



## Mudanças climáticas e chuvas no sudeste do Brasil: tendências e eventos extremos

Thiago Alves de Oliveira<sup>1</sup> - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7520-2251>  
Cássia de Castro Martins Ferreira<sup>2</sup> - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6070-7257>

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, Brasil\*

<sup>2</sup> Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora/MG, Brasil\*\*

<sup>3</sup> Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora/MG, Brasil \*\*\*

Artigo recebido em 07/05/2024 e aceito em 03/06/2025

### RESUMO

O relatório do IPCC (AR6) apontou que há fortes evidências da influência humana no aquecimento do sistema climático. Diversos estudos têm apontado para uma intensificação dos eventos intensos e extremos de precipitação, o que poderá ampliar as condições de risco frente a estes eventos. O objetivo do trabalho foi avaliar as tendências dos eventos de precipitação em cinco municípios da região sudeste do Brasil. As técnicas utilizadas foram propostas pelo Expert Team on Climate Change Detection and Indices - ETCCDI e testadas a partir de sua frequência e tendência, a partir dos dados diários de precipitação. Observou-se que em Juiz de Fora - MG os eventos extremos ficaram mais frequentes no trimestre OND (outubro, novembro e dezembro). O indicador de intensidade diária SDII mostrou aumento de intensidade em Santo Antônio de Pádua-RJ e redução em São Lourenço-MG. O indicador de precipitação anual (PRPCTOT) apontou para redução das chuvas em Resende e São Lourenço. Destaca-se ainda a necessidade de ampliar as medidas de enfrentamento e adaptação nestes municípios visando minimizar os danos causados à população.

**Palavras-chave:** ETCCDI; eventos extremos de chuva; precipitação; impactos ambientais urbanos.

## Climate change and rainfall in southeast Brazil: trends and extreme events

### ABSTRACT

The IPCC (AR6) report highlighted strong evidence of human influence on the warming of the climate system. Several studies have pointed to an intensification of intense and extreme precipitation events, which could increase the risk conditions faced by these events. The objective of the work was to evaluate the trends of precipitation events in five municipalities in the southeast region of Brazil. The techniques used were proposed by the Expert Team on Climate Change Detection and Indices - ETCCDI and tested based on their frequency and trend, based on daily

\* Doutorando em Geografia (Geografia Física) na Universidade de São Paulo-USP. E-mail: [thiago.a.oliveira@usp.br](mailto:thiago.a.oliveira@usp.br)

\*\* Professora Titular no Departamento de Geociências da Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mail: [cassia.castro@ufjf.edu.br](mailto:cassia.castro@ufjf.edu.br)



precipitation data. It was observed that in Juiz de Fora-MG extreme events became more frequent in the OND quarter (October, November and December). The SDII daily intensity indicator showed an increase in intensity in Santo Antônio de Pádua-RJ and a reduction in São Lourenço-MG. The annual precipitation indicator (PRPCTOT) pointed to a reduction in rainfall in Resende and São Lourenço. The need to expand coping and adaptation measures in these municipalities is also highlighted, aiming to minimize the damage caused to the population.

**Keywords:** ETCCDI; extreme events; rainfall; urban environmental impacts;

## **Cambio climático y lluvias en el sureste de Brazil: tendencias y eventos extremos**

### **RESUMEN**

El informe del IPCC (AR6) indicó que hay fuertes evidencias de la influencia humana en el calentamiento del sistema climático. Varios estudios han señalado una intensificación de eventos de precipitaciones intensas y extremas, lo que podría incrementar las condiciones de riesgo que enfrentan estos eventos. El objetivo del trabajo fue evaluar las tendencias de los eventos de precipitación en cinco municipios de la región sureste de Brasil. Las técnicas utilizadas fueron propuestas por el Equipo de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático - ETCCDI y probadas en función de su frecuencia y tendencia, a partir de datos de precipitación diaria. Se observó que en Juiz de Fora-MG los eventos extremos se volvieron más frecuentes en el trimestre del OND (octubre, noviembre y diciembre). El indicador de intensidad diaria SDII mostró un aumento de intensidad en Santo Antônio de Pádua-RJ y una reducción en São Lourenço-MG. El indicador de precipitación anual (PRPCTOT) señaló una reducción de las precipitaciones en Resende y São Lourenço. También se destaca la necesidad de ampliar las medidas de afrontamiento y adaptación en estos municipios, con el objetivo de minimizar los daños causados a la población.

**Palabras clave:** ETCCDI; Eventos intensos; Precipitación; impactos ambientales urbanos.

### **INTRODUÇÃO**

A identificação de eventos extremos, seja na sua frequência, intensidade ou duração, se torna importante dado que os episódios extremos, causadores de danos são os mais calamitosos às organizações humanas (Armond, 2014). Além disso, a partir do entendimento desses fenômenos, será possível avaliar e sugerir medidas de adaptação aos seus impactos (Stephenson, 2008), bem como possibilitar a avaliação dos riscos associados aos eventos climáticos extremos.

Avaliar espacialmente as variações e tendências dos elementos climáticos é uma tarefa importante, visto que permite observar tanto regionalmente, como localmente os reflexos das mudanças climáticas globais (Ezaz et al., 2022). E são nesses níveis que os impactos são/serão deflagrados, demandando políticas efetivas de adaptação.

De acordo com Brasil (2016) as políticas de adaptação ganharam importância na medida em que os eventos climáticos extremos ficaram mais frequentes. O Plano Nacional de Adaptação da Mudança do Clima (Brasil, 2016) afirma que os eventos superiores a 30 mm ficarão mais frequentes no sudeste do Brasil,

além de observar redução das chuvas totais, sobretudo no período do verão. Destaca ainda que a região sudeste do Brasil possui uma forte condição de imprevisibilidade gerando incertezas nas projeções, o que reforça a necessidade de estudos nas diferentes escalas de abordagem.

Esta região conta com a maior densidade demográfica e frequentemente são registrados movimentos de massa, inundações, enxurradas, alagamentos, secas que afetam um grande número de cidades (BRASIL, 2016). Em virtude dessas condições, há uma demanda imediata por estratégias para elevar a capacidade adaptativa dos municípios frente a estes episódios.

Do ponto de vista metodológico, Klein Tank et al. (2009) destacam que a partir da utilização dos índices propostos pelo *Expert Team on Climate Change Detection and Indices* - ETCCDI, vinculado à Comissão de Climatologia da Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o *Climate Variability and Predictability Project* (CLIVAR), foi possível padronizar as investigações sobre os dados de temperatura e precipitação. O ETCCDI sugere 27 índices para avaliar a frequência, intensidade e duração de eventos importantes para a avaliação e identificação das mudanças climáticas em níveis regionais e locais.

Diversos autores destacam os impactos das mudanças climáticas no regime pluviométrico a partir dos índices do ETCCDI, Alexander et al. (2006) analisaram os dados de precipitação em vários continentes; Xu, Zhou e Zhao (2021) estudaram os extremos pluviométricos na bacia do rio Pearl-China; Agel et al. (2015) nos Estados Unidos; Gebrechorkos et al. (2019) estudaram os dados de temperatura e precipitação em países do continente africano. Tan et al. (2019) avaliaram tendências nos dados de temperatura e precipitação na bacia do rio Muda na Malásia. Sun et al. (2021) destacam alterações nos extremos pluviométricos em várias regiões do planeta, entre outros.

