Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

A VULNERABILIDADE SOCIAL DA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL FRENTE À VARIABILIDADE CLIMÁTICA

The social vulnerability of the southeast region of Brazil in the face of climate variability

La vulnerabilidad social de la región Sudeste de Brasil frente a la variabilidad climática

Larissa Yumi Kuroki
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (CTA), Universidade Federal do ABC (UFABC)
larissa.yumi@ufabc.edu.br

Gabrielle Gomes Calado
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (CTA), Universidade Federal do ABC (UFABC)
gabrielle.calado@ufabc.edu.br

Aline Ramos de Sousa
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (CTA), Universidade Federal do ABC (UFABC)
aline.sousa@ufabc.edu.br

Bianca Nunes Calado
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (CTA), Universidade Federal do ABC (UFABC)
bianca.calado@aluno.ufabc.edu.br

Andrea Cardoso
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (CTA), Universidade Federal do ABC (UFABC)
andrea.cardoso@ufabc.edu.br

Maria Cleofé Valverde Brambila
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (CTA), Universidade Federal do ABC (UFABC)
maria.brambila@ufabc.edu.br

Resumo: Entender a relação da vulnerabilidade social frente aos efeitos da mudança do clima é de suma importância no contexto da adaptação e mitigação dos impactos desta mudança. O objetivo deste estudo foi correlacionar a precipitação (mm) e as temperaturas (ºC) máxima e mínima dos estados do Sudeste brasileiro no período de 2010 a 2019 com o índice de vulnerabilidade social na região. Para isso, caracterizou-se a variabilidade climática da área de estudo, posteriormente relacionando-a com o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) por meio de uma correlação simples de *Pearson* (r). Os resultados mostraram que, em termos de vulnerabilidade a eventos climáticos, o Sudeste brasileiro é, em geral, mais sensível e suscetível aos danos ocasionados pelas chuvas em comparação aos impactos decorrentes da variação de temperatura na região; e, quanto à correlação entre a variabilidade climática e a vulnerabilidade social, identificou-se relação positiva (valores até +0,51) entre a variabilidade e as chuvas persistentes típicas do fenômeno Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) - reiterando que a precipitação é uma variável meteorológica influente sobre a vulnerabilidade social no Sudeste e que a mudança global do clima pode influenciar negativamente o clima em escala regional e local e trazer danos à sociedade associados à sua resiliência e capacidade adaptativa.
Palavras-chave: Mudança do clima. Vulnerabilidade social. Região Sudeste.

Abstract: Understanding the relationship between social vulnerability and the effects of climate change is fundamental in the context of adaptation and mitigation of the impacts of this change. The objective of this study was to correlate precipitation (mm) and maximum and minimum temperatures (ºC) of the Brazilian Southeast states from 2010 to 2019 with the social vulnerability index in the region. For this, the climate variability of the study area was characterized, later relating it to the Social Vulnerability Index (IVS) through a simple Pearson correlation (r). The results showed that, in terms of vulnerability to climatic events, the Brazilian Southeast is, in general, more sensitive and susceptible to damage caused by rains compared to the impacts resulting from temperature variation in the region.; and, regarding the correlation between climate variability and social vulnerability, a positive relationship (values up to +0,51) was identified between the variability and the persistent rains typical of the SACZ phenomenon - reiterating that precipitation is an influential meteorological variable on social vulnerability in the Southeast and that global change of climate can negatively influence the climate on a regional and local scale and bring harm to society associated with its resilience and adaptive capacity.
Keywords: Climate change. Social vulnerability. Southeast region.

Resumen: Comprender la relación entre la vulnerabilidad social y los efectos del cambio climático es de suma importancia en el contexto de la adaptación y mitigación de los impactos de este cambio. El objetivo de este estudio fue correlacionar la precipitación (mm) y las temperaturas máximas y mínimas (ºC) de los estados del Sudeste brasileño de 2010 a 2019 con el índice de vulnerabilidad social de la región. Para esto se caracterizó la variabilidad climática de la zona de estudio, relacionándola posteriormente con el Índice de Vulnerabilidad Social (IVS) a través de una correlación simple de *Pearson* (r). Los resultados mostraron que, en términos de vulnerabilidad a los eventos climáticos, el Sudeste brasileño es, en general, más sensible y susceptible a los daños causados por las lluvias en comparación con los impactos resultantes de la variación de temperatura en la región.; y, en cuanto a la correlación entre la variabilidad climática y la vulnerabilidad social, se identificó una relación positiva (valores hasta +0,51) entre la variabilidad y las lluvias persistentes propias del fenómeno ZCAS - reiterando que la precipitación es una variable meteorológica influyente en la vulnerabilidad social en el Sudeste y que el cambio climático global pueden influir negativamente en el clima a escala regional y local y traer daños a la sociedad asociados con su resiliencia y capacidad de adaptación.
Palabras clave: Cambio climático. Vulnerabilidad social. Región Sureste.

Submetido em: 27/04/2022
Aceito para publicação em: 07/09/2022
Publicado em: xx/xx/20xx

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas representam um desafio complexo para as sociedades de todo o mundo, visto que as relações das cidades com as mudanças climáticas antropogênicas levaram a contribuição para o aumento da temperatura global e dificuldades na mitigação e adaptação, principalmente com as últimas evidências do 6° Relatório de Avaliação do IPCC (AR6), onde destaca-se que as concentrações atmosféricas de CO2 nos últimos anos foram as maiores em pelo menos 2 milhões de anos (IPCC, 2021).

Evidências cada vez mais robustas quanto aos impactos das mudanças climáticas nos sistemas humanos, ressaltam outros fatores não climáticos que já estejam influenciando a vulnerabilidade social – ou seja, fatores que tornam os indivíduos mais frágeis e suscetíveis aos riscos e contingências produzidos pelo contexto econômico-social (CANÇADO *et al.*, 2014). Quintão *et al*. (2017) e Valverde (2017) apresentam que extremos climáticos constituem uma ameaça potencial aos sistemas sociais e ecológicos, contribuindo para tornar pessoas e territórios mais vulneráveis à ocorrência destes eventos que, segundo o AR6, quando induzidos pelas atividades humanas são os principais motores das mudanças climáticas e da frequência e intensidade de extremos climáticos (IPCC, 2021).

O processo de urbanização acelerado e o crescimento populacional, levou a expansão das cidades muitas vezes para áreas impróprias à ocupação, sujeitas a situações de perigo e de risco a desastres naturais, como chuvas intensas - especialmente no verão - os quais estão associadas a inundações e deslizamentos de terra em vários municípios do Estado de São Paulo (SP), levando a muitos problemas ambientais. A intensificação de riscos gerados por ameaças ou processos ambientais, sobretudo no contexto de aumento de eventos climáticos extremos intensificados pela mudança climática, configura novos territórios de riscos sociais (possíveis eventos associados à violação de direitos e garantias fundamentais ou a atos lesivos a interesse comum) e climáticos (possíveis eventos associados à transição para uma economia de baixo carbono, intempéries frequentes e severas ou a alterações ambientais de longo prazo) (CANIL, LAMPIS e SANTOS, 2020; DOU, 2021; MOURA, CANIL e SULAIMAN, 2019).

A abordagem de risco está diretamente relacionada à gestão insustentável do meio urbano, produzindo áreas mais vulneráveis, cujo impacto recai sobre grupos socioeconômicos e sociodemográficos mais vulneráveis, constituindo ambos - risco e vulnerabilidade - a combinação de fatores sociais e ambientais (ESTEVES, 2011; MENDONÇA, 2011).

No estado de Minas Gerais (MG), Carpenedo (2018) e Dalagnol (2021), destacam que as maiores causas de impactos socioeconômicos estão relacionadas aos extremos hidrológicos acentuados nos meses de chuva, em especial no verão, que incluem inundações, alagamentos e deslizamentos de terra. O estado do Rio de Janeiro (RJ) também possui características de chuvas extremas, principalmente na temporada de Monções (dezembro – janeiro – fevereiro), e, como grande parte da sua economia depende da agricultura (assim como São Paulo e Minas Gerais), necessita-se fortemente do fornecimento de água ao passo em que é vulnerável aos danos causados pelo excesso de chuvas, inundações e deslizamentos de terra associados (BOERS *et al*., 2014), tornando-o um dos estados, junto à cidade de SP e MG, mais afetados com gastos dispendiosos devido aos desastres relacionados com excesso de chuva (CALADO *et al.*, 2020).

Por fim, o estado do Espírito Santo (ES), cujos meses mais chuvosos vão de dezembro a março, apresenta a ocorrência das maiores chuvas nesse período e, também nesses meses, os impactos de proporção ambiental e social são agravados – como deslizamentos de terras ou inundações, que acabam afetando as populações de baixa renda do estado. Investigações sobre a vulnerabilidade climática da região, para cenários climáticos futuros que consideram médias e altas emissões dos gases do efeito estufa (GEE), evidenciam o quão vulnerável o estado do ES pode ser aos extremos climáticos de precipitação e temperatura, aumentando ainda mais a sua vulnerabilidade social (SANTOS et al., 2019; CALADO *et al*., 2021).

