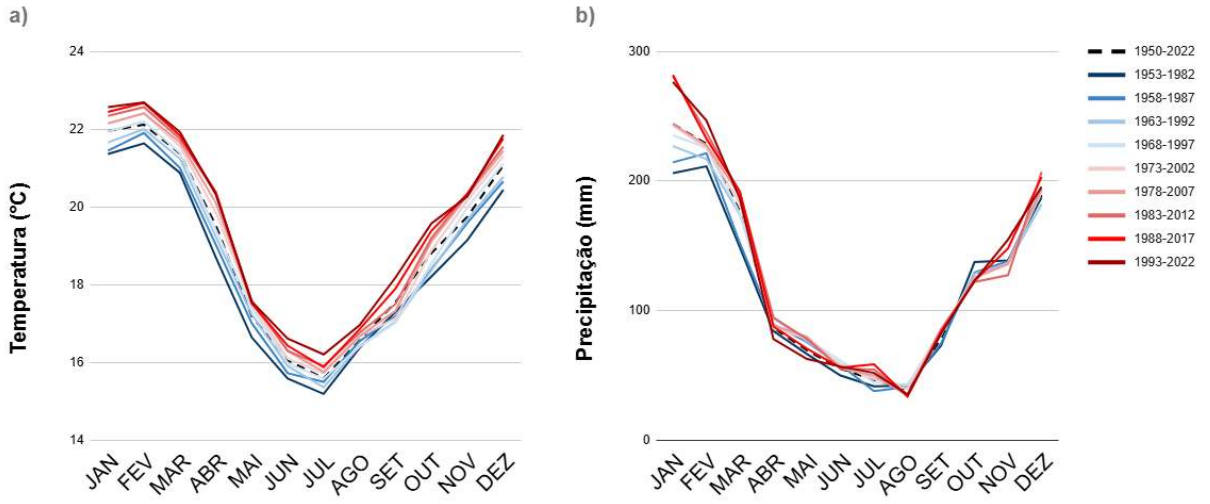
3.1. Séries climatológicas

As médias climatológicas nos diferentes períodos analisados estão apresentadas nas figuras 2-a e 2-b, sendo possível observar as variações nas amplitudes do ciclo sazonal de temperatura e precipitação, respectivamente.

Na Figura 2-a é possível observar que, conforme a série se torna mais recente, os valores das temperaturas médias mensais aumentam em todos os meses. Na média, houve um aumento de cerca de 1,1 °C desde a série 1953-1982 (mais antiga) até a série 1993-2022 (mais recente). Em especial, o mês de abril é o mais relevante nesse aspecto, pois teve um incremento de 1,6 °C.

Também é possível observar variações na precipitação (Figura 2-b) em relação ao avanço temporal das normais climatológicas, sendo essas variações mais acentuadas no início do ano. Os meses de janeiro e fevereiro são os que apresentam esse aumento de precipitação mais evidente, enquanto no restante do ano é mais sutil ou ainda nulo. Só em janeiro no período mais recente ocorreu um aumento de 34,2% de precipitação em relação à série mais antiga. E de forma pontual, julho possui quase o mesmo comportamento sendo que, apesar de ser um dos meses mais secos, apresentou uma variação positiva de 24,9% entre a série mais nova e a série mais antiga.

Figura 2 - Séries climatológicas de todos os períodos - a) temperatura (°C); b) precipitação (mm).



Fonte: Elaborado pelos autores.

De forma geral, esse resultado evidencia o que a maioria dos estudos têm apontado ao redor do mundo a respeito da tendência de aumento da temperatura da atmosfera (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023), principalmente nos meses de verão (Geng et al., 2022), associando tais mudanças à ação das mudanças climáticas globais. No entanto, mudanças no clima local também exercem influência sobre o estado médio da atmosfera, sobretudo em grandes cidades com o avanço da urbanização.

A precipitação possui uma variação que vai se acentuando desde o fim da primavera até o início do outono, sendo janeiro o mês com maior intensidade de variação, saltando de uma média de 206 mm na série mais antiga para 276 mm na série mais recente. Esse aumento pode estar associado à intensificação de sistemas convectivos típicos do verão, que podem ser influenciados pelo ENOS.

As mudanças na precipitação são as mais preocupantes, uma vez que outros estudos indicam uma tendência de concentração das chuvas, ou seja, um aumento em eventos pontuais extremos. Dado que o acumulado de precipitação mensal aumenta com a intensificação das chuvas concentradas, os eventos extremos serão ainda mais destrutivos, penalizando de forma mais relevante a infraestrutura das cidades, criando potenciais áreas de risco e tornando completamente inabitáveis as áreas de risco já existentes (Marengo et al., 2020).

Em relação à temperatura, sistemas locais e fenômenos como ilhas de calor poderão

se tornar mais intensos nos municípios mais urbanizados da RMSP, como a própria capital paulista.

3.2. Classificação de eventos de ENOS e análise de frequência

A distribuição de tipos de eventos ENOS observada tem variado ao longo das séries conforme se tornam mais recentes. Os quadros 3 e 4 mostram a ocorrência relativa de cada tipo de evento ENOS, ou seja, representatividade em relação ao total de períodos, de acordo com o período climatológico considerado.

Considerando o ENOS Canônico, é notável que os eventos fortes de El Niño vêm migrando consistentemente para eventos muito fortes nos anos mais recentes, ao passo que os eventos fracos e moderados de La Niña também aumentam de frequência. Desde a série mais antiga houve uma queda de 5,6 p.p. na representatividade dos eventos El Niños Fortes, mas com aumento 3,9 p.p. na ocorrência de El Niños Muito Fortes, enquanto La Niñas Fracas e Moderadas cresceram ,8 p.p. e 4,7 p.p., respectivamente. No entanto, destaca-se que não há variabilidade significativa na fase neutra, ou seja, a quantidade de períodos neutros ao longo das diversas médias climatológicas se mantém aproximadamente a mesma com pouco desvio em relação à série completa de referência. Além disso, os eventos mais extremos de maneira geral não sofrem tanta variação na sua representatividade ao longo dos períodos analisados.

É muito mais comum observarmos fases de El Niño Muito Forte do que La Niña Muito Forte, com cerca de 4,0% de ocorrência contra 0,1%, entretanto, de maneira geral, existe um equilíbrio de frequência das duas fases desconsiderando a intensidade, com 31,4% de incidência de El Niño e 34,1% de incidência de La Niña, no período total. Além dessas variações pontuais nas intensidades, há uma tendência no aumento da ocorrência das fases de La Niña em detrimento da diminuição das fases de El Niño. Só no último período houve um aumento de 10,1 p.p. de períodos de La Niña em relação à série mais antiga.

Tal resultado também é corroborado nas demonstrações de Cai et al., (2021) que mostram uma tendência no aumento da frequência de eventos extremos no futuro, entretanto com certas incertezas a respeito do tipo de evento que irá ocorrer e outras características ligadas a variabilidades em altas latitudes.

Quadro 3 - Representatividade de períodos de ENOS canônico de acordo com o ONI.