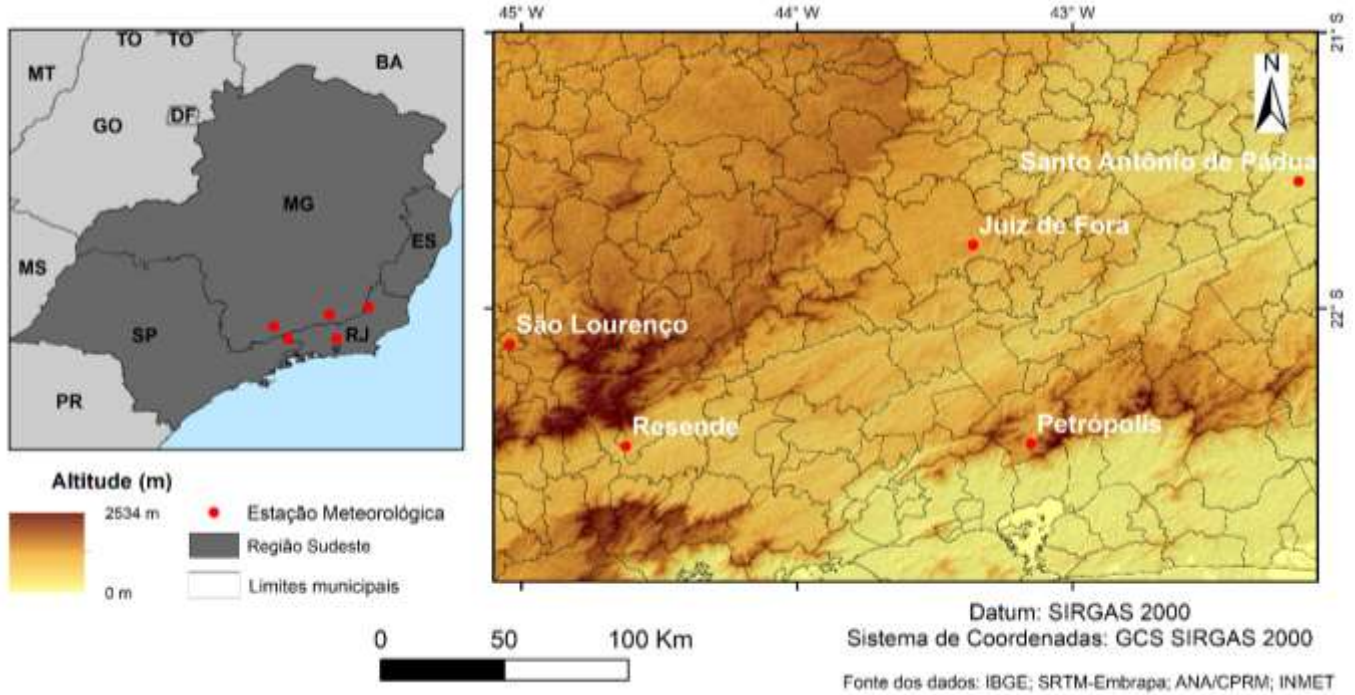
No Brasil, Ferreira et al. (2017), que estudaram as chuvas na região Nordeste do Brasil e Murara et al. (2019), que avaliaram a bacia do Rio Itajaí-SC, no sul do Brasil; no sudeste do Brasil, estudos como o de Óscar Júnior (2015), que estudou os eventos extremos na cidade de Duque de Caxias-RJ; Zandonadi et al. (2016) que avaliaram as tendências dos dados de precipitação na bacia do Rio Paraná; Natividade et al. (2017), que investigaram a partir de dados de reanálise, as precipitações em Minas Gerais e Paz et al. (2019) estudaram as tendências dos extremos de precipitação no município de Uberaba-MG. Todos esses trabalhos, destacaram a importância de avaliar os eventos extremos e seus impactos associados.

Com isso, o objetivo do trabalho é avaliar as tendências dos eventos de precipitação em cinco municípios da região sudeste do Brasil.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os dados utilizados na presente pesquisa foram coletados em municípios localizados nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, na região sudeste do Brasil (Figura 1).

**Figura 1** - Localização dos postos de coleta de dados.



Fonte: Organizado pelos autores.

As cidades investigadas têm população estimada variando dos 40 mil habitantes em Santo Antônio de Pádua-RJ aos 577 mil em Juiz de Fora- MG (Tabela 1), de acordo com o IBGE (2022).

**Tabela 1**- População e densidade demográfica para os municípios estudados.

| Município              | População (2021) | Densidade demográfica (hab./km <sup>2</sup> ) |
|------------------------|------------------|-----------------------------------------------|
| Resende                | 133.244          | 109,35                                        |
| São Lourenço           | 46.539           | 717,99                                        |
| Juiz de Fora           | 577.532          | 359,59                                        |
| Petrópolis             | 307.144          | 371,85                                        |
| Santo Antônio de Pádua | 40.589           | 67,27                                         |

Fonte: IBGE, 2022. Organizado pelos autores.

Dentre os principais sistemas atmosféricos atuantes, podemos apontar a Massa Tropical Atlântica (mTa), a Massa Polar Atlântica (mPa) e, consequentemente, os sistemas frontais, além da participação da

Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e da Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) na dinâmica principalmente do período chuvoso na região de estudo (Cavalcanti et al., 2009).

No período de verão, com o aumento da temperatura no continente Sul Americano, os sistemas quentes e úmidos equatoriais migram para sul, abastecendo de umidade os setores mais austrais, assim, “o transporte de umidade do oceano Atlântico, associado à sua reciclagem sobre a floresta tropical, mantém a precipitação máxima sobre o Brasil Central, favorecendo a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)” (Gan et al, 2009, p. 298).

Ao longo do outono e durante o inverno, os sistemas convectivos migram para Norte, em função das diferenças de temperatura e do deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Dessa forma “o transporte de umidade em baixos níveis, proveniente do oeste da Amazônia, enfraquece devido às frequentes incursões de ar seco e frio proveniente das latitudes médias sobre o interior da região subtropical da América do sul” (Gan et al., 2009, p. 298).

## METODOLOGIA

Os dados utilizados no trabalho foram acessados junto à Agência Nacional de Águas - ANA a partir do seu repositório no site hidroweb. E duas das estações meteorológicas utilizadas correspondem à base do Instituto Nacional de Meteorologia- INMET, e foram acessadas junto ao banco de dados meteorológicos para o ensino e pesquisa-BDMEP.

Os dados utilizados no trabalho foram tabulados e organizados no software Microsoft Excel 2013, o período utilizado foi de 1975 a 2020, considerando a qualidade e a consistência dos dados para esta seleção. As estações utilizadas apresentam menos de 10% de falhas nos dados diários de precipitação ao longo desse período (Quadro 1).

**Quadro 1** - Informações das estações utilizadas.

| Nome         | Município/Estado           | Órgão    | Altitude | Falhas (%) |
|--------------|----------------------------|----------|----------|------------|
| Funil        | Resende-RJ                 | ANA/CPRM | 469m     | 2,7        |
| Itamarati-Se | Petrópolis- RJ             | ANA/CPRM | 793m     | 0,4        |
| Pádua        | Santo Antônio de Pádua- RJ | ANA/CPRM | 91m      | 0,2        |
| Juiz de Fora | Juiz de Fora -MG           | INMET    | 942m     | 2,2        |
| São Lourenço | São Lourenço-MG            | INMET    | 914m     | 8,9        |

Fonte: INMET; ANA/CPRM. Organizado pelos autores.

As estações utilizadas representam diferentes contextos geomorfológicos do sudeste do Brasil, alojadas em diferentes compartimentos do relevo regional. Os municípios de Santo Antônio de Pádua e Resende estão localizados na Depressão do Rio Paraíba do Sul; Petrópolis na serra do Mar; Juiz de Fora posicionada nos domínios da Serra da Mantiqueira, enquanto que São Lourenço localiza-se no Planalto do Alto Rio Grande. Além das condições altimétricas, outros fatores geográficos interagem com os elementos climáticos nesses diferentes pontos do sudeste do Brasil.

## OS ÍNDICES APLICADOS

Foram aplicados oito índices aos dados de precipitação das cinco localidades, conforme o quadro 2, de acordo com os procedimentos sugeridos pelo ETCCDI (Zhang; Yang, 2004).

**Quadro 2** - Características dos índices aplicados.

| Índice     | Características                         | Unidade |
|------------|-----------------------------------------|---------|
| Rx1 day    | Max 1-day precipitation amount          | Mm      |
| SDII       | Simple daily intensity index            | Mm/day  |
| R10        | Number of heavy precipitation days      | Days    |
| R20        | Number of very heavy precipitation days | Days    |
| Rnn (50mm) | Number of days above nn mm (50mm)       | Days    |
| R95p       | Very wet days                           | Days    |
| R99p       | Extremely wet days                      | days    |
| PRCPTOT    | Annual total wet-day precipitation      | mm      |

Fonte: Adaptado de Zhang e Yang (2004). Organizado pelos autores.