Para quantificar a vulnerabilidade social, estudos científicos utilizam-se de índices determinados a partir de dados e indicadores demográficos, sociais, econômicos, de saúde, entre outros (MARTINS, 2012; TIBÚRCIO; CORRÊA, 2012), tais como o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS). O IVS, criado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) em parceria com outras instituições, permite observar situações de ausência ou insuficiência de alguns ativos no território brasileiro, identificando àqueles que se encontram em condição de vulnerabilidade social (IPEA, 2015). Estes índices são ferramentas potencialmente úteis para a compreensão da vulnerabilidade de uma determinada região e/ou população, bem como para desenvolver e priorizar estratégias de redução de vulnerabilidades, especialmente em seus espaços urbanos e grandes metrópoles, por oferecer outros olhares e ampliar os debates sobre vulnerabilidade social (IPEA, 2015).

Desta forma, a investigação da mudança climática e tendências em escala regional é de suma importância para a compreensão de sua influência na mudança do clima global, bem como identificar o que torna as cidades vulneráveis às mudanças climáticas evidentes e seus impactos para, assim, facilitar o planejamento de estratégias de adaptação ao clima (MAHER *et al*., 2020). Nesse sentido, o objetivo deste estudo é analisar o IVS e a sua relação com a variabilidade da precipitação e temperatura nos quatros estados da região Sudeste do Brasil - Espírito Santo (ES), Minas Gerais (MG), Rio de Janeiro (RJ) e São Paulo (SP).

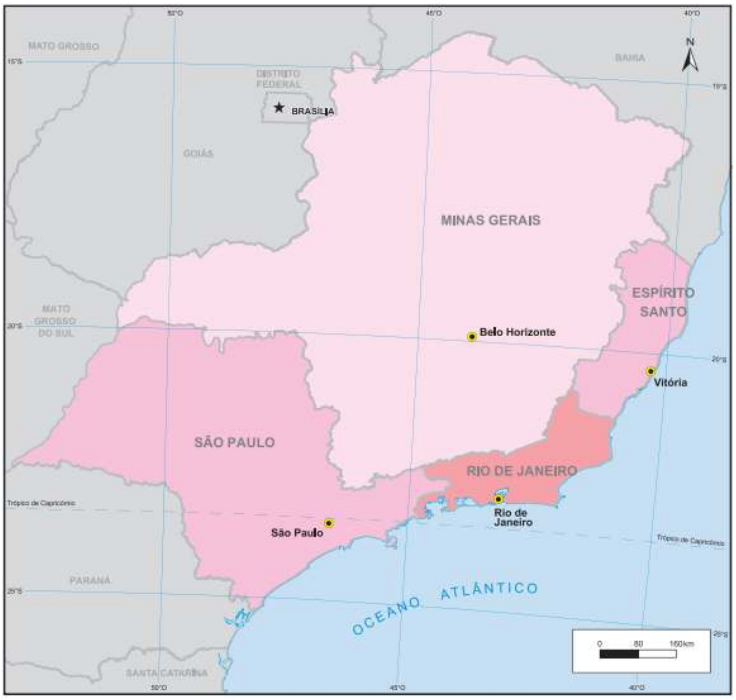
2. METODOLOGIA

2.1 Descrição da área de estudo

A Região Sudeste do Brasil está localizada em uma área que abrange características geográficas diversas. O relevo varia de planaltos, onde predomina o clima tropical de altitude, a planícies, encontradas nas costas, e cujo clima predominante é o tropical, com temperaturas altas, verão chuvoso e inverno de poucas chuvas. A vegetação é variável conforme o clima e, apesar de grande parte desta ter sido devastada na região em função da urbanização e expansão agrícola, o Sudeste é majoritariamente coberto pela Mata Atlântica, exceto em Minas Gerais, onde o Cerrado e a Caatinga são predominantes (EMBRAPA, 2021).

O presente estudo abrange os estados de Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, pertencentes à região Sudeste do Brasil, representados na Figura 1 (IBGE, 2021a). De acordo com estimativas do IBGE (2021b), a região conta com uma população de 89,6 milhões de habitantes, sendo 46,6 milhões do estado de São Paulo, 21,4 milhões de Minas Gerais, 17,5 milhões do Rio de Janeiro e 4,1 milhões do Espírito Santo. A população está distribuída em um território de 925 mil km² - 12% de todo o território nacional (IBGE, 2020). Por fim, as capitais dos estados são: Vitória, no Espírito Santo; Belo Horizonte, em Minas Gerais; já o Rio de Janeiro e São Paulo possuem capitais homônimas aos estados (IBGE, 2021).

Figura 1 - Divisão dos estados da Região Sudeste do Brasil

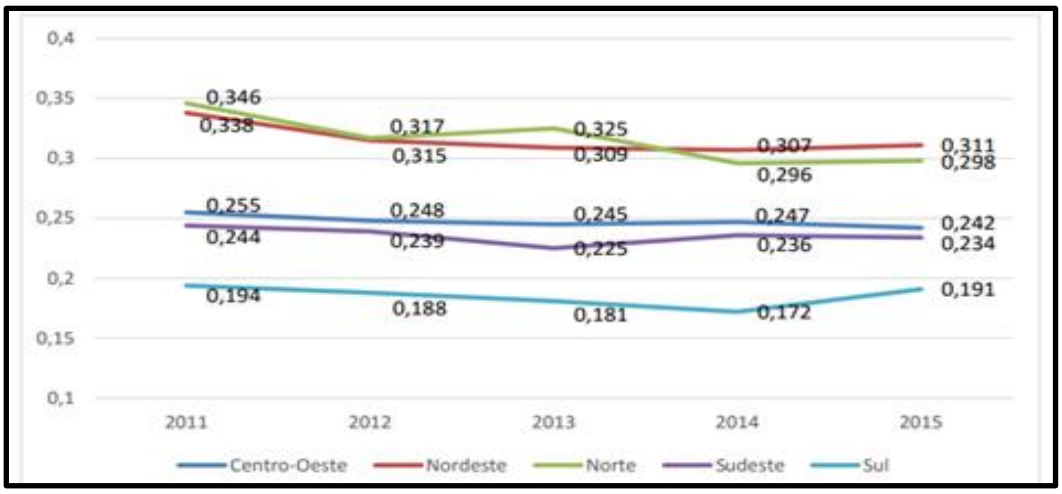


Fonte: IBGE (2021a).

O Sudeste é a região mais rica do país, sendo também a mais populosa e mais povoada, com a única megalópole brasileira: São Paulo. Como consequência da expansiva urbanização na região, o Sudeste é majoritariamente marcado por uma população urbana, residente em cidades, com grande diversidade étnica e cultural (EMBRAPA, 2021).

O IVS do Sudeste apresentou variações entre 2011 e 2015, conforme Figura 2, tendo registrado queda até 2013, aumento em 2014 e discreta redução em 2015 – mantendo-se abaixo dos menores valores registrados dois anos antes. O IVS Capital Humano teve segunda maior queda registrada no período (2011-2015) no Sudeste (11,61%), apenas atrás do Sul (17,7%) e, para o IVS Infraestrutura Urbana, a região apresentou ligeira redução também (7,1%), ainda que mais discreta em comparação ao restante do país. Já para o IVS Renda e Trabalho, destaca-se o aumento da vulnerabilidade em 9,4% no Sudeste, única região brasileira a enfrentar crescimento do índice para este fator (IPEA, 2015).

Figura 2 - Evolução do IVS nas macrorregiões brasileiras (2011-2015)



Fonte: IPEA (2015).

2.2 Dados utilizados

Para a caracterização do clima, variabilidade e extremos na área de estudo foram utilizados dados médios mensais (de domínio público) de precipitação, temperatura máxima e mínima, por estado, do banco de dados *TerraClimate*[1], extraídos com a plataforma *Climate Engine*[2]. A base de dados do *TerraClimate* fornece as séries de dados de temperatura máxima, mínima e precipitação para o período de 1958 a 2020 e combina normais climatológicas de alta resolução espacial do conjunto de dados *WorldClim*[3], dados do CRU Ts4.0 e da Reanálise Japonesa de 55 anos (JRA55). Os dados são importantes para estudos ecológicos, hidrológicos e climáticos globais que requerem informações de alta resolução espacial de cerca de 4 km (1/24 de grau) (ABATZOGLOU *et al.*, 2018). Esta base de dados garante uma série de dados sem falhas e inconsistências, além de uma extensão temporal maior que 30 anos.

A extração dos dados foi realizada pela criação de arquivos em *shapefile* através do *software ArcGIS* com o limite administrativo de cada um dos quatro estados da área de estudo, que foram carregados na plataforma *Climate Engine* para extrair os dados médios das variáveis climáticas apenas dentro dos limites estaduais especificados.