Normais Climatológicas	El Niño Muito Forte	El Niño Forte	El Niño Mode-rado	El Niño Fraco	Fase Neutra	La Niña Fraca	La Niña Mode-rada	La Niña Forte	La Niña Muito Forte
Série 1950-2022	4,0%	4,0%	7,5%	15,9%	34,5%	18,6%	9,5%	5,9%	0,1%
Série 1953-1982	1,7%	6,4%	8,6%	16,1%	36,9%	16,9%	7,5%	5,8%	0,0%
Série 1958-1987	3,6%	6,4%	8,6%	14,2%	39,7%	15,8%	6,1%	5,6%	0,0%
Série 1963-1992	4,2%	6,1%	9,4%	15,6%	33,3%	16,1%	7,2%	7,8%	0,3%
Série 1968-1997	5,3%	5,0%	7,2%	18,3%	33,3%	15,8%	6,9%	7,8%	0,3%
Série 1973-2002	6,1%	3,3%	7,5%	15,0%	34,4%	14,7%	8,3%	10,3%	0,3%
Série 1978-2007	6,1%	3,1%	7,2%	16,4%	39,2%	14,7%	7,8%	5,3%	0,3%
Série 1983-2012	5,3%	2,8%	7,8%	15,3%	32,5%	17,5%	10,6%	8,1%	0,3%
Série 1988-2017	6,1%	1,7%	6,1%	16,9%	34,4%	17,5%	8,9%	8,1%	0,3%
Série 1993-2022	5,6%	0,8%	5,3%	16,7%	31,4%	21,7%	12,2%	6,4%	0,0%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Maiores concentrações de fases La Niña nas séries podem estar relacionadas a outras variabilidades que estão ocorrendo na costa oeste do Pacífico, principalmente na interface com o oceano Índico. Entretanto, esse tipo de impacto e influência do oceano Índico sobre o ENOS ainda carrega uma série de incertezas uma vez que o conhecimento sobre os mecanismos associados é incompleto e não há consenso entre os pesquisadores, apesar de que o mais provável é de que um aquecimento nas águas do Índico possa contribuir para a formação de fases La Niña (Cai et al., 2021).

A ODP é outro fenômeno que pode estar associado à intensidade do ENOS, mas não exerce papel determinante na sua formação, como já demonstrado por Gershunov; Barnett, (1998), atuando apenas como um mecanismo modulador da intensidade do fenômeno no Pacífico Equatorial.

Diferentemente da relação de frequência do ENOS Canônico, para o ENOS Modoki existe uma predominância de períodos de fase La Niña, representando cerca de 42,0% de todos os eventos, sendo que 6,8% são eventos fortes ou muito fortes. No quadro 4 temos a representatividade de meses de cada fase e intensidade do ENOS Modoki.

Quadro 4 – Representatividade de períodos de ENOS Modoki de acordo com o TNI por série climática.

Normais Climatológicas	El Niño Muito Forte	El Niño Forte	El Niño Mode-rado	El Niño Fraco	Fase Neutra	La Niña Fraca	La Niña Mode-rada	La Niña Forte	La Niña Muito Forte
Série 1950-2022	2,6%	4,1%	6,3%	8,9%	36,1%	19,6%	15,6%	6,2%	0,6%
Série 1953-1982	0,0%	5,0%	7,2%	10,3%	47,2%	16,7%	11,9%	1,7%	0,0%
Série 1958-1987	2,5%	5,8%	6,1%	8,1%	44,2%	20,3%	11,4%	1,7%	0,0%
Série 1963-1992	3,1%	6,4%	6,4%	8,3%	33,1%	23,9%	15,8%	3,1%	0,0%
Série 1968-1997	4,4%	5,6%	6,1%	7,5%	30,6%	26,7%	13,9%	5,0%	0,3%
Série 1973-2002	6,4%	8,1%	6,1%	7,8%	26,4%	25,0%	13,3%	6,7%	0,3%
Série 1978-2007	6,4%	4,7%	2,5%	5,3%	25,3%	27,2%	18,9%	9,4%	0,3%
Série 1983-2012	6,4%	5,0%	5,3%	9,2%	22,5%	22,5%	18,1%	10,8%	0,3%
Série 1988-2017	3,9%	4,2%	5,0%	8,6%	22,8%	22,8%	20,6%	11,9%	0,3%
Série 1993-2022	3,3%	3,6%	4,7%	8,1%	26,4%	20,0%	20,6%	11,9%	1,4%

Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com os dados do quadro 4, foi possível observar que essa relação positiva para a La Niña tem se intensificado ao longo dos períodos analisados. De forma análoga ao que acontece com o ONI, existe um aumento da quantidade de períodos de La Niña independente da intensidade. Entretanto, esse aumento é mais contínuo e ocorre principalmente nos eventos moderados e fortes. A partir da Série 1963-1992 existe uma diferença positiva na frequência de La Niñas em relação a 1950-2022 com uma contribuição substancial de saltos na ocorrência de La Niñas Fracas, Moderadas e Fortes que resultou num aumento total de 23,6 p.p. de La Niñas Modoki entre a série mais antiga e a série mais recente. Diferentemente do que ocorre com o ENOS Canônico, esses resultados estão associados à diminuição da ocorrência de fases neutras, ou seja, os períodos mais recentes possuem uma representatividade muito menor de fases neutras do que as séries mais antigas, como podemos observar os exemplos das Séries 1953-1982 e Série 1993-2022 em que temos 47,2% e 26,4% de períodos, respectivamente.

Aqui vale uma consideração em especial a respeito dos períodos de La Niña forte que saíram de 1,7% nas séries 1953-1982 e 1958-1987 para 11,9% nas séries 1988-2017 e 1993-2022, com consideráveis incrementos nas séries intermediárias. Isso também se reflete nos eventos muito fortes da fase fria que só aparecem historicamente a partir de 1994 com a

concentração desses eventos em 2019. Apesar de poucos casos, eles ocorreram justamente a partir da evolução de um período de La Niña predominantemente moderado de 40 meses seguidos. De maneira geral, partiu-se de uma série (mais antiga) com cerca de 6,7% de representatividade de eventos fortes e muito fortes de ambas as fases para 20,3%. Em resumo, os eventos têm se tornado mais extremos e menos fases neutras têm ocorrido nos períodos mais recentes. Movimentos como esses podem estar associados a mudanças sistemáticas do estado médio do Oceano Pacífico.

Cai et al., (2021), indicou essa variabilidade interna como um fator observado e modelado, em que outras tipologias, como é o caso do ENOS Modoki, estão se tornando mais frequentes e com intensidades maiores. Algumas causas são exploradas por Wang et al., (2019), uma vez que foi avaliada uma intensificação do gradiente de TSM no pacífico central e uma tendência de mudança do centro desse gradiente cada vez mais para longe da região equatorial. Tal mudança implica em algumas incertezas e tendências a respeito das consequências que o evento pode trazer, principalmente sobre a precipitação das regiões afetadas que tende a migrar mais para o leste (Cai et al., 2021).

Como a ODP pode agir modulando a intensidade do ENOS, é provável que a alta incidência de La Niña Modoki possa estar relacionada a uma combinação de influências da ODP com a tendência de mudança do centro do gradiente de TSM, embora esse tipo de afirmação precise ser evidenciado.