Para a avaliação de tendência dos dados ao longo da série histórica de coleta, foi aplicado o teste não paramétrico de Mann-Kendall. O teste não paramétrico Mann- Kendall foi calculado por meio do software *Past*, a partir do conjunto de testes estatísticos (incluindo o Mann-Kendall) alocados na ferramenta *timeseries*.

Esse teste tem por objetivo identificar se em determinada série de dados analisados existe tendência temporal de alteração estatisticamente significativa (Salviano et al., 2016). Nesse sentido, são testadas duas hipóteses:

$H_0$ : Onde as observações da série são independentes e igualmente distribuídas (Não há tendência)



$H_1$ : As observações da série possuem tendência monótona no tempo (Há tendência)

Nesse caso a estatística de teste é dada pela equação 1:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_j - x_i) \quad (1)$$

Onde:

$$z = \begin{cases} (S - 1)/se, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ (S + 1)/se, & S < 0 \end{cases}$$

É possível mostrar que  $S$  é normalmente distribuída, ou seja,  $S \sim N(\mu, \sigma^2)$  com  $\mu = 0$ ;

$$\text{var} = \frac{1}{18} \left[ n(n-1)(2n+5) - \sum_t f_t(f_t-1)(2f_t+5) \right] \quad (2)$$

Em que  $n$  é o número de observações e, considerando o caso em que a série pode ter grupos com observações iguais,  $P$  é o número de grupos com observações iguais e  $t_j$  é o número de observações iguais no grupo  $j$ . No caso em que o número de observações é superior a 30, a estatística do teste é calculada pela equação 3.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma} & \text{Se } S > 0 \\ 0 & \text{Se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma} & \text{Se } S < 0 \end{cases}$$

Em um teste bilateral, não rejeitamos a hipótese nula  $H_0$  para um dado nível de significância  $\alpha$ , se para o quantil  $Z_{\alpha/2}$  de uma distribuição normal padrão temos  $|Z| \leq Z_{\alpha/2}$ . Em estudos voltados para a climatologia, é utilizada uma confiança de 95%, no entanto, a estatística  $H_0$  é rejeitada quando o  $z$  encontrado estiver sob esta condição,  $-1,96 < z < 1,96$  (Blain, 2010; Sanches et al, 2013).

Os dados foram avaliados a partir da sua frequência e intensidade agrupados por ano. Apenas os eventos intensos (superiores ao percentil 95) foram calculados também por trimestres, seguindo uma distribuição simples a partir do calendário, janeiro, fevereiro e março (JFM); abril, maio e junho (AMJ); julho, agosto e setembro (JAS); outubro, novembro e dezembro (OND). A utilização dos valores trimestrais permite avaliar as condições em diferentes recortes ao longo do ano.

Além disso, foi calculada a variação do conjunto de dados a partir da série. Para isso, foi utilizada a equação da reta para estimar o valor inicial e o valor final da série de dados ao longo do período estudado. Dessa forma, a equação da reta permite estimar qualquer ponto da série (Eq. 4)

$$y = mx + n \quad (4)$$

Onde:  $x$  e  $y$  são, respectivamente, as variáveis dependente e independente;  $m$  constitui o coeficiente angular;  $n$  o coeficiente linear. Após a extração da equação da reta a partir da organização dos dados, foi calculado o valor para o ano 1 e o valor para o último ano da série (ano 46), sendo que primeiro foi subtraído do último, gerando a informação da variação ao longo do período. Quando o valor no ano 46 foi superior (inferior) ao ano 1, houve aumento (redução) dos dados ao longo da série.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados dos totais anuais em dias chuvosos (PRPCTOT) indicam que duas estações apresentam tendências de redução significativa, Resende e São Lourenço (Figura 3). A avaliação do teste de Mann-Kendall indicou um *score z* inferior ao valor de -1,96, sugerindo a rejeição da hipótese nula ( $H_0$ ), e indicando mudança de comportamento ao longo da série (Tabela 2).

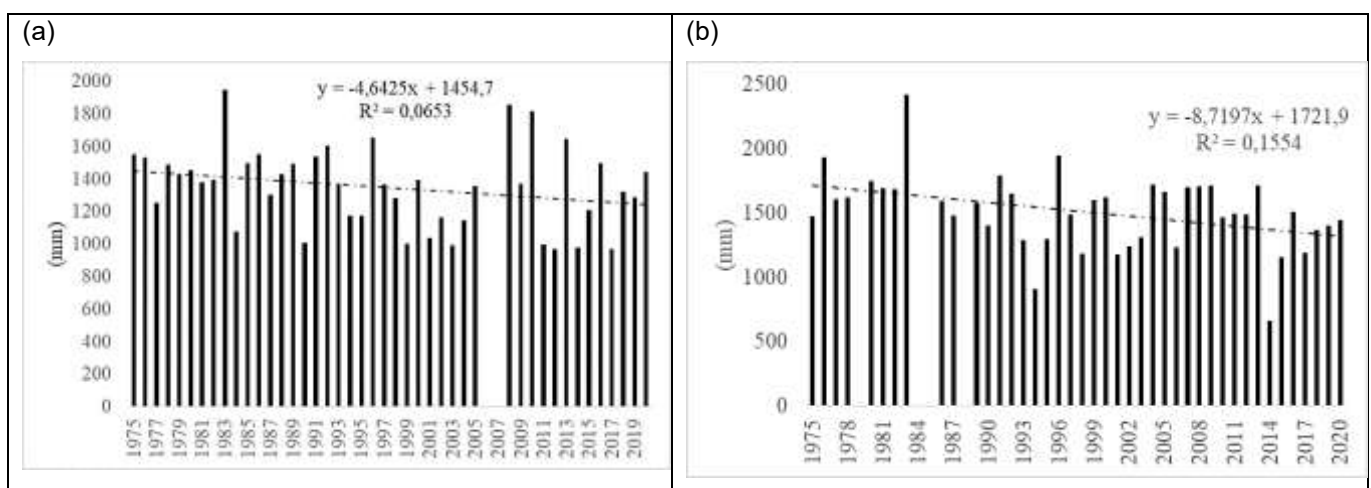
**Tabela 2** - Estatística de Mann-Kendall para o indicador PRPCTOT.

| São Antônio de Pádua | Petrópolis | Juiz de Fora | Resende       | São Lourenço  |
|----------------------|------------|--------------|---------------|---------------|
| -0,03                | -1,42      | 0,89         | <b>-2,27*</b> | <b>-2,10*</b> |

Legenda: \*Valor crítico  $1,96 < z < 1,96$ .

Organizado pelos autores.

**Figura 3** - Indicador PRPCTOT para os postos de Resende (a) e São Lourenço (b).



Fonte: Organizado pelos autores.



A redução nos dois pontos (Resende e São Lourenço) superou os 200 mm no período de 1975-2020, no caso de São Lourenço a redução foi de 392,4 mm, indicando a intensidade da redução dos totais anuais nesse município.

Nas outras estações (Petrópolis, Juiz de Fora e Santo Antônio de Pádua) observam-se tendências não significativas de mudança para os dados de Petrópolis (-183,5 mm) e Santo Antônio de Pádua (-31,8 mm), com tendência negativa; em Juiz de Fora, com tendência positiva (+43,8 mm). Entretanto, conforme já destacado, nestes casos o *score z* mostrou-se dentro do intervalo de confiança, indicando a aceitação da hipótese  $H_0$ .

O indicador de intensidade diária de precipitação- SDII (Tabela 3) apontou que os dados de Santo Antônio de Pádua têm tendência de aumento, com intensidade de 1,9mm/dia ao longo da série, enquanto que os de São Lourenço registram tendência de redução, com -2,6 mm/dia. Para estes dois casos, as tendências foram consideradas significativas estatisticamente.