A vulnerabilidade social por estado foi representada neste estudo pelo Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), extraído do Atlas da Vulnerabilidade Social do Instituto de

[1] *TerraClimate*: https://www.climatologylab.org/terraclimate.html

[2] *Climate Engine*: https://climateengine.com/

[3] *WordClim*: https://www.worldclim.org/

Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (COSTA; MARGUTI, 2015). Foi considerado o IVS Geral – disponível na escala anual e para a década de 2010 a 2019, sendo que o IVS é construído a partir do Atlas de Desenvolvimento Humano (ADH) no Brasil, com 16 indicadores estruturados em três dimensões, e é composto pela média aritmética de três subíndices: I) IVS Infraestrutura Urbana; II) IVS Capital Humano; e III) IVS Renda e Trabalho, os quais permitem observar a ausência ou a insuficiência de ativos em regiões do território brasileiro (IPEA, 2015).

2.3 Descrição Metodológica

Para alcançar os objetivos, a metodologia deste estudo foi dividida em duas etapas:

I. **Clima, variabilidade e extremos de temperatura e precipitação, para o Sudeste (1958-2020), utilizando a base de dados do *TerraClimate:*** foi realizada a análise da sazonalidade pelas médias mensais calculadas para cada estado na região Sudeste, também se buscou a identificação de eventos extremos ao longo de todo o período por meio da elaboração de gráficos *boxplot* e identificação de outliers (extremos) para cada série histórica de dados mensais. Também foi realizada a análise da tendência linear anual e mensal, através da equação de regressão linear simples. Para a identificação de eventos extremos de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima foram construídos gráficos de *boxplots* dos dados médios anuais para os quatros estados analisados, no período entre 1958-2020. Essa ferramenta considera a assimetria e a variabilidade de um determinado conjunto de dados, onde os valores extremos são representados pelos outliers, calculados conforme Equação (1).

   (1) *outlier* ≤ Q_1-1,5.AIQ ≤ não-*outlier* ≤ Q_3+1,5.AIQ ≤ *outlier*, onde: Q é o quartil correspondente e AIQ é a amplitude interquartil.

II. **Relação da variabilidade climática na área de estudo com o IVS (2010-2019):** foi realizada uma análise do IVS em cada um dos estados do Sudeste para que, em posse de tais dados, fosse possível compará-los e discuti-los com a análise da relação entre a variabilidade climática e a vulnerabilidade social. Esta análise da relação entre as médias anuais de temperatura e precipitação acumulada com as séries anuais do IVS em cada um estado do Sudeste, no mesmo período (2010-2019), foi a última etapa da metodologia. Para

identificar a relação entre as variáveis estudadas, utilizou-se o método de correlação simples de *Pearson*, pelo qual calculou-se o coeficiente r, com base na Equação (2), para avaliação das relações entre cada uma das variáveis climáticas com o índice IVS.

(2)

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})\,(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum((x_i - \bar{x})^2)\,.\,\sum((y_i - \bar{y})^2)}}$$

Os valores dos coeficientes de correlação de *Pearson* obtidos foram analisados de acordo com o mesmo modelo de interpretação utilizado em Bisquerra *et al*. (2004), conforme apresentado na Tabela 1. Para os coeficientes negativos é considerada a mesma interpretação, porém com relação inversamente proporcional (correlação inversa/negativa).

Tabela 1 - Interpretação do valor do coeficiente de *Pearson* (r)

Valores de r (+ ou -)	Interpretação
r = 1	Correlação perfeita
0,9 < r < 0,99	Correlação muito forte
0,7 < r < 0,89	Correlação forte
0,4 < r < 0,69	Correlação moderada
0,2 < r < 0,39	Correlação fraca
0 < r < 0,19	Correlação muito fraca
r = 0	Ausência de correlação

Fonte: MACHADO (2019).

Para se utilizar o método da correlação de *Pearson*, no entanto, as variáveis de precipitação, temperatura máxima e mínima foram padronizadas segundo a metodologia *Z-Scores*, na qual cada variável tem seus valores subtraídos de sua média e, em seguida, divididos pelo desvio padrão do conjunto de dados. O objetivo desta padronização é garantir que as divergências em termos de ordem de grandeza dos valores com unidades de medida diferentes sejam eliminadas de forma a nivelar os valores antes da realização dos cálculos de correlação (BRAGA; ALBUQUERQUE, 2021).

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 Análises climáticas da precipitação e temperaturas com base nos dados do *TerraClimate*

Quanto às climatologias sazonais dos estados do Sudeste - precipitação (PREC), temperatura máxima (Tmáx) e mínima (Tmín) de 1958 a 2020 (62 anos) (Figura 3), observa-se que as maiores temperaturas e precipitações ocorrem no verão, de novembro a fevereiro em todos os estados, e os meses mais chuvosos também se encontram neste mesmo período.

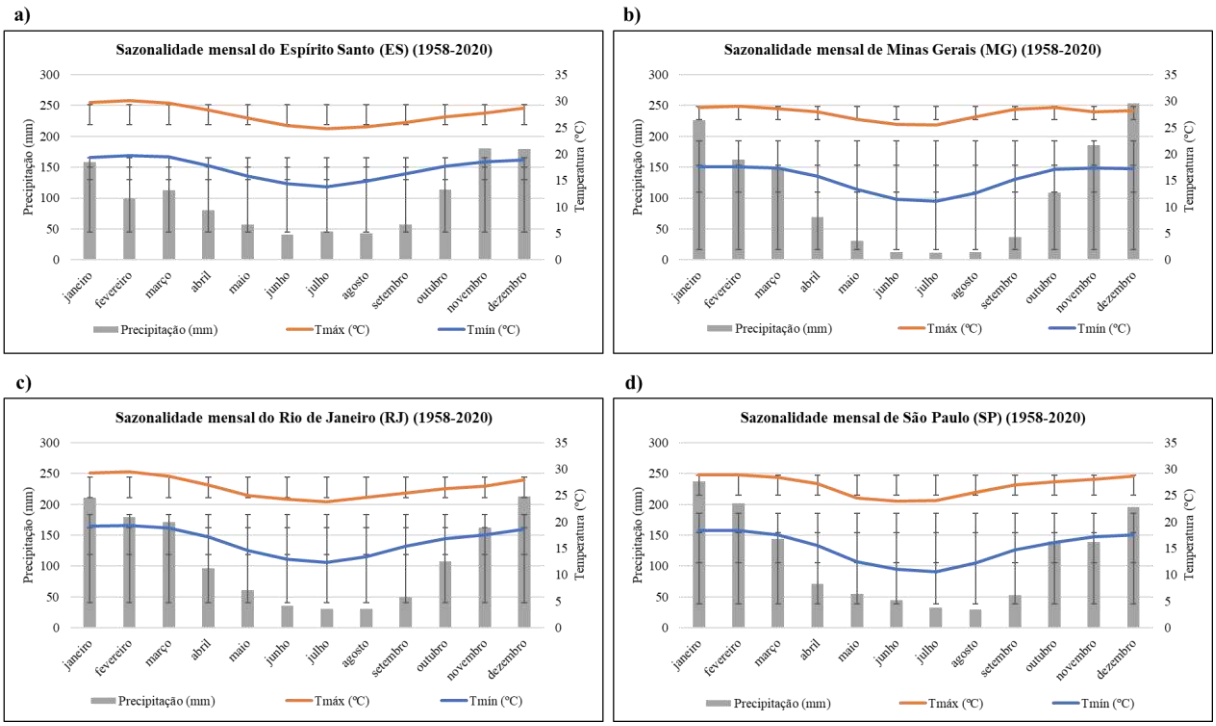
Para o Espírito Santo, a particularidade foi que em média para todo o estado, os meses de novembro (180,53 mm) e dezembro (179,93 mm) foram os que apresentaram as maiores precipitações. No estudo de Calado *et al*., (2021) que utilizaram dados observados (1970-2020) de precipitação para a cidade de Vitória em Espírito Santo, também foram encontrados os mesmos meses com as máximas precipitações. No que se refere à temperatura a média da amplitude térmica mensal entre a Tmáx e a Tmín é 10,2°C, considerando o mês de fevereiro (média de 30,1°C) como o mais quente e o mês de julho (média de 13,7°C) como o mais frio.

Em Minas Gerais, a média da amplitude térmica mensal é de 12,4°C, sendo fevereiro (média de 29°C) o mês mais quente e o julho (média de 11 °C) o mais frio; e sendo os meses mais chuvosos, dezembro (253,78 mm) e janeiro (226,41mm). Já no Rio de Janeiro, a média da amplitude térmica mensal é de 10,1°C, sendo o mês de fevereiro (média de 29,5°C) o mais quente e julho (média de 12 °C) o mais frio - assim como a precipitação, em que os meses de dezembro (212,97 mm) e janeiro (210,29 mm) são os mais chuvosos na região. Por fim, em São Paulo, a média da amplitude térmica mensal é de 11,7°C, destacando-se o mês de fevereiro (média de 28,9°C) como o mês mais quente e julho (média de 10,6°C) como o mês mais frio; quanto a precipitação, os meses mais chuvosos em São Paulo são, janeiro (236,84 mm) e fevereiro (201,77 mm).