3.3. Análise de frequência de temperatura e precipitação e associação com os tipos e fases do ENOS

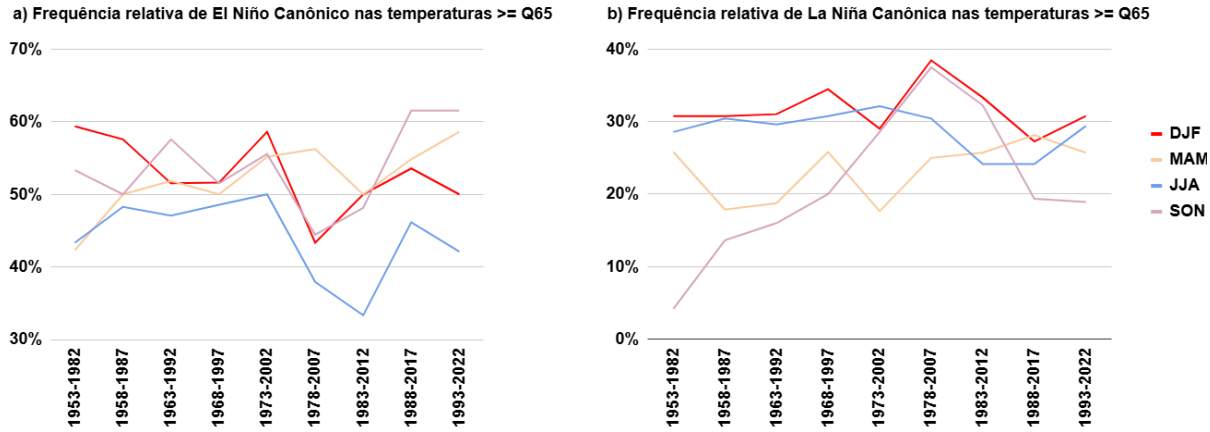
Foram observadas alterações nas frequências relativas das categorias de precipitação e temperatura associadas aos tipos de ENOS. Nas figuras 3 e 4 estão dispostos os resultados das frequências relativas dos períodos de ENOS Canônico e nas figuras 5 e 6 as frequências relativas dos períodos de ENOS Modoki, em que as variáveis de temperatura e precipitação estão acima do limiar quantílico de Q65. Já nas figuras 7, 8, 9 e 10 estão os resultados comparados com o limiar quantílico de Q35.

Para todas as estações do ano, principalmente nos períodos mais recentes, observou-se um aumento da frequência do El Niño Canônico em períodos chuvosos e muito chuvosos,

conforme a figura 4-a. Esse aumento foi ainda maior durante a primavera, cuja frequência saltou para mais de 50% destes eventos. Esse mesmo padrão não ocorre para a temperatura, que possui uma distribuição mais variável. Na figura 3-a é possível observar a concentração de eventos quentes e muito quentes diminuírem durante o verão, mas aumentarem na primavera.

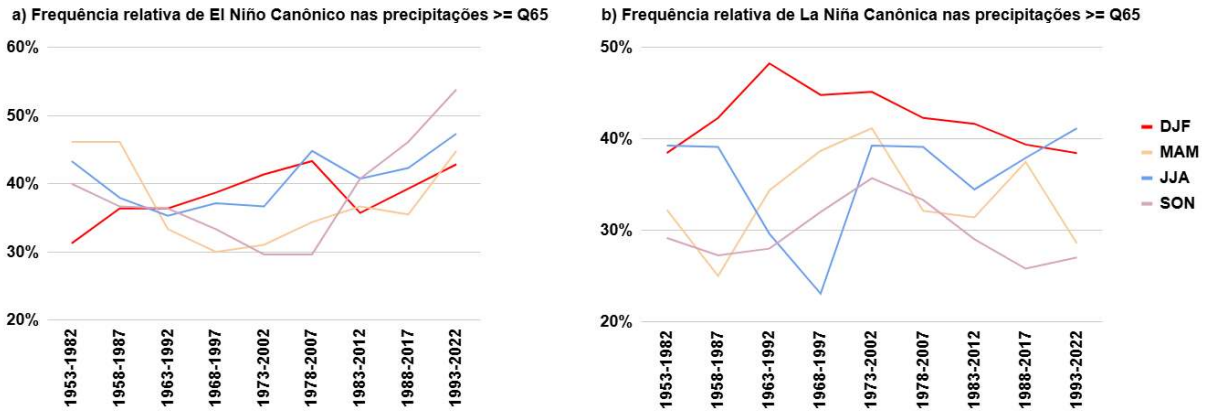
É importante ressaltar que uma série de fenômenos pode afetar as variabilidades de precipitação e temperatura, estando eles relacionados através de mecanismos que podem ser complexos (Cai et al., 2020), tendo diversas periodicidades, desde intrassazonais, como as ZCAS, ou interdecadais, como a ODP, ambas sofrendo ou exercendo interferências em outros fenômenos, como o ENOS. Todavia, de maneira geral, as precipitações anuais têm aumentado assim como as médias de temperatura da atmosfera, porém em velocidades diferentes, o que também pode ser observado em outras regiões do mundo com diversas configurações (Yang et al., 2018).

Figura 3 – Frequência relativa de ENOS canônico nas temperaturas maiores ou iguais a Q65 para as estações do ano – a) El Niño; b) La Niña.



Fonte: Elaborado pelos autores.

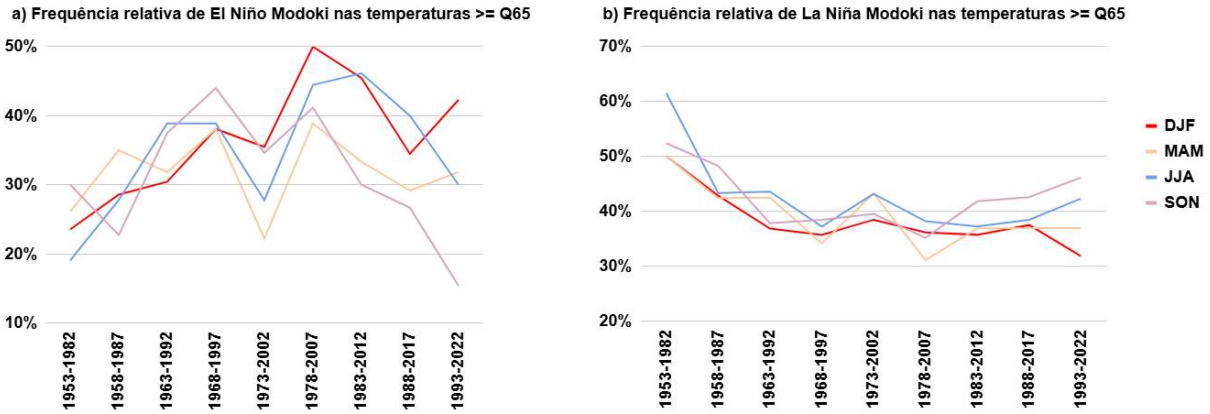
Figura 4 – Frequência relativa de ENOS canônico nas precipitações maiores ou iguais a Q65 para as estações do ano – a) El Niño; b) La Niña.



Fonte: Elaborado pelos autores.