**Tabela 3-** Estatística de Mann-Kendall para o indicador SDII.

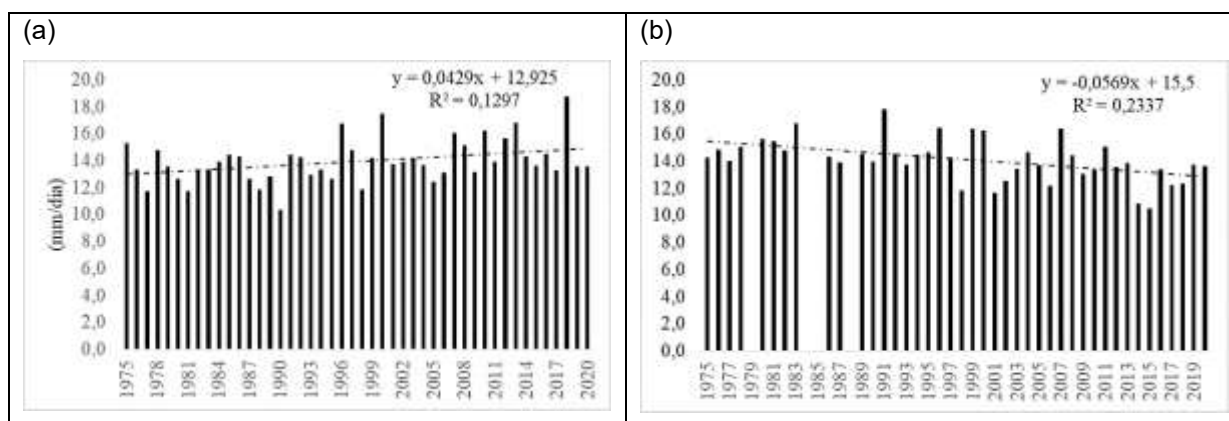
| Santo Antônio de Pádua | Petrópolis | Juiz de Fora | Resende | São Lourenço  |
|------------------------|------------|--------------|---------|---------------|
| <b>2,08*</b>           | 1,18       | 0,86         | -1,00   | <b>-3,37*</b> |

Legenda: \*Valor crítico  $1,96 < z < 1,96$ .

Organizado pelos autores.

A estação de São Lourenço, que também tem tendência de redução dos totais anuais, demonstra que os totais diários também ficaram menos intensos na cidade. Por outro lado, em Santo Antônio de Pádua, a intensidade das chuvas diárias tem aumentado, enquanto os totais anuais se mantiveram sem alterações (Figura 4).

**Figura 4-** Índice Simples de Intensidade Diária (SDII) para Santo Antônio de Pádua (a) e São Lourenço (b).



Fonte: Organizado pelos autores.

Os postos de Petrópolis e Juiz de Fora mostram tendência de sinal positivo, enquanto que Resende tem sinal negativo, porém não significativos, a partir dos resultados da estatística de MK. Petrópolis, Juiz de Fora e Resende apresentaram variações de +1,1 mm/dia, +1,0 mm/dia e -0,6 mm/dia, respectivamente.

### R10; R20 e R50

Os indicadores de frequência das chuvas diárias, em diferentes intensidades, mostram que apenas os dados de São Lourenço observam tendência negativa significativa dos dias com precipitações superiores a 10mm, registrando uma redução de 10 eventos de chuva superior a 10mm o período de 1975-2020 (Figura 5). Nas outras estações as tendências apresentam um valor baixo no *score z*, indicando, com pouca confiança, para uma mudança no comportamento (Tabela 4). Resende e Petrópolis registraram uma redução de 8 e 4 eventos, respectivamente, durante a série analisada, enquanto que Juiz de Fora e Santo Antônio de Pádua não sofreram redução assinalável pela equação da reta.

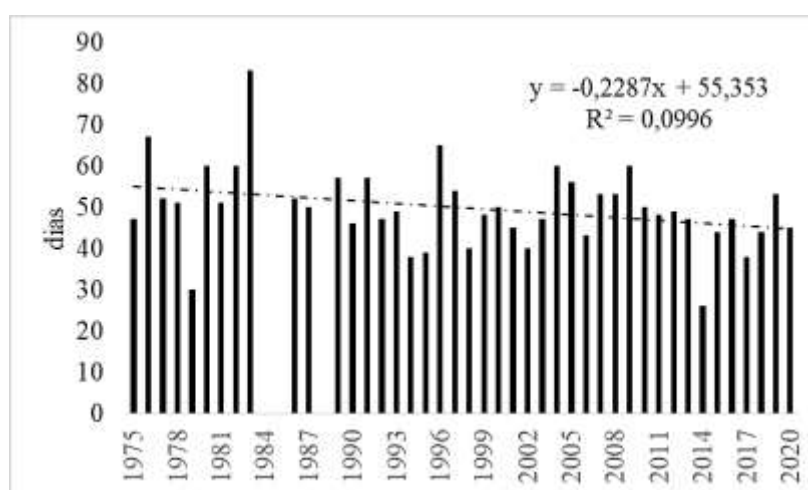
**Tabela 4** - Estatística de Mann-Kendall para os indicadores R10, R20 e R50.

| Indicador/Posto | São Antônio de Pádua | Petrópolis | Juiz de Fora | Resende | São Lourenço  |
|-----------------|----------------------|------------|--------------|---------|---------------|
| R10             | 0,6                  | -0,95      | 0,39         | -1,17   | <b>-2,17*</b> |
| R20             | 0,16                 | -1,2       | 1,16         | -1,72   | -1,94         |
| R50             | 0,36                 | 0,53       | 1,49         | -1,39   | -1,44         |

Legenda: \*Valor crítico  $1,96 < z < 1,96$ .

Fonte: Organizado pelos autores.

**Figura 5**- Indicador R10 para o município de São Lourenço.



Fonte: Organizado pelos autores.

Nas demais estações, como Juiz de Fora e Santo Antônio de Pádua, as classes de frequência superiores a 20 mm demonstram tendências positivas. Já em Resende e São Lourenço, indicam tendência de redução em todas as classes, porém com escores dentro do intervalo de confiança e aceitação da hipótese  $H_0$ .

A estação de Petrópolis apresentou tendência de redução na quantidade de dias com chuvas superiores a 10 mm e 20 mm. No entanto, os resultados também demonstram que os eventos superiores a 50 mm estão se tornando mais frequentes. A frequência de dias com chuva superior a 20 mm registrou redução de 7, 6 e 6 dias nas estações de Resende, Petrópolis e São Lourenço. Em Juiz de Fora houve um incremento de 3 dias com chuva nessa classe e Santo Antônio de Pádua não apresentou variação assinalável. No indicador R50 as variações foram reduzidas, Resende e São Lourenço com -1 e -2 dias com chuva ao longo da série, Santo Antônio de Pádua teve o incremento de 1 dia, Juiz de Fora com 2 dias a mais e Petrópolis sem alteração.

#### OS EVENTOS INTENSOS E EXTREMOS: RX1DAY; R95P, R99P

Os dados dos eventos mais intensos de precipitação indicam que em nenhuma das estações e para nenhum dos indicadores foram observadas tendências significativas de alteração nos dados, quando analisados anualmente (Tabela 5). As estações de Resende-RJ e São Lourenço-MG apresentam tendências de redução em todos os indicadores, bem como apresentaram redução nos totais anuais, com isso observa-se que este padrão tem se repetido nos eventos intensos e extremos.

**Tabela 5-** Indicadores dos eventos intensos e extremos de precipitação.

| Indicador/Posto | São Antônio de Pádua | Petrópolis | Juiz de Fora | Resende | São Lourenço |
|-----------------|----------------------|------------|--------------|---------|--------------|
| Rx1day          | -0,07                | -0,05      | 0,46         | -0,20   | -1,65        |
| R95p            | 0,56                 | -0,37      | 0,89         | -1,60   | -1,95        |
| R99p            | -0,19                | 0,25       | 0,53         | -0,12   | -1,27        |

Legenda: Valor crítico  $1,96 < z < 1,96$ .