Com base nos dados climatológicos para cada estado do Sudeste, apesar de Minas Gerais apresentar a maior amplitude térmica mensal (12,4°C), o Espírito Santo apresenta o mês mais quente em termos de média de temperatura mensal (30,1°C) e São Paulo, apresenta o mês mais frio (10,6°C). No geral, o Espírito Santo, de fato, é o estado que apresenta maiores temperaturas ao longo do ano, seguido do Rio de Janeiro, Minas Gerais e, por fim, São Paulo. Já em termos de precipitação, considerando as médias mensais de chuvas em cada um dos

quatro estados da região, é possível afirmar que o estado mais chuvoso é São Paulo, seguido de Minas Gerais e Rio de Janeiro, sendo o Espírito Santo o estado mais seco da região.

Figura 3 - Sazonalidade mensal nos estados do Sudeste brasileiro (1958-2020)



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A Figura 4 mostra a variabilidade interanual e a tendência da precipitação (mm), temperatura máxima (Tmáx) (°C) e mínima (Tmín) (°C) nos quatro estados do Sudeste, tendo sido observado uma tendência de aumento tanto na Tmáx, quanto na Tmín.

Com relação às precipitações, os resultados encontrados demonstram uma grande variabilidade ano após ano, com os maiores acumulados, superiores a 1600 mm destacados pelas setas vermelhas para os quatro estados em períodos distintos.

Salati *et al*. (2007), também constatou uma grande variabilidade em função da precipitação para a mesma região no período de 1961 a 2004, isso indica um ponto crítico em relação à oferta de recursos hídricos na região.

No Espírito Santo, o maior acumulado ocorreu em 1992 (1684,34 mm), seguido de 1985 (1658,45 mm); em Minas Gerais, 1983 foi o ano com maior acumulado de precipitação (1774,79 mm), seguido de 1979 (1692,04 mm); no Rio de Janeiro tais picos foram observados em 2009 (1793,35 mm), 1966, 1967 e 1983 - todos com valores muito próximos (1769,61 mm, 1766,90 mm, 1761,93 mm, respectivamente) e, em São Paulo, os maiores acumulados de

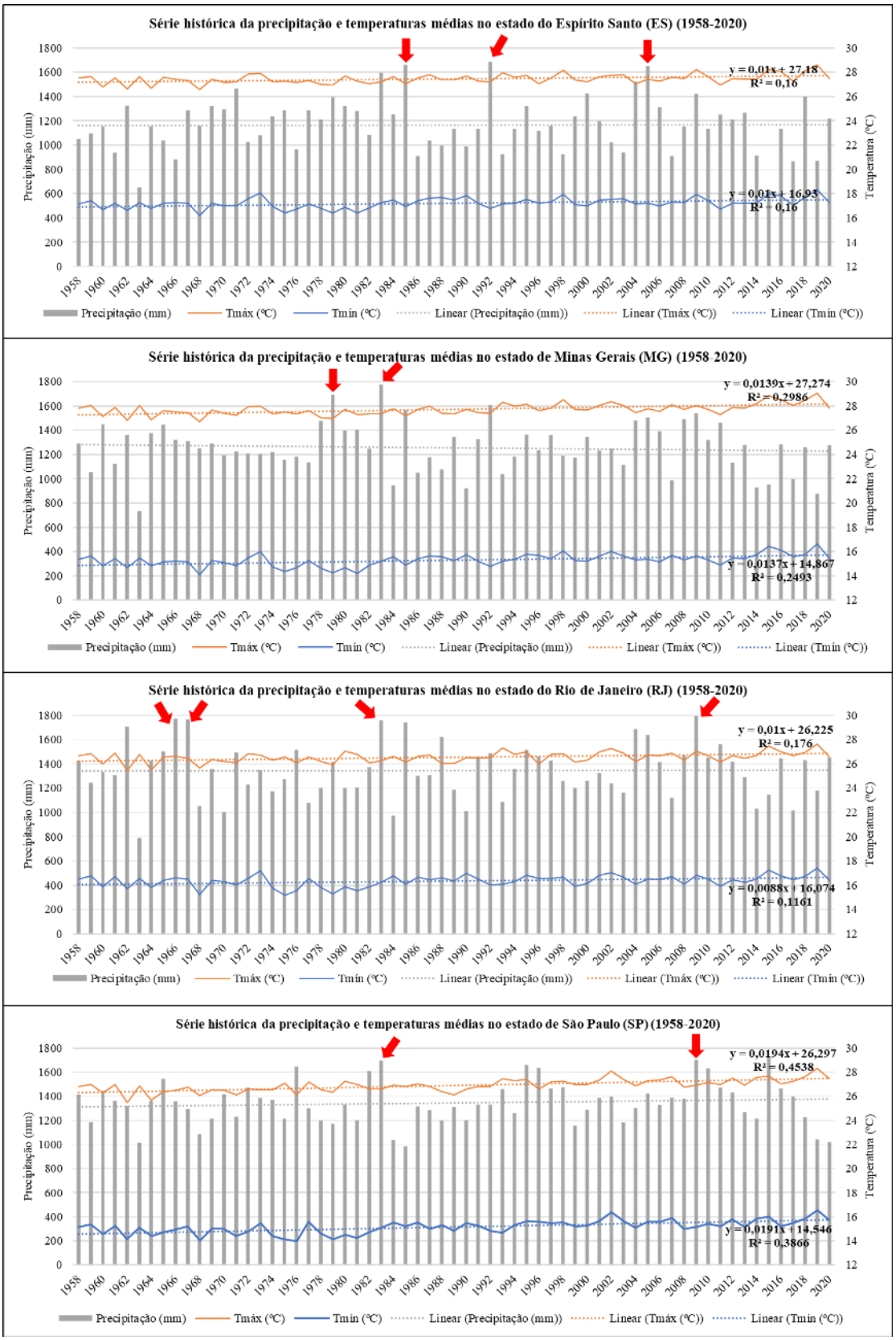
precipitação ocorreram em 2015 (1731,09 mm), 2009 (1703,32 mm) e 1983 (1699,56 mm).

No geral, os acumulados de precipitação não tiveram diferenças significativas entre os estados, sendo o ano de 1983 comum a três deles (MG, RJ e SP) como destaque quanto ao acumulado de chuvas no Sudeste, e 2009, comum a dois dos quatro estados (RJ e SP). De fato, 1983 e 2009 coincidem com ocorrências do *El Niño* no Brasil - fenômeno caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais do Pacífico, podendo mudar padrões de vento e, consequentemente, afetar os regimes de chuva nas regiões tropicais e de latitudes médias globais (Trenberth, 1997) - e diversos trabalhos apontam ao ano de 1983 como um evento do *El Niño* de intensidade forte, responsável por chuvas intensas no Sudeste, inclusive em períodos considerados secos, ocasionando eventos de inundações, enchentes prolongadas e deslizamentos de terra (CONTI, 1999; CALADO et al, 2019; FERREIRA e VALVERDE, 2022). Para os outros anos com os maiores acumulados de precipitação, observa-se a presença de condições de El Niño classificadas como forte em 1992 e 1966, moderada em 2009 e fraca em 1979 e 2005, reforçando a possibilidade de influência do padrão climático Oscilação El Niño-Sul no aumento de precipitação nestas regiões (SOUZA e REBOITA, 2021).

Em relação às temperaturas máxima e mínima, foi possível observar que, para os estados do Sudeste, há uma tendência de aumento para ambas entre 1958 e 2020. Mais especificamente, para o Espírito Santo, esta tendência de aumento é de 0,63°C tanto para a Tmáx quanto para a Tmín; em Minas Gerais essa tendência é de 0,87°C e 0,86°C para Tmáx e Tmín, respectivamente; no Rio de Janeiro, as tendências de aumento são de 0,63°C para Tmáx e de 0,55°C para Tmín; e, para São Paulo, tais valores são 1,22°C e 1,20°C, respectivamente.

Nota-se que a tendência de aumento nas temperaturas nos quatro estados do Sudeste variou bastante; no entanto, os estados que apresentam as maiores temperaturas tanto máximas quanto mínimas (ES e RJ), apresentam uma tendência de aumento da Tmáx e Tmín inferior a dos estados que atualmente apresentam as menores temperaturas máximas e mínimas (MG e SP). Com isso, pode-se dizer que tem havido um estreitamento nas temperaturas nos quatro estados do Sudeste com o passar do tempo entre 1958 e 2020.