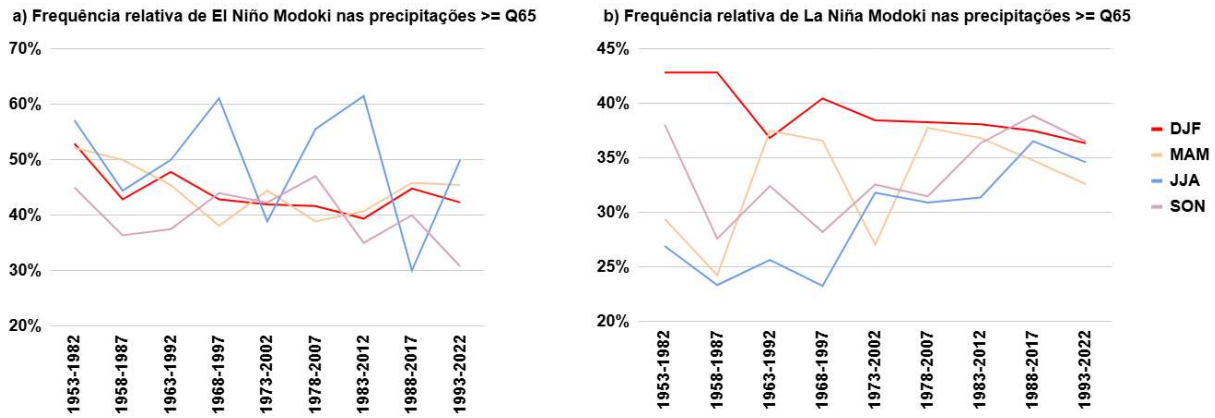
Para os períodos de La Niña existe uma maior estabilidade na frequência de eventos associados a períodos quentes e muito quentes em quase todas as estações, exceto a primavera que possui um período de grande crescimento e logo em seguida um início de queda (Figura 3-b). Para a precipitação, principalmente durante o verão e a primavera, essa frequência está diminuindo (Figura 4-b), e isso corrobora com o resultado observado para os períodos de El Niño.

Figura 5 – Frequência relativa de ENOS Modoki nas temperaturas maiores ou iguais a Q65 para as estações do ano – a) El Niño; b) La Niña.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 6 – Frequência relativa de ENOS Modoki nas precipitações maiores ou iguais a Q65 para as estações do ano – a) El Niño; b) La Niña.



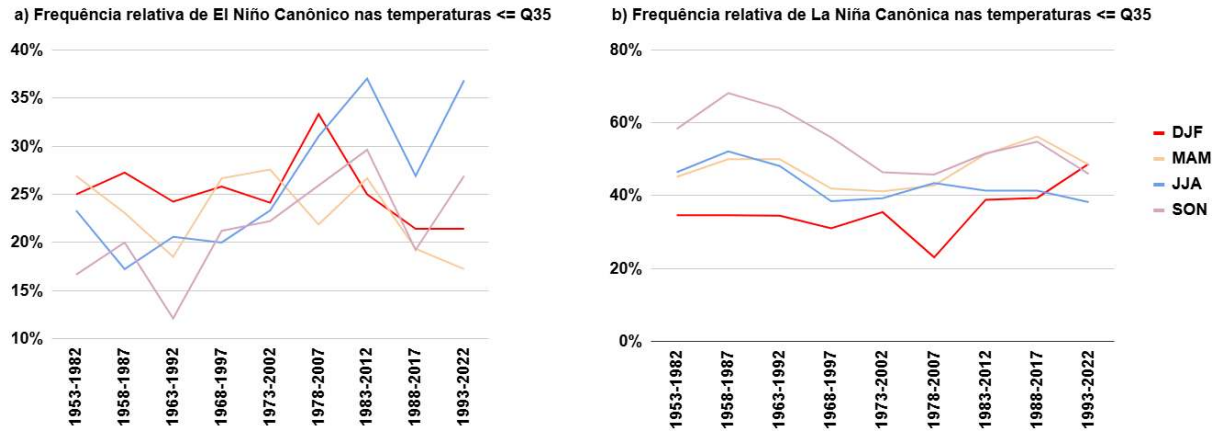
Fonte: Elaborado pelos autores.

Como observado, não há mudança significativa na frequência das fases neutras do ENOS Canônico, mas os eventos La Niña estão mais frequentes nas últimas décadas e os períodos mais chuvosos também estão aumentando. Menos períodos de El Niño Canônico estão sendo associados com maiores quantidades de eventos chuvosos no verão, podendo representar uma tendência crescente na influência direta do ENOS sobre a precipitação.

Em relação ao ENOS Modoki, também existe uma leve tendência alternada tanto na temperatura quanto na precipitação entre as duas fases, ou seja, positiva para o El Niño enquanto negativa para a La Niña na temperatura, e negativa para o El Niño enquanto positiva para a La Niña na precipitação. Observando os resultados de temperatura nas figuras 5-a e 5-b é notável a inversão de tendências principalmente no verão e no inverno, em que durante as fases de El Niño Modoki a concentração das temperaturas tende a aumentar conforme a evolução dos períodos analisados e durante a fase fria essa relação diminui.

Na precipitação, essa mudança é mais sutil na fase quente, mas muito bem evidente na fase fria do ENOS Modoki. Durante os meses de inverno os períodos chuvosos e muito chuvosos se tornaram cada vez mais frequentes, saindo de 27% para 35%. Porém essa relação diminui no verão da fase fria, saindo de 43% para 36%, conforme podemos observar nas figuras 6-a e 6-b.

Figura 7 – Frequência relativa de ENOS Canônico nas temperaturas menores ou iguais a Q35 para as estações do ano – a) El Niño; b) La Niña.



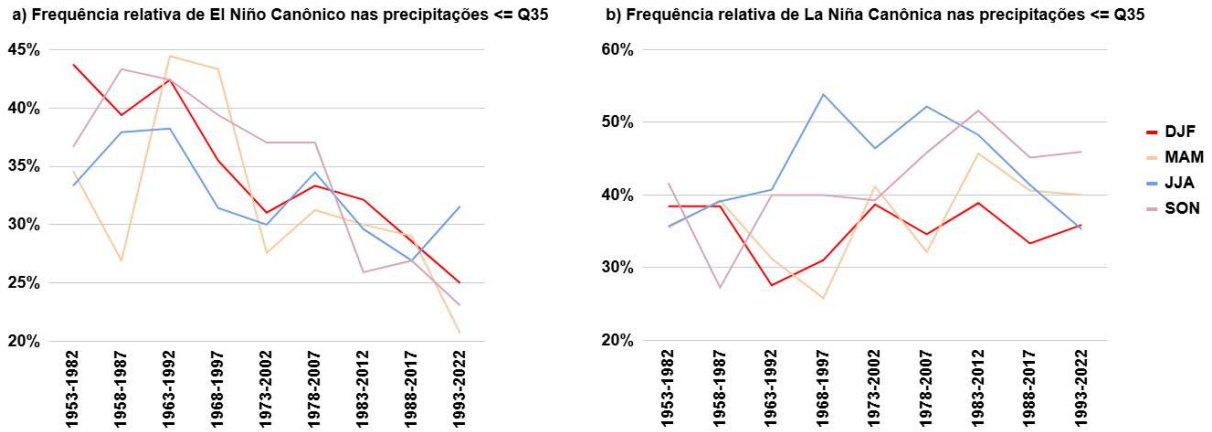
Fonte: Elaborado pelos autores.

Já em relação aos eventos extremos inferiores, ou seja, abaixo ou iguais ao limiar quantílico Q35, foi observada uma variação significativa em relação a temperatura e a precipitação nos eventos de El Niño Canônico (Figuras 7 e 8). A frequência de eventos El Niño associados a períodos secos e muito secos caem consistentemente em todas as estações do ano, principalmente no verão, indicando que a incidência de El Niños Canônicos pode estar associada cada vez mais a períodos com mais precipitação. Isso pode sugerir que há mudanças na posição e intensidade dos sistemas de convergência principalmente nos fluxos de transporte de umidade.