Fonte: Organizado pelos autores.

Os dados de Juiz de Fora indicam tendências de aumento em todos os indicadores, porém, com valores do *score z* dentro do intervalo de aceitação da hipótese H0 (tendência não significativa). As estações de Santo Antônio de Pádua-RJ e Petrópolis-RJ tiveram valores de aumento em alguns dos indicadores e redução em outros.

Nesses indicadores de eventos intensos e extremos destaca-se a redução na frequência do R95p em Resende (-2 eventos) e São Lourenço (-3 eventos), aumento de um evento em Pádua e Juiz de Fora e nenhuma alteração em Petrópolis. O indicador R99p teve uma frequência baixa em todos os postos e as variações foram pequenas. O Rx1day demonstrou uma redução de 20,1 mm/dia em São Lourenço e nas outras estações as variações foram pequenas (Figura 7).

Analisando a frequência dos eventos climáticos intensos (número de eventos superiores ao percentil 95) a partir das escalas trimestrais, observa-se que estes ficaram mais intensos em Juiz de Fora no trimestre OND (Tabela 6). Enquanto que no posto de São Lourenço estes reduziram significativamente no segundo trimestre: abril, maio e junho (AMJ) e no quarto trimestre: outubro, novembro e dezembro (OND) (Tabela 6 e Figura 6).

**Tabela 6-** Frequência dos eventos intensos de precipitação, por trimestre.

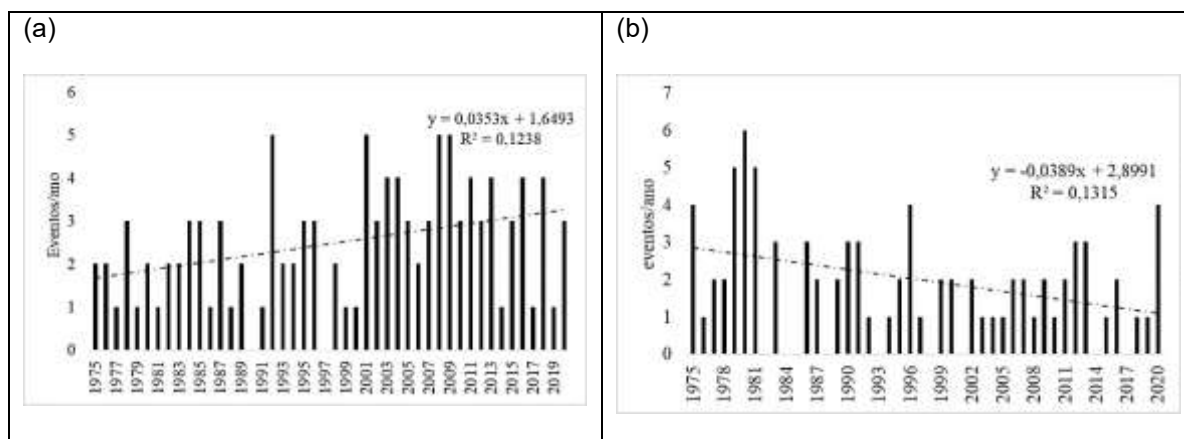
| Trimestre/Posto | Santo Antônio de Pádua | Petrópolis | Juiz de Fora | Resende | São Lourenço  |
|-----------------|------------------------|------------|--------------|---------|---------------|
| JFM             | 0,24                   | 1,21       | 0,26         | -1,85   | -0,8          |
| AMJ             | -0,23                  | -1,24      | -0,46        | -0,99   | <b>-1,97*</b> |
| JAS             | -0,34                  | 0,61       | -1,18        | -0,82   | 1,04          |
| OND             | 0,86                   | -1,26      | <b>2,37*</b> | 0,03    | <b>-1,96*</b> |

Legenda: \*Valor crítico  $1,96 < z < 1,96$ .

Fonte: Organizado pelos autores.

Em Santo Antônio de Pádua os *scores z* baixos indicam que os dados não apresentaram tendências assinaláveis nos trimestres, assim como nos outros índices já apresentados. No caso de Resende, os eventos ficaram menos frequentes ao longo do ano, exceto no trimestre Outubro, Novembro e Dezembro. Em Petrópolis, há aumento no primeiro e terceiro trimestres, enquanto que há redução no segundo e quarto, porém sem significância estatística.

**Figura 6-** Frequência de eventos intensos por trimestre: (a) Juiz de Fora no último trimestre (OND); (b) São Lourenço no último trimestre (OND).



Fonte: Organizado pelos autores.

Em Juiz de fora, houve um aumento de 2 eventos intensos para o trimestre OND ao longo do período analisado, enquanto que em São Lourenço tiveram 2 eventos a menos quando comparado o início e o final da série, a partir da reta de tendência (Figura 7).

As variações e tendências observadas nos dados influenciam diretamente a população urbana e rural dos municípios, na medida em que podem desencadear diversos impactos, como os movimentos de massa, inundações, seca extrema, enxurradas, etc.

Resgatando os resultados da pesquisa, observa-se que a partir da estatística utilizada, os resultados significativos foram a redução dos totais anuais de precipitação (PRPCTOT) em São Lourenço e Resende. Além disso, o índice simples de intensidade diária (SDII) indica aumento da intensidade em Santo Antônio de Pádua e redução em São Lourenço. No indicador da frequência de dias com precipitação superior a 10 mm, São Lourenço teve redução significativa (Figura 7).

Observando a redução das chuvas nos seus totais anuais, estas revelam uma importante relação com os impactos para o abastecimento hídrico urbano. O Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (Brasil, 2016) destaca, a partir de projeções, que as chuvas no período do verão tendem a reduzir no Sudeste do Brasil.

No ano de 2014, por exemplo, o sudeste do Brasil observou um período de seca que causou diversos impactos, como o desabastecimento de água nas cidades. Coelho et al. (2015) destacam que este período seco citado (no ano de 2014) esteve associado a uma circulação atmosférica de “bloqueio atmosférico”

vinculado à persistência do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (ASAS). Marengo et al. (2015) afirmam que existe tendência de redução das chuvas no verão do sudeste.

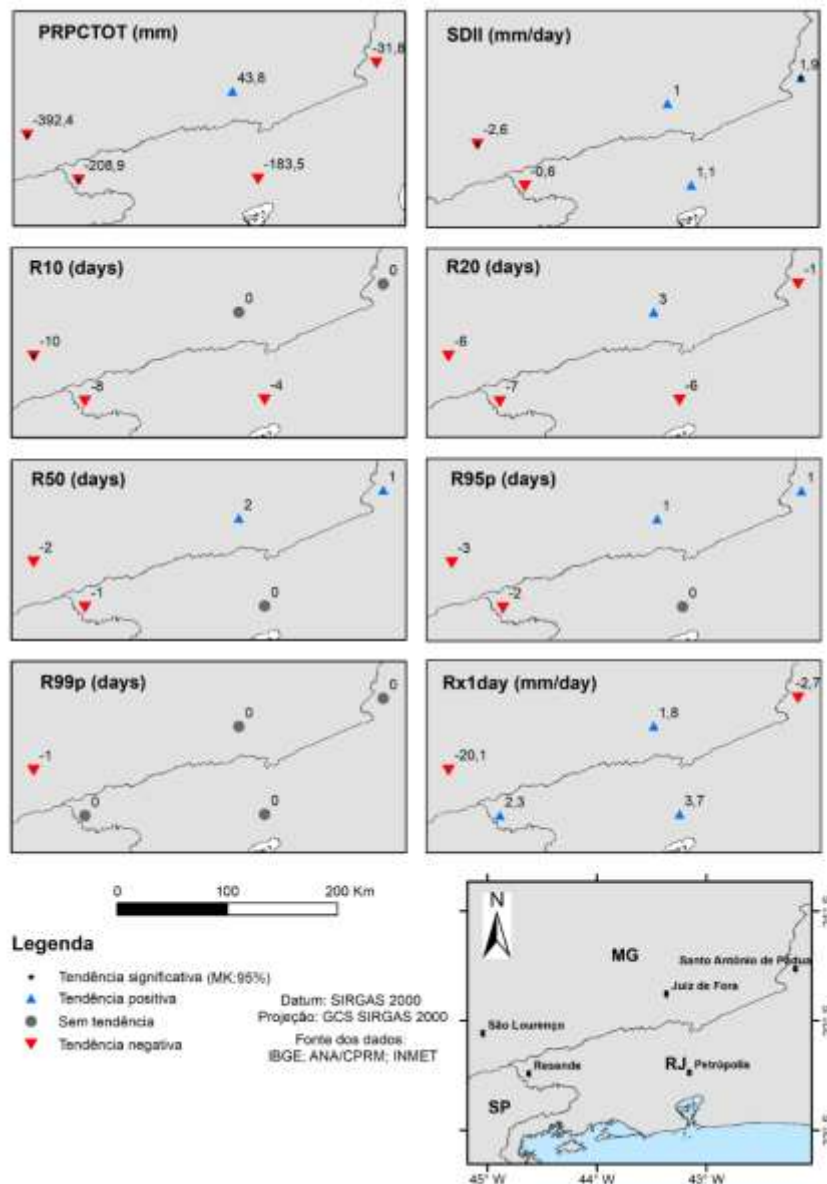
Apesar de não repercutir em todos os postos, São Lourenço e Resende tiveram redução significativa nos totais anuais de precipitação. Senna et al. (2023) avaliando as tendências climáticas na bacia do rio Paraíba do Sul, encontraram resultados similares para o setor sul fluminense, próximo ao município de Resende. Valverde, Cardoso e Brambila (2018) também encontraram tendências de redução no indicador PRCPTOT em municípios do ABC paulista.