Figura 4 - Variabilidade interanual da precipitação e temperatura máxima e mínima nos estados do Sudeste brasileiro para o período 1958-2020

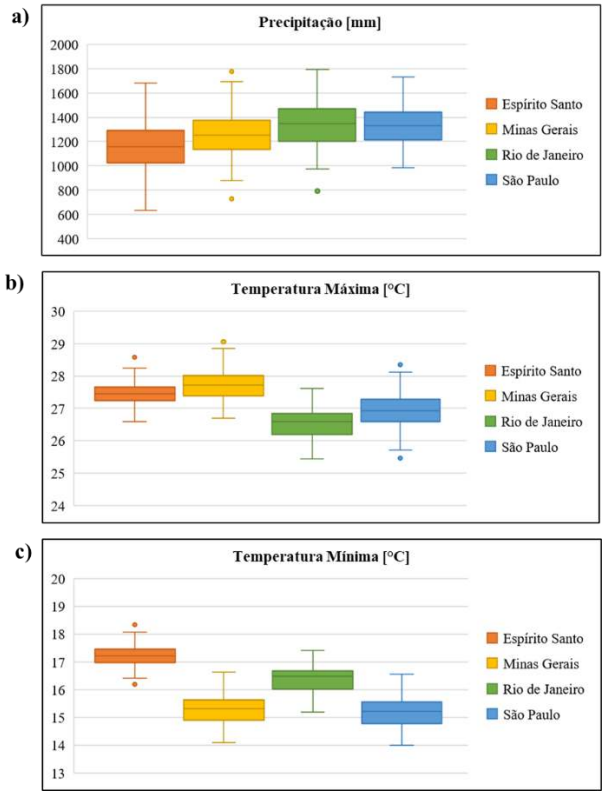


Fonte: Elaborado pelas autoras (2022).

A tendência positiva encontrada para o Sudeste com base no *TerraClimate*, tanto para a temperatura mínima quanto máxima, coincide com pesquisas para o Espírito Santo (REGOTO *et al*., 2018; CALADO *et al*., 2021), Minas Gerais (CARPENEDO 2018), Rio de Janeiro (PDSACC-RJ, 2021), São Paulo (MARENGO *et al.*, 2020) e todo o Brasil com tendência de aumento de temperatura (MARENGO *et al*., 2011; REBOITA, et al., 2014). Ainda, em escala global, o sexto relatório (AR6) do IPCC (2021) divulga que o aumento na temperatura média da superfície global está em 1,09°C de 2011 a 2020, em relação aos níveis pré-industriais (1850-1900).

A Figura 5 apresenta gráficos *boxplot* de identificação de eventos extremos de precipitação, temperatura máxima e mínima dos dados médios anuais para todos os estados.

Figura 5 - Variabilidade interanual da precipitação e temperatura máxima e mínima nos estados do Sudeste brasileiro para o período 1958-2020



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A partir da análise dos gráficos *boxplot* de precipitação (Figura 5a), identificam-se valores medianos de precipitação anual similares para o RJ e SP, próximas a 1350 mm em todo o período analisado, assim como dispersão e limites extremos semelhantes. Já para o ES e MG, as medianas de precipitação são mais baixas, em torno de 1150 mm para o ES e 1250 mm para MG, sendo que o ES apresentou a menor dispersão de dados.

Também foi possível identificar os eventos extremos de precipitação anual média correspondentes aos *outliers* representados como pontos nos gráficos. Apenas MG e RJ apresentaram anos em que houve eventos extremos de precipitação. Para o RJ foi identificado o ano de 1963, que pode ser caracterizado como um ano de extrema seca, apresentando uma precipitação anual média de apenas 792 mm. Já para MG foi observado um evento extremo de seca também no ano de 1963, com precipitação anual média de 728 mm, e um evento extremo de chuvas no ano de 1983, apresentando uma precipitação anual média de 1774 mm.

Minuzzi *et al.* (2007) também encontraram para um estudo no Sudeste do Brasil que em MG, mais precisamente nas regiões Norte e Vale do Jequitinhonha, a época das chuvas inicia-se mais tarde (fim de outubro) do que nos outros três estados (meados de setembro) e a duração do período chuvoso apresenta padrão similar, ou seja, o período de chuvas em MG é relativamente mais curto no estado mineiro comparado ao resto do Sudeste, evidenciando forte relação entre o início e a duração do período chuvoso na região - padrão preocupante pois existem evidências de que o período de chuvas tem se iniciado antes e durado mais.

A partir da análise dos gráficos *boxplot* de temperatura anual média máxima (Figura 5b), observam-se eventos extremos para o estado de SP, MG e ES no ano de 2019, respectivamente, com uma média de 28,3°C, 29°C e 28,5°C. Os resultados apontam 2019 como um ano caracterizado pelas mais altas temperaturas médias máximas na região Sudeste no período de dados analisado. Já na análise dos *boxplots* de temperatura anual média mínima (Figura 5c), foi possível observar eventos extremos apenas para o estado do Espírito Santo, com temperatura média mínima de 16,1°C em 1968.

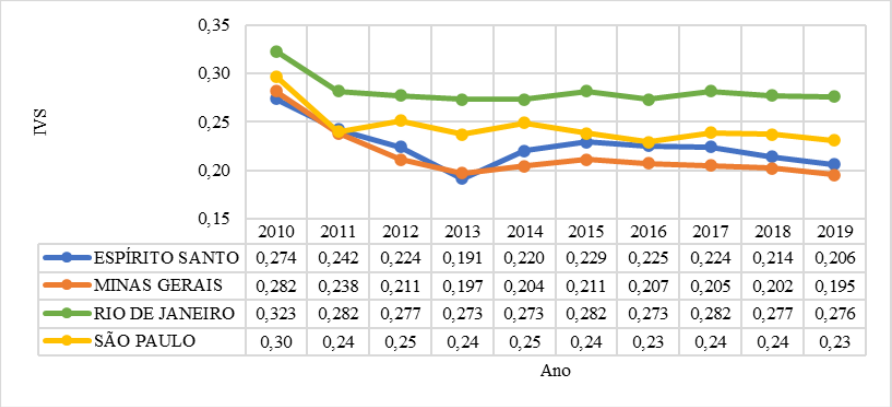
Um estudo de Brasiliense *et al.* (2020) observou que, no Sudeste, a topografia influencia os extremos de temperatura nos quatro estados, ou seja, localidades de maior altitude (como São José dos Campos, SP) apresentam temperaturas mais baixas. Durante o ano o padrão de temperaturas máximas, mínimas e médias se mantém semelhante em toda a região, com máximas no verão e mínimas no inverno - e esta estação apresenta maiores diferenças entre as temperaturas máximas e mínimas em razão da baixa umidade do ar e reduzida nebulosidade nessa época, promovendo uma maior variação da temperatura ao longo do dia.

3.2 Análise da vulnerabilidade social nos estados no Sudeste

Segundo dados do IPEA (2021), o IVS na região Sudeste apresentou uma leve queda de

2010 a 2019 em todos os seus quatro estados, sendo o RJ o estado mais vulnerável (IVS variou de 0,323 a 0,276 entre 2010 e 2019), seguido de SP (IVS variou de 0,30 a 0,23 de 2010 a 2019) e ES (variação do IVS de 0,274 a 0,206 entre 2010 e 2019) e, MG, o estado menos vulnerável socialmente (IVS variou de 0,282 a 0,195 entre 2010 e 2019) (Figura 6).

Figura 6 - Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) por estado da região Sudeste do Brasil no período de 2010 a 2019

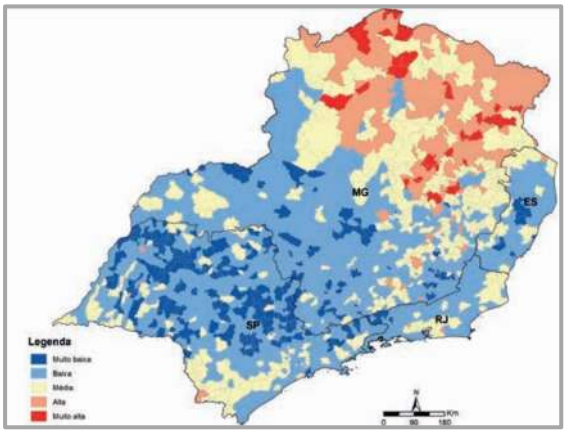


	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ESPÍRITO SANTO	0,274	0,242	0,224	0,191	0,220	0,229	0,225	0,224	0,214	0,206
MINAS GERAIS	0,282	0,238	0,211	0,197	0,204	0,211	0,207	0,205	0,202	0,195
RIO DE JANEIRO	0,323	0,282	0,277	0,273	0,273	0,282	0,273	0,282	0,277	0,276
SÃO PAULO	0,30	0,24	0,25	0,24	0,25	0,24	0,23	0,24	0,24	0,23

Fonte: Elaborado pelos autores, com base nos dados do IPEA (IVS) (2022).