Em relação a temperatura ocorre justamente o inverso na primavera e no inverno, com a frequência de períodos frios e muito frios associados à El Niños Canônicos aumentado.

Nesses casos, é interessante avaliar posteriormente se essas relações estão sob influência de algum outro fenômeno e se intensificando devido a ele. Bombardi et al., (2014) observaram que anomalias na TSM do Atlântico podem influenciar a intensidade de precipitação sobre o sudeste da América do Sul, mas avaliaram esses aspectos sob períodos de ENOS Canônicos neutros.

Figura 8 – Frequência relativa de ENOS Canônico nas precipitações menores ou iguais a Q35 para as estações do ano – a) El Niño; b) La Niña.

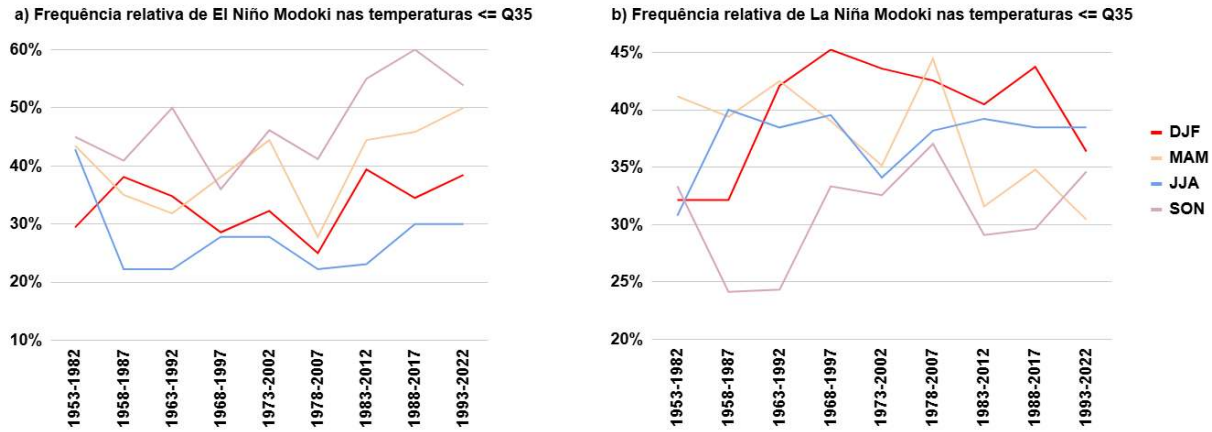


Fonte: Elaborado pelos autores.

Na primavera, por exemplo, a frequência relativa de El Niños Canônicos associados a períodos frios ou muito frios e associados a períodos secos ou muito secos cresce de 16% para 26% e cai de 36% para 24%, respectivamente.

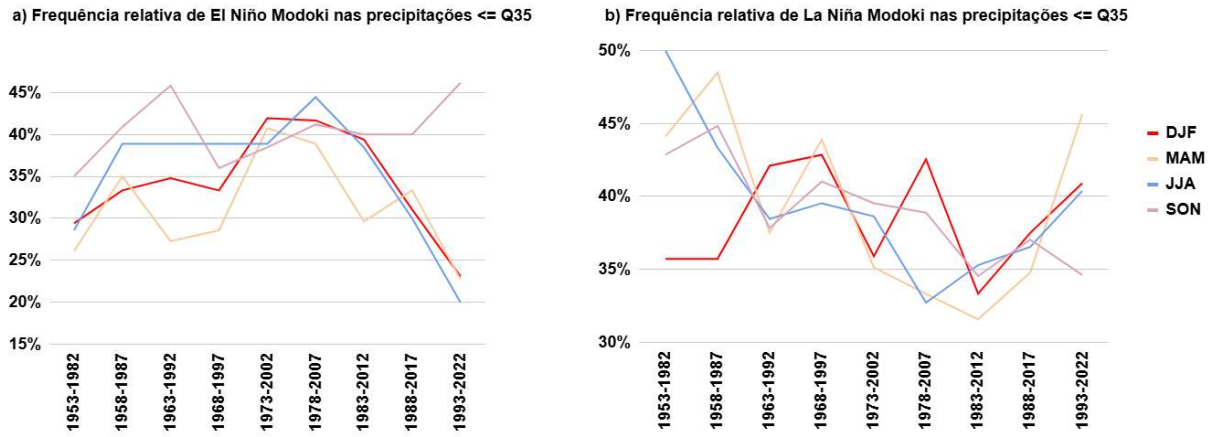
Tanto para as La Niñas Canônicas (Figuras 7-b e 8-b) quanto para o ENOS Modoki (Figuras 9 e 10) não temos variações consistentes e elas se apresentam de forma desordenada, sem um padrão aparente.

Figura 9 – Frequência relativa de ENOS Modoki nas temperaturas menores ou iguais a Q35 para as estações do ano – a) El Niño; b) La Niña.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 10 – Frequência relativa de ENOS Modoki nas precipitações menores ou iguais a Q35 para as estações do ano – a) El Niño; b) La Niña.



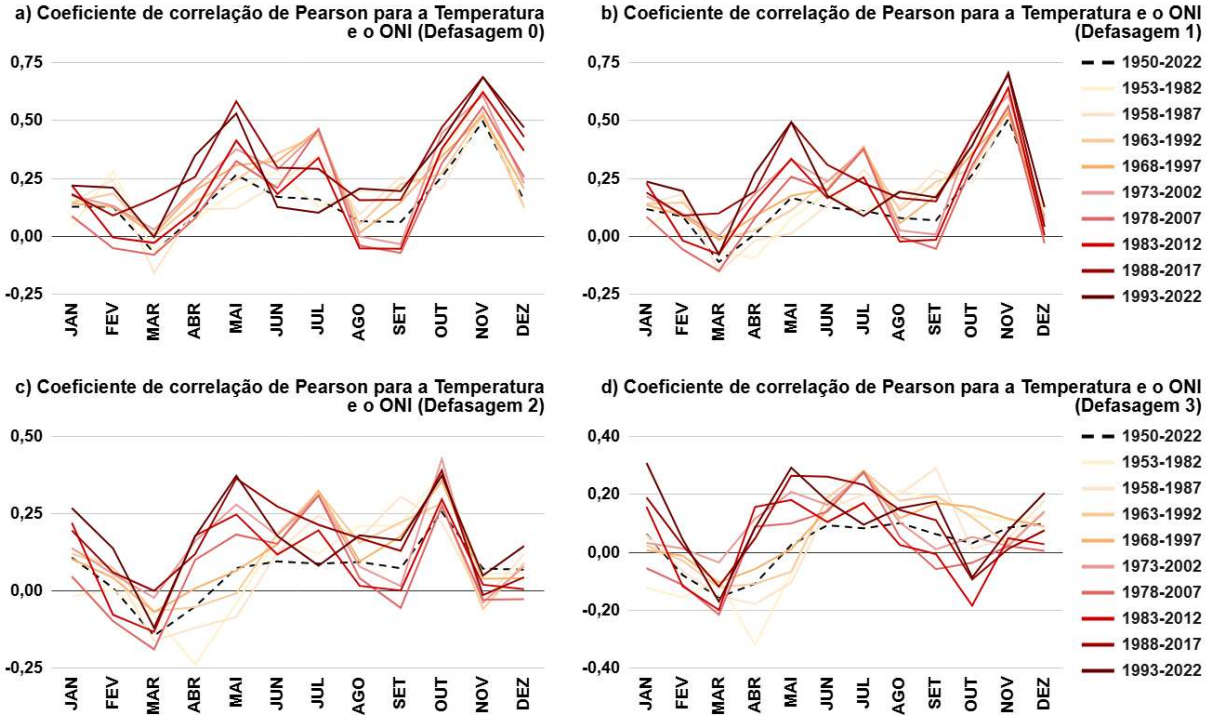
Fonte: Elaborado pelos autores.