É importante destacar que as tendências de redução nos totais anuais (PRCPTOT) em quatro estações não estão diretamente relacionadas aos outros indicadores (Figura 7). Em alguns casos, há redução dos totais anuais, porém os eventos intensos e extremos possuem tendência positiva.

Em Santo Antônio de Pádua, observa-se elevação significativa do Índice de Intensidade Diária- SDII, revelando que os totais anuais, que não tiveram tendência observada, têm se distribuído em um número menor de dias ao longo do ano. Além disso, os totais diários superiores a 50 mm e superiores ao percentil 95 tiveram tendência de elevação, ainda que não significativa estatisticamente, entretanto, Santo Antônio de Pádua registra com maior frequência eventos de inundação na sua área urbana.



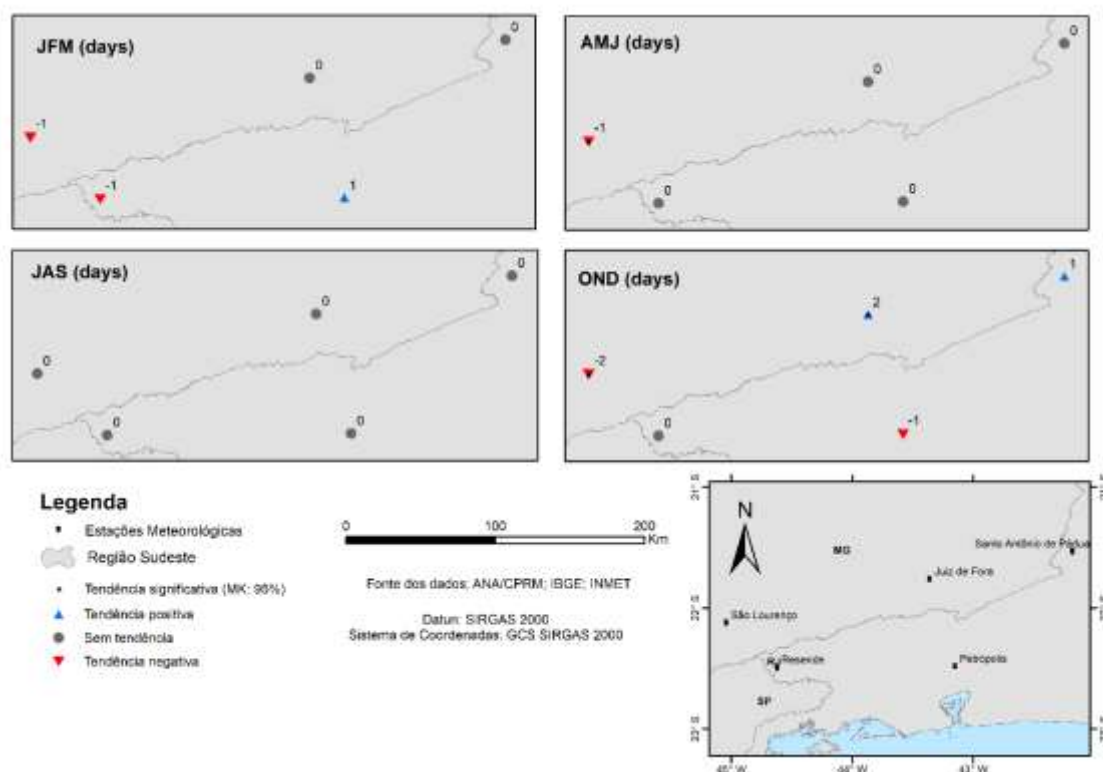
**Figura 7-** Espacialização dos índices investigados.



Fonte: Organizado pelos autores.

Observando a frequência de eventos considerados intensos (superiores ao percentil 95), apenas São Lourenço e Juiz de Fora registram alteração no comportamento dos dados. São Lourenço apresentou redução das chuvas intensas em dois trimestres, AMJ (abril, maio e junho) e OND (outubro, novembro e dezembro), enquanto Juiz de Fora apresentou elevação apenas no trimestre OND (outubro, novembro e dezembro) (Figura 8).

**Figura 8-** Tendências para a frequência de eventos intensos, por trimestre.



Fonte: Organizado pelos autores.

Os eventos concentrados de precipitação têm alto potencial de causar desfechos danosos nas cidades. Petrópolis, que não teve nenhuma alteração significativa nos dados, é frequentemente afetada pelos impactos das chuvas, também por conta das diferentes condições de suscetibilidade ambiental e da vulnerabilidade social, como afirmou Tavares (2021).

Tavares e Ferreira (2020) analisaram os eventos extremos de precipitação no município de Petrópolis e destacam o papel da orografia para a ocorrência dos extremos de chuva, uma vez que os sistemas frontais e a Zona de Convergência do Atlântico Sul-ZCAS atuam na região quando os maiores totais de chuva foram observados.

Em Juiz de Fora, município mais populoso dentre os cinco municípios analisados, os impactos das variações dos elementos climáticos desencadeiam diversas consequências (Oliveira, 2021). A cidade apresenta tendência de aumento em todos os indicadores analisados anualmente, entretanto sem significância estatística. Quando observados a partir dos trimestres, verificou-se uma elevação significativa dos eventos intensos no último trimestre (OND).

Especificamente, o mês de novembro indicou tendência de elevação significativa nos totais mensais e na frequência dos eventos extremos, segundo Oliveira et al. (2018) e Oliveira (2021), demonstrando que a tendência anual pode se diluir ao longo dos meses e reforçando que merecem um olhar especial.

Em diversos pontos do Sudeste, o ano de 2014 representou impactos ao abastecimento urbano em Juiz de Fora, quando o reservatório de água chegou a níveis muito baixos, trabalhos como os de Oliveira et al. (2020) e Tavares et al. (2021) caracterizaram o ano como extremamente seco. Além disso, com o aumento na frequência dos eventos intensos de precipitação, estes têm alta capacidade de fomentar eventos de inundação, alagamentos e enchentes na cidade de Juiz de Fora. Oliveira (2021) destacou ainda que estes impactos se tornaram mais frequentes na cidade, sobretudo a partir dos anos 2000, quando também os eventos intensos ficaram mais frequentes.