Em 2010, a vulnerabilidade diminuía quanto mais ao sul do Sudeste e, quanto mais ao norte, maior o IVS apresentado, com destaque para Vitória, única capital com vulnerabilidade social classificada como muito baixa. O mapa do IVS para o Sudeste evidencia a importância de avaliar as componentes do IVS separadamente a fim de buscar uma melhor compreensão dos resultados. Uma vez conhecidas as principais evidências para cada um dos indicadores que compõem o IVS, é possível analisar o IVS com maior propriedade (Figura 7).

Figura 7 - O IVS na região Sudeste (2010)



Fonte: IPEA (2021).

Os resultados não avaliam o grau de vulnerabilidade social em relação a uma condição específica de referência - como renda, emprego, crescimento populacional, saúde, etc. -, o que não permite inferir quais possíveis causas levaram a tal vulnerabilidade por estado e, assim, a comparação entre os fatores associados a ela na área de estudo torna-se inviável.

O estudo de Da Fonseca Aguiar; Cataldi (2021) evidencia que a vulnerabilidade social e ambiental da região Sudeste do Brasil, está associado às chuvas intensas ou persistentes típicas do fenômeno Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), especialmente pela alta densidade populacional da região. Visto que os quatros estados que compõem a área de estudo a tornam a região mais populosa do Brasil, a população é estimada em cerca de 85 milhões de habitantes (IBGE, 2010).

3.3 Relações da variabilidade climática na área de estudo com o IVS

Os resultados da Tabela 2, representados graficamente na Figura 8, mostraram que, de 2010 a 2019, a correlação de *Pearson* entre a variável de precipitação (mm) e o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) se mostrou positiva nos estados de Minas Gerais (+0,51), Rio de Janeiro (+0,26) e São Paulo (+0,42) - sendo classificada como moderada em MG e SP e fraca no RJ - e negativa no Espírito Santo (-0,03), sendo classificada como muito fraca.

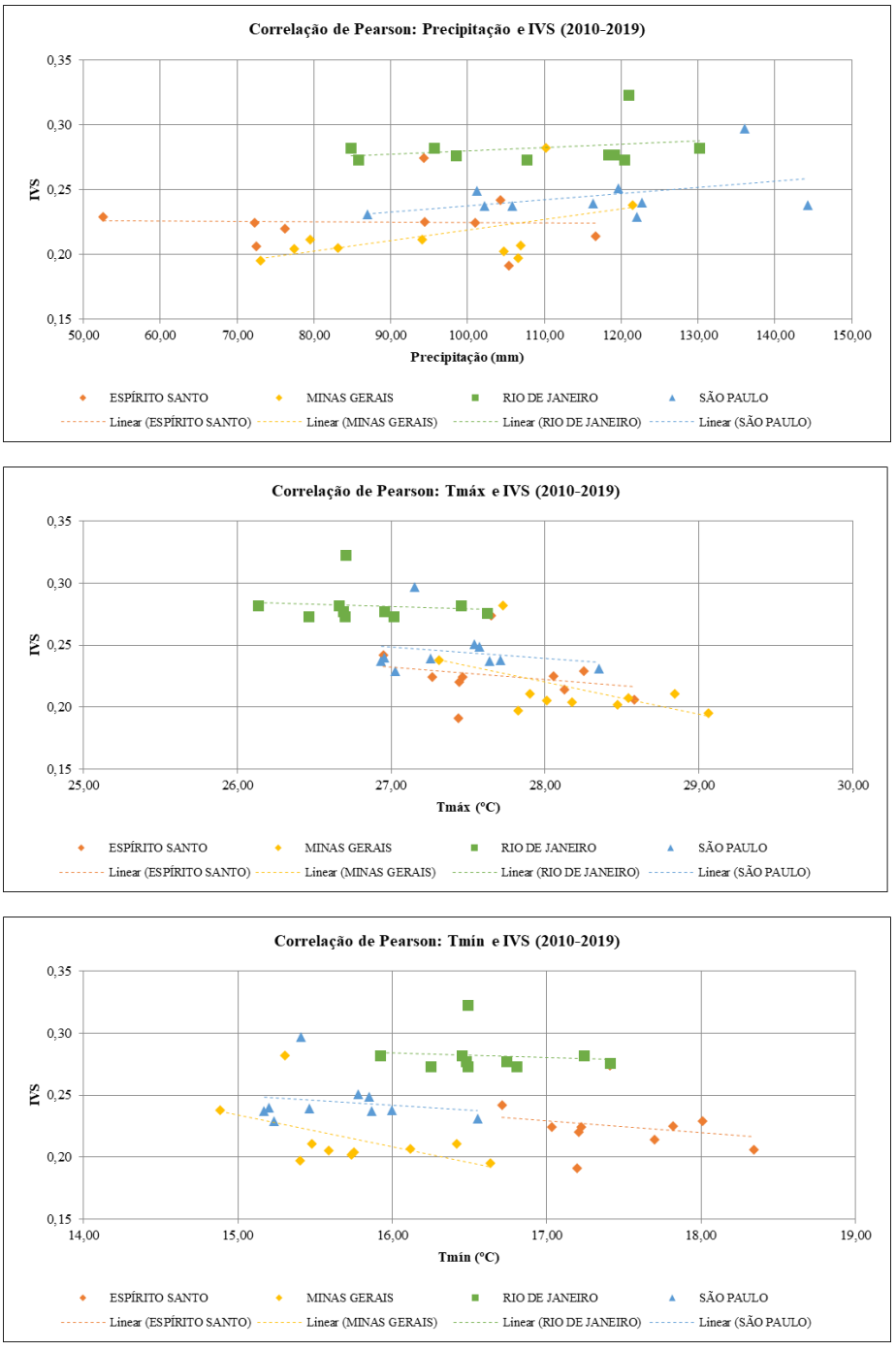
Já para a variável de temperatura máxima (Tmáx) (°C), a correlação com o IVS se mostrou negativa para todo o Sudeste, sendo muito fraca no Rio de Janeiro (-0,12), fraca no Espírito Santo (-0,23) e São Paulo (-0,21), e moderada em Minas Gerais (-0,53). Por fim, a correlação entre a variável temperatura mínima (Tmín) (°C) e o IVS apresentou resultados negativos para os quatro estados estudados, classificada como muito fraca no Rio de Janeiro (-0,12) e em São Paulo (-0,18), fraca no estado do Espírito Santo (-0,22), e moderada em Minas Gerais (-0,51).

Tabela 2 - Coeficiente de correlação de *Pearson* (r) entre precipitação (mm) e temperatura média anual (ºC) com o IVS para a região Sudeste do Brasil (2010-2019)

Espírito Santo			**Minas Gerais**			**Rio de Janeiro**			**São Paulo**		
Prec (mm)	Tmáx (°C)	Tmín (°C)	Prec (mm)	Tmáx (°C)	Tmín (°C)	Prec (mm)	Tmáx (°C)	Tmín (°C)	Prec (mm)	Tmáx (°C)	Tmín (°C)
-0,03	-0,23	-0,22	0,51	-0,53	-0,51	0,26	-0,12	-0,12	0,42	-0,21	-0,18

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Figura 8 - Correlação de *Pearson* entre precipitação (mm), temperatura máxima e mínima (°C) com o IVS para a região Sudeste (2010-2019)



Fonte: Elaborado pelos autores, com base nos dados do Terra Clima e IPEA (IVS) (2022).

Os resultados das correlações sugerem que a precipitação é uma variável climatológica influente sobre a vulnerabilidade social em três de quatro estados região Sudeste do Brasil. As maiores correlações são para o estado de MG e SP, e foram em estes municípios que as análises sazonais, mostraram em média, precipitações mais intensas comparadas às médias de precipitação para os estados do ES e RJ. Nesse sentido, os resultados da correlação de

Pearson entre a variabilidade da precipitação e vulnerabilidade social, de fato, indicaram valores mais elevados para MG e SP do que para ES e MG.

Outros estudos na temática ainda são escassos para o Sudeste como um todo, porém, para o estado do ES, Santos *et al.* (2019) aplicaram um índice de vulnerabilidade desenvolvido pelos autores do estudo nas microrregiões do estado, avaliando fatores climáticos como anomalias de precipitação e temperatura, e foi possível observar que todo o estado pode ser negativamente impactado no futuro devido à mudança do clima, especialmente aumento de temperaturas médias. O estudo observou que a microrregião que mostrou vulnerabilidade extremamente elevada frente à mudança do clima atribui tal resultado às suas características sociodemográficas, econômicas e ambientais, mais sensíveis a alterações no clima.

Nesse sentido, é possível observar que a precipitação em uma localidade se relaciona mais fortemente à vulnerabilidade da sua população habitante e, portanto, monitorar sua ocorrência bem como sua tendência de aumento ou diminuição com o passar do tempo se torna fundamental para que os impactos associados às chuvas sejam reduzidos ou mitigados visando menores danos à sociedade.