3.4. Análise de correlação da temperatura e da precipitação com os índices ENOS

De modo geral, as correlações dos índices ENOS com a temperatura e a precipitação são baixas ou ainda desprezíveis para a maior parte dos meses. Ainda não foi observada qualquer relação de mudança temporal, uma vez que o aumento do coeficiente de correlação, ou sua diminuição, podem ocorrer alternadamente ao longo do tempo. Através do teste T de Student foi avaliado que para a série completa a correlação se torna significativa a partir de valores $r > 0,23$ ou $r < -0,23$ enquanto para as demais séries a correlação é significativa a partir de $r > 0,36$ ou $r < -0,36$.

Entretanto, dada a correlação de ONI com a temperatura (Figura 11-a), observamos que o mês de novembro se destaca devido ao aumento da correlação, que na média é moderada no período completo, e se torna cada vez mais forte ao longo do tempo tornando-se forte nas duas últimas médias climatológicas, e esse valor fica ligeiramente mais forte com defasagem de um mês (Figura 11-b). O mesmo ocorre com maio e outubro do ponto de vista da defasagem e do incremento de intensidade, migrando de um patamar baixo até um moderado nos últimos períodos. As últimas séries (1983-2012, 1988-2017 e 1993-2022) possuem correlação significativa (0,05 de significância) para os meses de maio e outubro sem defasagem e todas as séries possuem correlação significativa no mês de novembro com defasagem 0 e 1, em relação a temperatura e o ONI.

Figura 11 – Coeficiente de correlação de Pearson para temperatura e ONI de acordo com cada Normal Climatológica. a) defasagem 0; b) defasagem 1; c) defasagem 2 e; d) defasagem 3.



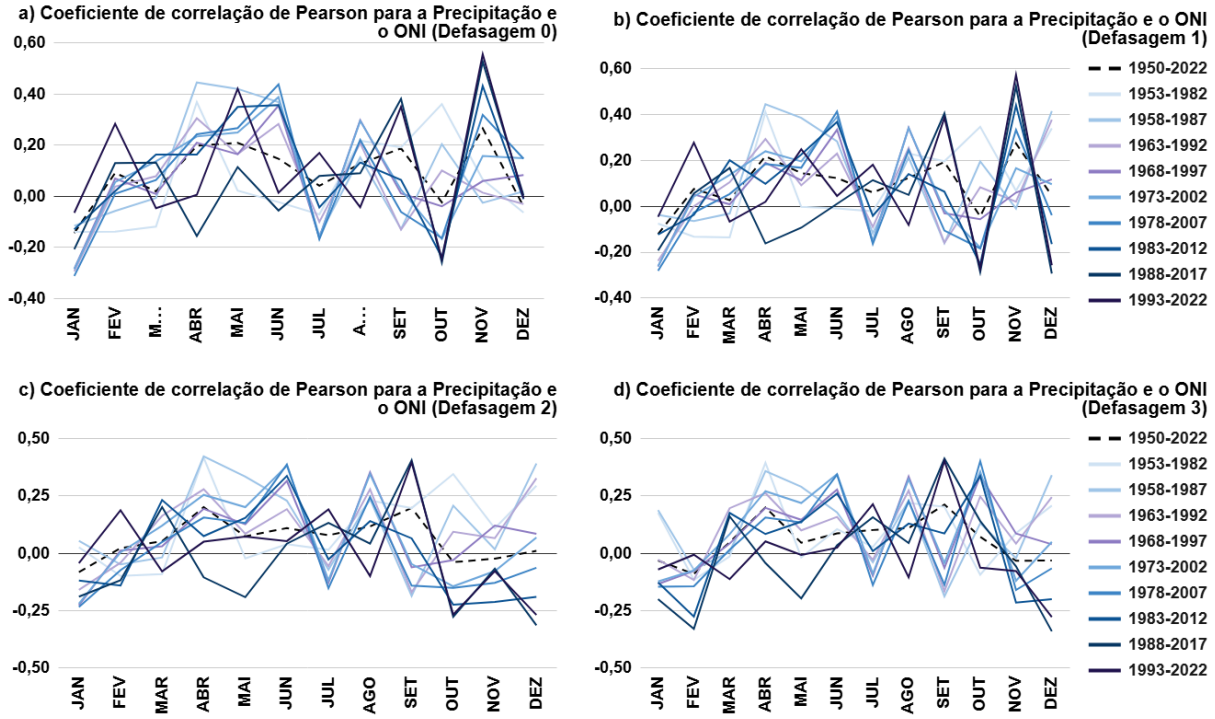
Fonte: Elaborado pelos autores.

Do ponto de vista da precipitação, conforme pode ser observado na Figura 12, novembro se destaca e possui o mesmo aspecto da defasagem observado na temperatura, porém os valores se tornam maiores, indicando uma correlação moderada e significativa nas últimas séries (1983-2012, 1988-2017 e 1993-2022). Todavia, nenhum outro mês possui uma correlação suficientemente alta, na verdade para a precipitação existe um aspecto muito mais caótico do que aquele observado na temperatura. Entretanto, existe uma tendência de aumento da correlação ao longo dos períodos analisados no final do verão e final da primavera. Essa relevância nas estações intermediárias pode estar relacionada a efeitos de variabilidade do próprio ENOS, uma vez que estudos já descrevem uma mudança de comportamento espacial do fenômeno (Cai et al., 2021). A intensificação dos gradientes de temperatura na região do Pacífico e do estado médio do oceano criaram uma tendência de movimentação dos impactos das fases do ENOS para leste na América do Sul. As correlações em novembro podem estar associadas a um período de maior influência do ENOS sobre a formação de sistemas de precipitação, enquanto existe uma concorrência dos impactos do ENOS, geralmente mais leves para o sudeste, em relação à influência de outros mecanismos.

Para a temperatura, a justificativa pode ser semelhante à da precipitação, porém de maneira geral o aquecimento do estado médio do Pacífico Central, que exerce influência sobre a intensidade do ENOS Canônico (Wang et al., 2019), pode intrinsecamente carregar um fenômeno mais generalizado de aumento de temperatura nas regiões de influência do Pacífico, com a atmosfera recebendo mais energia de um oceano mais quente. À medida que os efeitos do ENOS migram sentido leste, aos poucos o Sudeste começa a sofrer mais interferência de uma atmosfera mais aquecida.

Já em relação ao TNI as correlações com temperatura são menores e não possuem um padrão de evolução para a maioria dos meses, assim como para o ONI, e podem ser verificadas na Figura 13. Além disso, as correlações observadas mais relevantes ainda tendem a possuir um efeito inverso. Na temperatura encontramos correlações fracas ou desprezíveis na maioria dos casos. Entretanto, os meses de maio e junho possuem um padrão característico de aumento de correlação ao longo do tempo, quase atingindo patamares moderados, indicando que, apesar de ainda fraca, a correlação está com uma tendência de crescimento.