Em Juiz de Fora, os impactos como os de movimentos de massa, têm ocorrido mesmo sem a ocorrência de grandes acumulados de chuva (Oliveira, et al, 2022). Isso demonstra que, para além das chuvas, a alta suscetibilidade ambiental, associada à alta vulnerabilidade social e à desigualdade social são elementos importantes ao analisar os impactos nas cidades.

Em São Lourenço, ainda que exista tendências de redução nas chuvas, é comum a ocorrência de episódios danosos associados às inundações do rio Verde, indicando que a ocorrência de eventos extremos desencadeia impactos, ainda que os dados estejam em tendência de redução. Da mesma forma, Resende, que apresentou tendência de redução em seis dos índices aplicados, possui áreas suscetíveis à inundação no município, que engendram impactos à população.

Todos os exemplos citados são apontados no Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (Brasil, 2016). Deve-se considerar que independentemente do tamanho da cidade, vulnerabilidades e exposições podem ser elencadas, sendo que a maior parte delas está associada aos eventos pluviométricos extremos (Quadro 3).

**Quadro 3-** Características dos municípios brasileiros no contexto das mudanças climáticas.

| Tamanho da cidade | População          | Principais vulnerabilidades                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Exposições                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pequeno Porte     | <50mil             | Menos recursos para infraestrutura e serviços básicos. Limitadores de desenvolvimento e alta vulnerabilidade socioeconômica. Pobreza. Problemas de saneamento.                                                                                                                                                              | Principalmente às secas e cheias. Eventualmente a inundações bruscas. Doenças de veiculação hídrica. Alto crescimento que pode aumentar a exposição a outros perigos.                                                                                                      |
| Médio Porte       | 50 até 100 mil     | Muito variável. No geral possuem mais recursos que os pequenos. Quanto maior o município, maior aderência a instrumentos de planejamento urbano. Eventuais problemas consistem de drenagem e saneamento.                                                                                                                    | Habitações e atividades econômicas em áreas de risco (inundações e movimentos de massa) que caracterizam diferentes graus de exposição, conforme as limitações do uso da terra. Contágio de doenças de veiculação hídrica e, dependendo do caso, de doenças respiratórias; |
| Grande Porte      | 100 mil a 1 milhão | Possuem mais recursos e capacidade para lidar com problemas estruturais e de serviços básicos. Forte desigualdade social e consequentes problemas de Habitação normalmente ligados aos de saneamento. Inadequação do Sistema de Drenagem devido a intensa impermeabilização. Consequente contaminação dos recursos hídricos | Alta exposição à inundações bruscas, enxurradas e alagamentos; movimentos de massa e crises hídricas ligadas ao Abastecimento urbano. Doenças respiratórias, desconforto térmico, agravamento de quadros de saúde e propagação de algumas doenças de veiculação hídrica.   |

Fonte: Adaptado de Brasil (2016).

Di Giulio et al. (2016) afirmam que apesar do Brasil ter avançado com a criação do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima e de ter os seus impactos já assinalados por diversos pesquisadores, o país havia avançado pouco no sentido de ampliar a capacidade adaptativa frente aos eventos extremos.

Complementando, Di Giulio et al. (2019), analisando o estado de São Paulo, apontaram que apesar dos gestores públicos entenderem a importância das políticas de adaptação aos eventos climáticos extremos, admitem que este tema não é contemplado nos Planos Diretores Municipais. Fontana et al. (2021) argumentam que é no nível municipal e regional que os impactos serão sentidos pela sociedade e seria neste nível que as medidas de enfrentamento e adaptação deveriam ser levadas a efeito. Fiack et al. (2021) destacam que a perspectiva da equidade social deve ser levada em consideração nas medidas de adaptação às mudanças climáticas.

Entretanto, nas cidades de menor porte, seja por conta dos recursos financeiros mais escassos, seja pelas mesmas dificuldades que os grandes centros também encontram, é mais difícil a implementação de medidas efetivas de enfrentamento às mudanças climáticas, como afirmam Neder et al. (2021).

No caso de Santo Antônio de Pádua, diversos impactos associados à inundação do Rio Pomba (tributário do rio Paraíba do Sul) são experimentados ao longo dos anos, entretanto, por ser uma cidade de pequeno porte, as dificuldades apresentadas podem retardar/ dificultar medidas efetivas de enfrentamento e adaptação. Nesse caso específico há uma questão escalar também colocada, uma vez que as inundações do rio Pomba repercutem a uma condição regional e que demandaria esforços para além da esfera municipal.

Óscar Júnior e Nunes (2021, p. 517) destacam que “  fundamental a criação de espaços para o diálogo com as diversas organizações sobre a gestão dos riscos ambientais e adaptação   mudança climática”. Dessa forma, um primeiro passo para o estabelecimento de uma agenda para o enfrentamento da mudança climática é o entendimento dos fen menos atmosféricos e a localização dos seus impactos na superfície. Porém, Fontana et al. (2021, p. 143) advertem que “as interações entre ciência e política demandam mais do que estratégias de apresentação de fatos e evidências”.

Depreende-se que poucas ações de adaptação foram efetivamente implementadas nos níveis locais (Fontana et al., 2021), entretanto, as alterações e as mudanças climáticas já estão em curso, como foi mostrado na presente pesquisa, e em outros. Enquanto as medidas forem lentas ou negligenciadas, grupos e sujeitos em maior condição de vulnerabilidade social serão os que pagarão o preço e serão os mais impactados por estes episódios, como Armond (2014); Nascimento Júnior (2019); Oliveira (2021); Tavares (2021); Teobaldo Neto e Amorim (2022) demonstraram.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente estudo objetivou analisar tendências nos dados de precipitação em diferentes condições de sítio e em cidades de diferentes portes no sudeste do Brasil, sendo que os principais resultados encontrados foram:

- Houve redução dos totais pluviométricos anuais em Resende e São Lourenço;
- O indicador de intensidade diária-SDII apontou aumento de intensidade das chuvas em Santo Antônio de Pádua e redução em São Lourenço;
- Com relação aos eventos intensos e extremos, nenhum posto teve tendência de aumento, quando considerados os dados anuais;
- Juiz de Fora apresentou intensificação significativa dos eventos intensos no trimestre OND no início da estação chuvosa;
- Juiz de Fora apresentou tendência de aumento, ainda que como escores baixos, em vários índices (PRPCTOT, SDII, R20, R50 e R95p), indicando que na maior cidade dentre as investigadas há uma projeção para uma intensificação das chuvas;
- Petrópolis apresentou tendências insignificantes em todos os indicadores, entretanto, há uma tendência de aumento, ainda que reduzida, nos eventos intensos no primeiro trimestre (JFM);
- São Lourenço apresentou redução dos eventos intensos em dois trimestres, AMJ (abril, maio e junho) e OND (outubro, novembro e dezembro);
- São Lourenço apresentou tendências de redução em todos os indicadores, ainda que em alguns sem significado estatístico;

Com base no que preconiza o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (Brasil, 2016), a expansão das medidas de adaptação e a ampliação da capacidade adaptativa dos municípios são importantes na região sudeste, uma vez que esta possui uma maior densidade demográfica. No caso das cidades estudadas, as condições geomorfológicas indicam cenários de suscetibilidade ambiental, que intensificam os riscos.

Nas maiores cidades, Juiz de Fora e Petrópolis, os noticiários de episódios associados aos eventos extremos são recorrentes, além disso, diversos estudos já debruçaram em desvelar esses processos, entretanto, as medidas de adaptação ainda não são claras e efetivas. Nos outros municípios, apesar de serem menores, com relação ao quantitativo populacional também não passam ilesos aos impactos pluviométricos.

Por isso, indica-se a necessidade da ampliação das medidas de adaptação uma vez que todos os locais estudados possuem diferentes condições de riscos e suscetibilidades. Com relação aos episódios extremos, é necessário criar soluções integradas e que contemplem a sociedade civil nas decisões, além de considerar as condições ambientais num sentido amplo, para além dos limites municipais.