Ainda, mudanças extremas em seus padrões naturais - como é o caso de fortes chuvas esporádicas ou eventos prolongados de precipitação acima do normal, influenciados pelo agravamento da mudança global do clima - podem influenciar significativamente as condições de vulnerabilidade das populações habitantes nessa região em termos de infraestrutura, renda e trabalho e capital humano, principalmente nas áreas urbanas onde se concentra maior densidade populacional (DA FONSECA AGUIAR; CATALDI, 2021).

Em termos de temperatura, as correlações foram fracas e negativas. Em MG a correlação foi moderada, mas negativa, sugerindo relação oposta entre temperatura e IVS. Porém, não há como afirmar que esta correlação se manterá assim com o passar dos anos, considerando o potencial agravamento da mudança global do clima. Assim, verifica-se a necessidade de outros estudos específicos para aprofundar a relação das projeções climáticas e o IVS na região Sudeste, como foi realizado por Santos *et al.* (2021) no Pará, que mostrou que os municípios da região da Ilha de Marajó seriam os mais vulneráveis em cenários futuros do clima.

Além disso, as correlações encontradas neste estudo foram obtidas através da utilização de dados do IVS disponíveis apenas entre 2010 e 2019, período relativamente curto em termos de estudos climáticos e, nesse sentido, a falta de dados configura um dos desafios

enfrentados na pesquisa, sendo necessárias novas análises quando se encontrem dados disponíveis do IVS mais atuais.

Metodologias como o IVS tem sido utilizada por órgãos de pesquisa e tomadores de decisão, respaldando a criação de estratégias adaptativas e integrando-as ao planejamento de cenários futuros diante dos impactos da mudança climática. É o caso do *software* brasileiro *SisVuClima*[4], que avalia a vulnerabilidade social frente aos impactos da mudança do clima em alguns estados brasileiros através da avaliação de aspectos socioeconômicos, demográficos, climáticos, epidemiológicos e ambientais para desenvolver um índice de vulnerabilidade municipal -, ainda que as suas análises não cubram, por ora, todo o território nacional.

Um estudo de Vommaro *et al.* (2020) sobre a aplicação desta ferramenta mostrou que, de fato, as regiões mais frágeis quanto à exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa podem ser as mais afetadas pelo aumento das temperaturas e alteração no volume de chuvas (especialmente secas prolongadas) projetadas em decorrência da mudança global do clima. O estudo ressalta a importância de se considerar fatores socioecológicos e de saúde relevantes que definam o perfil de vulnerabilidade de uma determinada área de modo a formular e sugerir ações específicas para reduzir a fragilidade da população local aos impactos climáticos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da correlação entre a variabilidade climática e o índice de vulnerabilidade social observada para os quatro estados da região Sudeste do Brasil, que a região é mais sensível e suscetível aos danos ocasionados pelas chuvas em comparação aos impactos decorrentes da variação de temperatura na região.

Como observado anteriormente, as chuvas mais intensas ocorrem no verão no Sudeste, mais especificamente entre os meses de novembro a fevereiro em todos os estados – um ponto de atenção para a região, pois é nesta época em que os danos dos eventos mais extremos de precipitação devem ser sentidos com maior impacto pela população local. Ainda, em face do fato de não haver uma tendência definida de aumento ou diminuição da precipitação em nenhum dos estados com o passar do tempo, deve-se realizar um monitoramento constante destes eventos de modo que seus impactos possam ser melhor

[4] *SisVuClima*: http://www.sisvuclima.com.br/

gerenciados. Isso não significa que esse padrão não possa ser alterado e, portanto, o monitoramento constante desta correlação e variabilidade climática deve ser mantido – o que, por sua vez, pode contribuir com o desenvolvimento de soluções de adaptação e/ou mitigação dos impactos sofridos pela população em decorrência da mudança do clima.

Os resultados quanto à correlação entre a precipitação (mm) e o IVS mostraram a maior correlação positiva no estado de MG (+0,51), sendo classificada como moderada, e a menor correlação negativa e muito fraca no ES (-0,03). Já para a temperatura máxima (Tmáx) (°C), a maior correlação se mostrou negativa e moderada em MG (-0,53) e a menor correlação se mostrou negativa e muito fraca para o RJ (-0,12). Por fim, para a temperatura mínima (Tmín) (°C) a maior correlação se mostrou negativa e moderada em MG (-0,51) e a menor correlação se mostrou negativa e muito fraca no RJ (-0,12).

Estes resultados vão ao encontro de resultados de estudos citados anteriormente, que ressaltam a relação entre a vulnerabilidade social e ambiental da região Sudeste do Brasil e as chuvas intensas ou persistentes típicas do fenômeno ZCAS, reiterando que a precipitação é, de fato, uma variável meteorológica influente sobre a vulnerabilidade social no Sudeste. Portanto, ainda que mais estudos sejam necessários no tema, é possível afirmar que a mudança global do clima – que é acentuada pelos impactos decorrentes das ações antrópicas – pode influenciar negativamente o clima em escala regional e local e, consequentemente, trazer danos à sociedade associados à sua resiliência e capacidade adaptativa.

REFERÊNCIAS

ABATZOGLOU, J. T. et al. **TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958–2015.** Scientific data, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2018. Disponível em: <http://www.climatologylab.org/terraclimate.html>. Acesso em: 18 nov. 2021.

BISQUERRA, R.; SARRIERA, J.C.; MARTÍNEZ, F. **Introdução à estatística:** enfoque informático com o pacote estatístico SPSS. Porto Alegre: Artmed, 2004. 254 p.

BRAGA, T. C. & ALBUQUERQUE, E. L. **Avaliação estatística multivariada aplicada a qualidade do ar em Salvador-BA:** o caso da estação Itaigara. XII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Instituto Federal da Bahia – IFBA, Salvador – BA, 2021. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2021/IV-010.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2022.

BRASILIENSE, C. S., DERECZYNSKI, C. P., SATYAMURTY, P., CHOU, S. C., & CALADO, R. N. **Climatologias da Temperatura do Ar e da Precipitação na Bacia do Rio Paraíba do Sul, Região**

Sudeste do Brasil. Anuário do Instituto de Geociências, v. 43, n. 1, p. 355-365, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11137/2020_1_355_365>. Acesso em: 18 de jul. 2022.

BOERS, N. et al. **The South American rainfall dipole:** A complex network analysis of extreme events. Geophysical Research Letters, v. 41, n. 20, p. 7397–7405, 2014. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2014GL061829>. Acesso em: 16 fev. 2022.

CALADO, B.; SOUSA, A. R.; VALVERDE, M. C. **Capacidade Adaptativa dos Municípios do Estado do Espírito Santo frente às Mudanças Climáticas:** uma análise com base no software SisVuClima. Brazilian Journal of Development. v.7, n.12, p. 112155-112174, 2021. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/index>. Acesso em: 16 fev. 2022.

CALADO, B.; VALVERDE, M. C.; VASCONCELOS, V. V. **Os desastres no Sudeste e Nordeste brasileiro e a sua relação com a exclusão e temperatura.** In: II END – Encontro Nacional de Desastres. II, 2020, Rio de Janeiro: ABR Hidro, 2020. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=7247>. Acesso em: 18 nov. 2021.

CALADO, G. G.; VALVERDE, M. C.; BAIGORRIA, G. A. **Use of Teleconnection Indices for Water Management in the Cantareira System - São Paulo - Brazil.** ENVIRONMENTAL PROCESSES, v. 6, p. 413-431, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40710-019-00368-9>. Acesso em: 18 nov. 2022.

CANÇADO, T. C. L.; DE SOUZA, R. S.; DA SILVA CARDOSO, C. B. **Trabalhando o conceito de Vulnerabilidade Social.** Universidade de Brasília. XIX Encontro Nacional de Estudos Populares: População, Governança e Bem-Estar. 2014. Disponível em: <http://www.abep.org.br/~abeporgb/abep.info/files/trabalhos/trabalho_completo/TC-10-45-499-410.pdf >. Acesso em: 18 jul. 2022.

CANIL, K.; LAMPIS, A.; SANTOS, K. L. **Vulnerabilidade e a construção social do risco:** uma contribuição para o planejamento na macrometrópole paulista. Cad. Metrop., São Paulo, v. 22, n. 48, pp. 397-416, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2020-4803>. Acesso em: 16 fev. 2022.

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. 1, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/60355>. Acesso em: 16 fev. 2022.

CONTI, J. B. **Clima e meio ambiente.** São Paulo: Atual, 1999. 125 p.

COSTA, M. A., & MARGUTI, B. O. E. **Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). 2015. Disponível em: <http://ivs.ipea.gov.br/index.php/pt/sobre>. Acesso em: 29 nov. 2021.