Figura 12 – Coeficiente de correlação de Pearson para precipitação e ONI de acordo com cada Normal Climatológica. a) defasagem 0; b) defasagem 1; c) defasagem 2 e; d) defasagem 3.

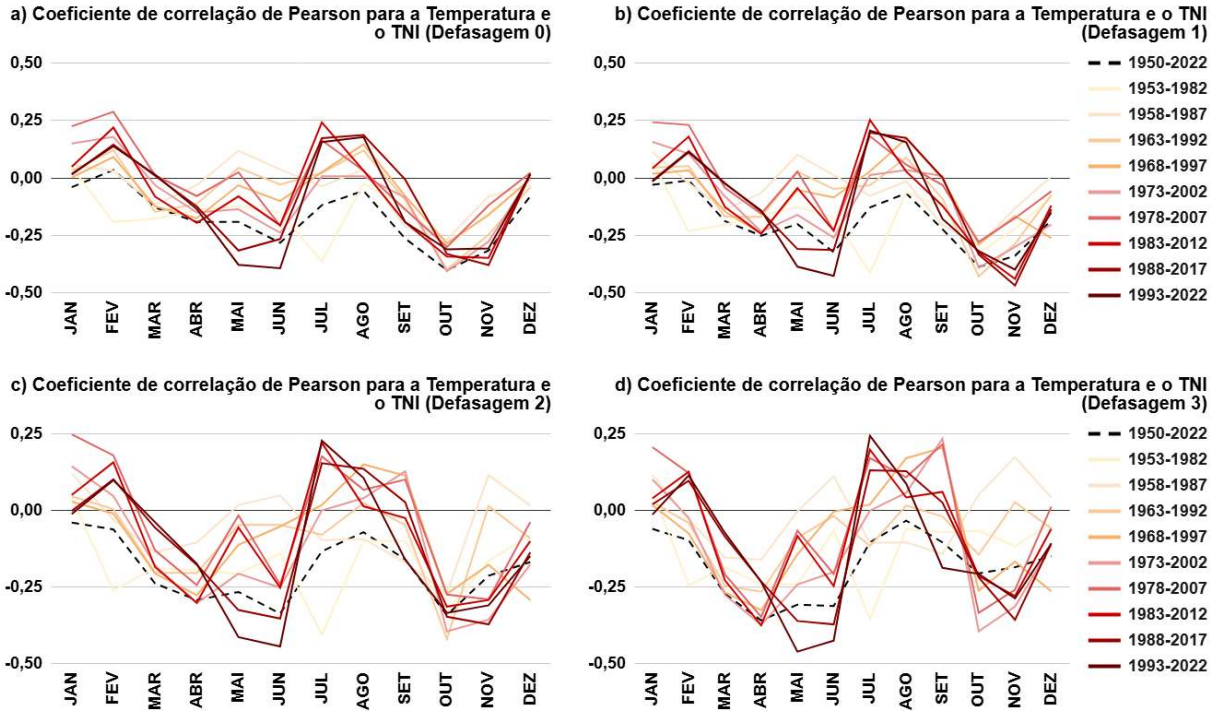


Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a precipitação os coeficientes são ainda menores do que para a temperatura,

entretanto existe uma tendência para quase todos os meses no sentido inverso, ou seja, de diminuir a correlação e eventualmente inverter o sinal conforme avançamos os períodos, valores que podem ser verificados na Figura 14. Todas as correlações são fracas ou desprezíveis, mas julho se destaca consideravelmente pois é o mês em que foi observado o comportamento geral das correlações com mais intensidade, uma vez que nas primeiras séries existia uma correlação positiva moderada que foi diminuindo ao longo dos períodos analisados até que se inverteu o sinal e mais recentemente está em uma correlação negativa desprezível, chegando até níveis fracos considerando a defasagem de 3 meses. Essa diminuição também ocorre nos meses de junho, setembro, outubro e novembro com menos intensidade, mas ainda assim considerável.

Figura 13 – Coeficiente de correlação de Pearson para temperatura e TNI de acordo com cada Normal Climatológica. a) defasagem 0; b) defasagem 1; c) defasagem 2 e; d) defasagem 3.

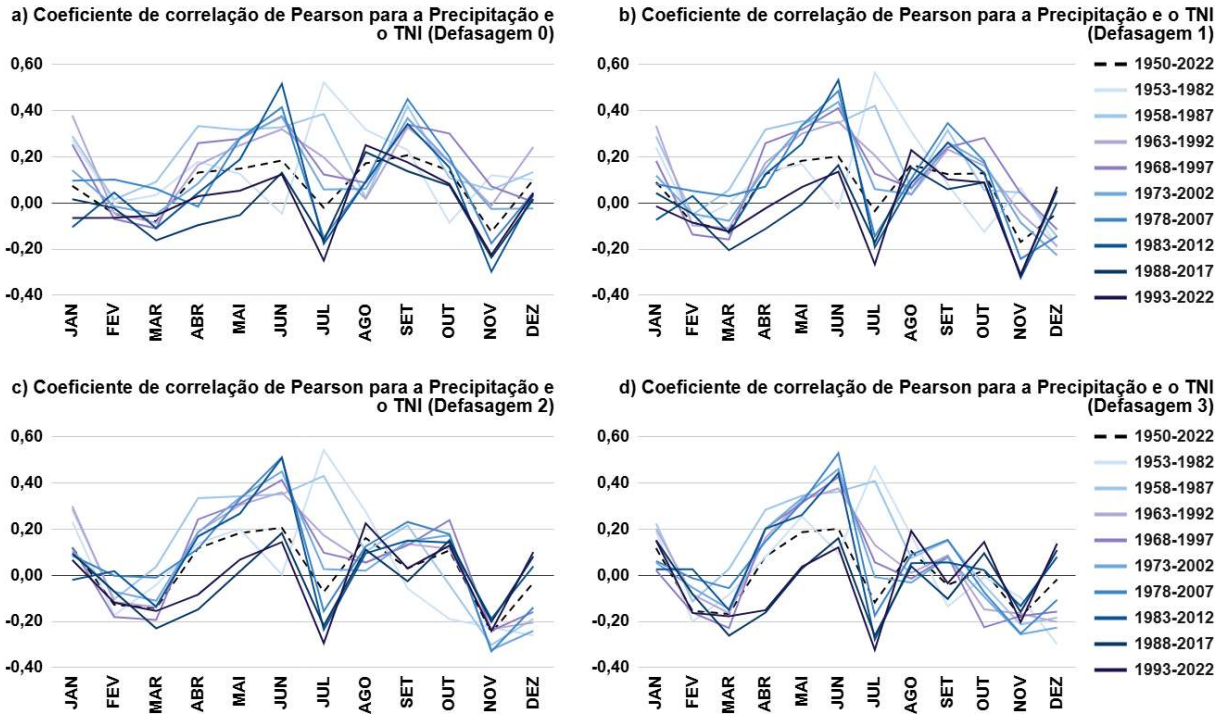


Fonte: Elaborado pelos autores.

Nos meses das estações de transição, como novembro e maio, existe uma correlação crescente entre ambas as variáveis de temperatura e precipitação com o índice ONI, indicando que à medida que as mudanças observadas acontecem, elas são cada vez mais influenciadas pelo ENOS Canônico. Entretanto, considerando o ENOS Modoki através do TNI, essa correlação aumenta no sentido oposto no inverno, principalmente em julho na precipitação e

na transição do outono para o inverno na temperatura. Desse modo, o tipo de evento pode contribuir cada vez mais, ou prejudicar, a intensidade das chuvas, o que pode ser bem prejudicial ao inverno, uma vez que já é uma estação seca na região sudeste do país. Outros autores já haviam constatado de maneira generalizada que os eventos de ENOS canônico se tornaram mais intensos enquanto os de ENOS Modoki se tornaram mais frequentes (Shin et al., 2022), corroborando com os resultados observados neste estudo principalmente para as fases frias do ENOS Modoki e quentes do ENOS Canônico.

Figura 14 – Coeficiente de correlação de Pearson para precipitação e TNI de acordo com cada Normal Climatológica. a) defasagem 0; b) defasagem 1; c) defasagem 2 e; d) defasagem 3.



Fonte: Elaborado pelos autores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos indicam uma possível mudança na forma como diferentes tipos de ENOS influenciam o clima da RMSP, especialmente nas estações de transição, contribuindo para o entendimento dos impactos regionais do fenômeno em um contexto de mudanças climáticas globais. Esse comportamento pode estar relacionado à maior instabilidade atmosférica e à reorganização dos sistemas de circulação podendo tornar as estações de transição mais sensíveis ao ENOS.

O ENOS Modoki foi o que apresentou as maiores variações de frequência e intensidade, predominantemente na fase fria, com redução dos períodos neutros e um aumento na frequência e na intensidade de La Niñas.

Observa-se que as consequências do ENOS na RMSP têm se intensificado em determinados períodos do ano, sobretudo na primavera, o que pode indicar a consolidação de um padrão recorrente.

Também se verificou que o El Niño canônico está mais associado a períodos chuvosos e muito chuvosos e menos associado a períodos secos e muito secos, sugerindo uma relação ou influência crescente do ENOS sobre a precipitação no sudeste brasileiro. El Niños canônicos também estão mais associados a períodos frios e muito frios no inverno e na primavera.

A possível influência do ENOS canônico sobre a precipitação e a temperatura no Sudeste também é evidenciada pelas correlações entre os índices na primavera, que apresentaram tendência de crescimento ao longo do tempo, atingindo patamares elevados no período mais recente da série.

Desse modo, os principais mecanismos meteorológicos de formação de chuva na RMSP podem estar sendo significativamente influenciados pelo ENOS, com possíveis alterações nos padrões de frequência, duração, intensidade e distribuição espacial. Considerando evidências semelhantes já descritas na literatura, torna-se fundamental aprofundar o estudo dessas variações em associação com diferentes tipos e fases do ENOS.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, Rodger. **A Economia da Região Metropolitana de São Paulo**. Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, p.28. 2018.

BOMBARDI, Rodrigo J. *et al.* Precipitation over eastern South America and the South Atlantic Sea surface temperature during neutral ENSO periods. **Climate Dynamics**, v. 42, n. 5–6, p. 1553–1568, 15 mar. 2014.

CAI, Wenju *et al.* Climate impacts of the El Niño–Southern Oscillation on South America. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 1, n. 4, p. 215–231, 10 abr. 2020.

CAI, Wenju *et al.* Changing El Niño–Southern Oscillation in a warming climate. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 2, n. 9, p. 628–644, 17 ago. 2021.

CAPOTONDI, A. *et al.* ENSO and Pacific Decadal Variability in the Community Earth System Model Version 2. **Journal of Advances in Modeling Earth Systems**, v. 12, n. 12, 18 dez. 2020.

DECREMER, Damien *et al.* Which significance test performs the best in climate simulations? **Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography**, v. 66, n. 1, p. 23139, 1 dez. 2014.

GENG, Tao *et al.* Emergence of changing Central-Pacific and Eastern-Pacific El Niño-Southern Oscillation in a warming climate. **Nature Communications**, v. 13, n. 1, p. 6616, 15 nov. 2022.

GERSHUNOV, Alexander; BARNETT, Tim P. Interdecadal Modulation of ENSO Teleconnections. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 79, n. 12, p. 2715–2725, dez. 1998.

GOZZO, Luis Felippe *et al.* Padrões Climatológicos Associados a Eventos de Seca no Leste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, n. 0, p. 321–341, 6 abr. 2021.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2021 – The Physical Science Basis**. *[S.l.]*: Cambridge University Press, 2023.

KOUSKY, V. E.; HIGGINS, R. W. An Alert Classification System for Monitoring and Assessing the ENSO Cycle. **Weather and Forecasting**, v. 22, n. 2, p. 353–371, 1 abr. 2007.

KUMAR, Nikhil *et al.* A novel framework for risk assessment and resilience of critical infrastructure towards climate change. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 165, p. 120532, abr. 2021.

LIMA, Gabriela Narcizo de; MAGAÑA, Víctor Orlando Rueda. The urban growth of the metropolitan area of Sao Paulo and its impact on the climate. **Weather and Climate Extremes**, v. 21, p. 17–26, set. 2018.

MANTUA, Nathan J.; HARE, Steven R. The Pacific Decadal Oscillation. **Journal of Oceanography**, v. 58, n. 1, p. 35–44, fev. 2002.

MARENGO, Jose A. *et al.* Trends in extreme rainfall and hydrogeometeorological disasters in the Metropolitan Area of São Paulo: a review. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1472, n. 1, p. 5–20, 13 jul. 2020.

NICOLAU FERREIRA, Andreia Regiane; LENARDON, Regiane. Estimativas trimestrais do PIB do estado de Sao Paulo. **Sao Paulo em Perspectiva**, v. 23, p. 5+, 2009.

NOAA - NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Oceanic Niño Index (ONI)**. Disponível em: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php>. Acesso em: 12 jun. 2023a.

NOAA - NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **TNI HadISST1.1: Standard PSL Format**. Disponível em: <https://psl.noaa.gov/gcos_wgsp/Timeseries/TNI>. Acesso em: 12 jun. 2023b.

SHIN, Na-Yeon *et al.* More frequent central Pacific El Niño and stronger eastern pacific El Niño in a warmer climate. **npj Climate and Atmospheric Science**, v. 5, n. 1, p. 101, 16 dez. 2022.

WALLACE, John M.; HOBBS, Peter V. **Atmospheric Science: an introductory survey**. *[S.l.]*: Elsevier, 2006.

WANG, Bin *et al.* Historical change of El Niño properties sheds light on future changes of extreme El Niño. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 116, n. 45, p. 22512–22517, 5 nov. 2019.

XAVIER, T. de Ma. B. S.; XAVIER, A. F. S. Classificação e Monitoração de Períodos Secos ou Chuvosos e Cálculo de Índices Pluviométricos para a Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia - Caderno de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 2, p. 7–31, 1987.

YANG, Song *et al.* El Niño–Southern Oscillation and its impact in the changing climate. **National Science Review**, v. 5, n. 6, p. 840–857, 1 nov. 2018.

YOUNG, Andrea F.; NOBRE, Carlos A. **Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo - Relatório Final**. São José dos Campos: *[S.n.]*. Disponível em: <www.nepo.unicamp.br>.