DA FONSECA AGUIAR, L. & CATALDI, M. **Social and Environmental Vulnerability in Southeast Brazil associated with the South Atlantic Convergence Zone**. Natural Hazards, v. 109, n. 3, p. 2423–2437, 2021. Disponível em: <https://doi-org.ez42.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11069-021-04926-z>. Acesso em: 08 dez. 2021.

DALAGNOL, R. et al. **Extreme rainfall and its impacts in the Brazilian Minas Gerais state in January 2020:** Can we blame climate change?. Climate Resilience and Sustainability, v. 1, n.1,

p. e15, 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/353915695_Extreme_rainfall_and_its_impacts_in_the_Brazilian_Minas_Gerais_state_in_January_2020_Can_we_blame_climate_change>. Acesso em: 16 fev. 2022.

DOU. Resolução CMN Nº 4.943, de 15 de setembro de 2021. **Diário Oficial da União.** 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-cmn-n-4.943-de-15-de-setembro-de-2021-345117078 >. Acesso em: 18 jul. 2022

EMBRAPA. **Clima.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2021. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em 16 fev. 2022.

EMBRAPA. **Região Sudeste.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/contando-ciencia/regiao-Sudeste>. Acesso em: 09 out. 2021.

ESTEVES, C. J. O. **Risco e vulnerabilidade socioambiental: aspectos conceituais.** Caderno IPARDES, - Estudos e Pesquisas, *[S. l.]*, v. 1, n. 2, p. 62–79, 2011. Disponível em: <https://ipardes.emnuvens.com.br/cadernoipardes/article/view/421>. Acesso em: 17 jul. 2022.

FERREIRA, B.; VALVERDE, M.C. **Análise dos índices de extremos de precipitação em cenários futuros na bacia do Rio Ribeira de Iguape – São Paulo.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 37, n.1, 1-15, 2022. Disponível em: < https://doi.org/10.1590/0102-7786370067>. Acesso em: 17 abr. 2021.

IBGE. **Áreas Territoriais.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?=&t=downloads>. Acesso em 09 out. 2021.

IBGE. **Região Sudeste.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021a. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/mapas/GEBIS%20-%20RJ/map9742.pdf>. Acesso em 09 out 2021.

IBGE. **Estimativas da População Residente no Brasil e Unidades da Federação.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021b. Disponível em: <https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2021/estimativa_dou_2021.pdf>. Acesso em 09 out. 2021.

IBGE. **Censo Brasileiro de 2010.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 05 dez. 2021.

IPCC. **Climate Change 2022:** Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. In Press. 2021 Disponível em: <https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf>. Acesso em 28 fev. 2022.

IPEA. **A Nova plataforma da vulnerabilidade social:** primeiros resultados do índice de vulnerabilidade social para a série histórica da PNAD (2011-2015) e desagregações por sexo, cor e situação de domicílios. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2018. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/170823_lancamento_ivs_metodologia_e_primeiros_resultados.pdf>. Acesso em 09 out. 2021.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde:** Outline of climate science, 1 ed. Walter de Gruyter, Berlin. 1931. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/9783111667751/html>. Acesso em: 18 nov. 2022.

MACHADO, D. **Coeficiente de Correlação de Pearson.** Bioestatística. Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro – RJ. 2019. Disponível em: <http://ole.uff.br/wp-content/uploads/sites/419/2019/04/Aula_03_a_Pearson.pdf >. Acesso em 09 fev. 2022.

MAHER, N.; LEHNER, F.; MAROTZKE, J. **Quantifying the role of internal variability in the temperature we expect to observe in the coming decades.** Environmental Research Letters, v.15, n.5, p.054014, 2020. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab7d02>. Acesso em: 11 out. 2021.

MARENGO, J. A. et al. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro.** In: Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. pp. 383–422. 2011. Disponível em: <http://plutao.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/plutao/2011/06.11.02.16/doc/Marengo_Variabilidade.pdf?languagebutton=en>. Acesso em 08 dez. 2021.

MARENGO, J. 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, Issue 1, p. 5-20. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/nyas.14307>. Acesso em 16 fev. 2022.

MARTINS, R. D. A.; DA COSTA FERREIRA, L. **Vulnerabilidade, adaptação e risco no contexto das mudanças climáticas.** Mercator-Revista de Geografia da UFC, v. 11, n. 26, p. 237-251, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2736/273625981016.pdf>. Acesso em: 09. out. 2021.

MENDONÇA, F. A. **Riscos e vulnerabilidades socioambientais urbanos:** a contingência climática. Mercator, Fortaleza, v.9, n.1, p.153-163, 2011. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/538>. Acesso em: 17 jul. 2022.

MINUZZI, R. B., SEDIYAMA, G. C., BARBOSA, E. D. M., & MELO JÚNIOR, J. C. F. D. **Climatologia do comportamento do período chuvoso da região Sudeste do Brasil.** Revista Brasileira de Meteorologia, 22, 338-344. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/SfmzZ5dYNPbQqrvjnJLsCCc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 jul. 2022.

MOURA, R. B., CANIL, K. e SULAIMAN, S. N. **Vulnerabilidade social, suscetibilidade e riscos de deslizamentos:** Um estudo sobre a Macrometrópole Paulista. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE, 13. São Paulo. 2019. Disponível em: <http://www.enanpege.ggf.br/2019/resources/anais/8/1562534891_ARQUIVO_Moura_Canil_Sulaiman_ENANPEGE.pdf>. Acesso em 16 fev. 2022.

QUINTÃO, A. F. et al. **Social, Environmental, and Health Vulnerability to Climate Change:** The Case of the Municipalities of Minas Gerais, Brazil. Journal of Environmental and Public Health, v. 2017, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2017/2821343>. Acesso em: 08 out. 2021.

REBOITA, M. S. et al. **Climate Projections for South America:** RegCM3 Driven by HadCM3 and ECHAM5. Advances in Meteorology, v. 2014, p. 1–17, 2014. Disponível em: <https://www.iag.usp.br/pos/meteorologia/biblio/climate-projections-south-america-regcm3-driven-hadcm3-and-echam5>. Acesso em 16 fev. 2022.

REGOTO. P., DERECZYNSKI. C., SILVA. W.L., SANTOS. R., CONFALONIERI. U. **Tendências de Extremos de Precipitação para o Estado do Espírito Santo.** Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, v. 41, n. 1. p. 365-381, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.11137/2018_1_365_381>. Acesso em 19 out. 2021.

SALATI, E, SALATI, E, CAMPANHOL, T., VILLA NOVA, N. **Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI**. Relatório 4. Tendências de Variações Climáticas para o Brasil no Século XX e Balanços Hídricos para Cenários Climáticos para o Século XXI. 182p. 2007. Disponível em: <http://www.lcb.iag.usp.br/relatorios/ambrizzi/rel/Relat%F3rios%20finais/Relat%F3rio%204.pdf>. Acesso em 19 abr. 2022.

SANTOS, R. B. et al. **Construção e aplicação de um índice de vulnerabilidade humana à mudança do clima para o contexto brasileiro:** a experiência do estado do Espírito Santo. Saúde e sociedade, v. 28, p. 299-321, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/sausoc/article/view/160284/154629>. Acesso em: 22 de dez. de 2020.

SANTOS, M. R. D. S., VITORINO, M. I., PEREIRA, L. C. C., PIMENTEL, M. A. D. S., QUINTÃO, A. F. **Socioenvironmental Vulnerability to Climate Change: Conditions of Coastal Municipalities in Pará State**. Ambiente & Sociedade, v. 24, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/WySQfWfSBLLnFjxwZcbCZXh/>. Acesso em: 18 nov. 2022.

SOUZA, C. A. de; REBOITA, M. S. **Ferramenta para o Monitoramento dos Padrões de Teleconexão na América do Sul**. Terra e Didática, Campinas, SP, v.17, n. 00, p. e02109, 2021. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8663474>. Acesso em: 18 nov. 2022.

TIBÚRCIO, L. H. e CORRÊA, M. de P. **Análise da vulnerabilidade da microrregião de Itajubá por meio do IVG com vistas à mitigação dos impactos causados pelas mudanças climáticas.** Ambiente & Sociedade, v. 15, p. 123-139, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2012000300008>. Acesso em: 22 de mar. de 2020.

TRENBERTH, K. E. **The definition of El Niño.** Bulletin of the American Meteorological Society, v. 78, n. 12, p. 2771-2778, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/1520-0477(1997)078<2771:TDOENO>2.0.CO;2>. Acesso em: 18 nov. 2022.

VALVERDE, M. C. **A Interdependência entre Vulnerabilidade Climática e Socioeconômica na Região do ABC Paulista.** Ambiente & Sociedade, v. 20, p. 39-60, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC66R2V2032017>. Acesso em: 08 out. 2021.

VOMMARO, F., MENEZES, J. A., DE LIMA BARATA, M. M. **Contributions of municipal vulnerability map of the population of the state of Maranhão (Brazil) to the sustainable development goals.** Science of The Total Environment, v. 706, p. 134629, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134629>. Acesso em: 18 jul. 2022.