Como perspectiva de trabalhos futuros, indica-se a avaliação quantitativa dos impactos associados aos eventos extremos nos municípios investigados. Avaliar todos os indicadores em recortes trimestrais e mensais para ampliar a discussão acerca da variabilidade e das tendências associadas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Prof. Dr. Fabio de Oliveira Sanches (in memoriam) por sua inestimável contribuição a esta pesquisa e por seu legado humano e acadêmico.

O primeiro autor agradece à CAPES pela bolsa de doutorado (88887.816603/2023-00).

## REFERÊNCIAS

ALEXANDER, L. V.; ZHANG, X.; PETERSON, T. C.; CAESAR, J.; GLEASON, B.; KLEIN TANK, A. M. G.; HAYLOCK, M.; COLLINS, D.; TREWIN, B.; RAHIMZADEH, F.; TAGIPOUR, A.; RUPA KUMAR, K.; REVADEKAR, J.; GRIFFITHS, G.; VINCENT, L.; STEPHENSON, D. B.; BURN, J.; AGUILLAR, E.; BRUNET, M.; TAYLOR, M.; NEW, M.; ZHAI, P.; RUSTICUCCI, M.; VAZQUEZ-AGUIRRE, J. L. Global observed changes in daily Climate extremes of temperature and Precipitation. **Journal of Geophysical research**, v. 111, p. 1-22, 2006.

ABREU, M. L. Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1977) à Zona de Convergência do Atlântico Sul. **Geonomos**, 6 (2): 17-22, 1998.

AGEL, L.; BARLOW, M.; QIAN, J. H.; COLBY, F.; DOUGLAS, E.; EICHLER, T. Climatology of daily precipitation and extreme precipitation events in the northeast United States. **Journal of Hydrometeorology**, v. 16, n. 6, p. 2537-2557, 2015.

ARMOND, N. B. **Entre eventos e episódios**: As excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro, Dissertação de mestrado (em geografia) Faculdade de ciências e tecnologias, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2014.

BLAIN, G.C. Detecção de tendências monótonas em série mensais de precipitação pluvial do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p1027-1033, 2010.



BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima**: volume 1 : estratégia geral : portaria MMA nº 150 de 10 de maio de 2016 / Ministério do Meio Ambiente. --. Brasília: MMA, 2016. 2v.

CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; DA SILVA, M.G.A.J.; SILVA DIAS, M.A.F. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

COELHO, C. A.; OLIVEIRA, C. P.; AMBRIZZI, T.; REBOITA, M. S.; CARPENEDO, C. B.; CAMPOS, J. L. P. S.; TOMAZIELLO, A. C. N.; PAMPUCH, L. A.; CUSTÓDIO, M. S.; DUTRA, L. M. M.; ROCHA, R. P.; REHBEIN, A. The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. **Climate Dynamics**, v. 46, n. 11, p. 3737-3752, 2016.

DI GIULIO, G. M.; MARTINS, A. M. B.; LEMOS, M. C. Adaptação climática: Fronteiras do conhecimento para pensar o contexto brasileiro. **Estudos Avançados**, v. 30, p. 25-41, 2016.

DI GIULIO, G. M.; TORRES, R. R.; VASCONCELLOS, M. P.; BRAGA, D. R. G. C.; MANCINI, R. M. M.; LEMOS, M. C. Eventos extremos, mudanças climáticas e adaptação no estado de São Paulo. **Ambiente & Sociedade**, v. 22, 2019.

EZAZ, G. T.; ZHANG, K.; LI, X.; SHALEHY, M. H.; HOSSAIN, M. A.; LIU, L. Spatiotemporal changes of precipitation extremes in Bangladesh during 1987–2017 and their connections with climate changes, climate oscillations, and monsoon dynamics. **Global and Planetary Change**, v. 208, p. 103712, 2022.

FERREIRA, P. S.; GOMES, V. P.; GALVÍNIO, J. D.; SANTOS, A. M.; SOUZA, W. M. Avaliação da tendência espaço-temporal da precipitação pluviométrica em uma região semiárida do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, 2017.

FIACK, D.; CUMBERBATCH, J.; SUTHERLAND, M.; ZERPHEY, N. Sustainable adaptation: Social equity and local climate adaptation planning in US cities. **Cities**, v. 115, p. 103235, 2021.

FONTANA, M. D.; MOREIRA, F. A.; NEUMANN, S. S.; LUCERTINI, G.; MARAGNO, D.; DI GIULIO, G. M. Integrando conhecimentos para avançar na adaptação climática no nível local. **Estudos Avançados**, v. 35, p. 143-157, 2021.

GAN, M.; RODRIGUES, L. R.; RAO, V. B. Monção na América do Sul. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; DA SILVA, M.G.A.J.; SILVA DIAS, M.A.F. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

GEBRECHORKOS, S. H.; HÜLSMANN, S.; BERNHOFER, C. Changes in temperature and precipitation extremes in Ethiopia, Kenya, and Tanzania. **International Journal of Climatology**, v. 39, n. 1, p. 18-30, 2019.

IPCC AR6 (Intergovernmental Panel on Climate Change). Summary for Policymakers. In: MASSON-DELMOTTE, V., P. ZHAI, A. PIRANI, S. L. CONNORS, C. PÉAN, S. BERGER, N. CAUD, Y. CHEN, L. GOLDFARB, M. I. GOMIS, M. HUANG, K. LEITZELL, E. LONNOY, J.B.R. MATTHEWS, T. K. MAYCOCK, T. WATERFIELD, O. YELEKÇI, R. YU, B. ZHOU (Eds). **Climate Change 2021: The**

Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021, 41 pp.

KLEIN TANK, A. M. G.; ZWIERS, F. W.; ZHANG, X. **Guidelines on analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation**. World Meteorological Organization, 2009.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; SELUCHI, M. E.; CUARTAS, A.; ALVES, L. M.; MENDIONDO, E. M.; OBREGÓN, G.; SAMPAIO, G. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**, n. 106, p. 31-44, 2015.

MOREIRA, F. A.; NUNES, L. H. Panorama dos Estudos sobre Adaptação Às Mudanças Climáticas Globais Entre 1999 E 2013 por meio da análise da Revista “Mitigation And Adaptation Strategies For Global Change”. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, 2017.

MURARA, P.; ACQUAOTTA, F.; GARZENA, D.; FRATIANNI, S. Daily precipitation extremes and their variations in the Itajaí River Basin, Brazil. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 131, n. 4, p. 1145-1156, 2019.

NASCIMENTO JÚNIOR, L. O clima urbano como risco climático. **Revista GeoUERJ**, n. 34, 2019.  
NATIVIDADE, U. A.; GARCIA, S. R.; TORRES, R. R. Tendência dos índices de extremos climáticos observados e projetados no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 600-614, 2017.

NEDER, E. A.; MOREIRA, F. A.; FONTANA, M. D.; TORRES, R. R.; LAPOLA, D. M.; VASCONCELLOS, M. P. C.; BEDRAN- MARTINS, A. M. B.; PHILIPPI JÚNIOR, A.; LEMOS, M. C.; DI GIULIO, G. M. Urban adaptation index: assessing cities readiness to deal with climate change. **Climatic Change**, v. 166, n. 1, p. 1-20, 2021.

NUNES, L. H.; VICENTE, A. K.; CANDIDO, D. H. Clima da região Sudeste do Brasil. In: In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; DA SILVA, M.G.A.J.; SILVA DIAS, M.A.F. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

OLIVEIRA, T. A. **O CLIMA URBANO COMO RISCO CLIMÁTICO: OS IMPACTOS DAS CHUVAS EM JUIZ DE FORA- no período de 1980-2018**. Dissertação de Mestrado (em Geografia), Programa de Pós-graduação em Geografia-PPGEO-UFJF, 2021.

OLIVEIRA, T. A.; SANCHES, F. O.; FERREIRA, C. C. M. Eventos ou Episódios Extremos de Pluviosidade em Juiz de Fora: uma investigação a partir dos meses padrão. In: SILVA, C. A (Org.). **Climatologia geográfica: conceitos, métodos, experimentos**. Porto Alegre, RS: TotalBooks, 2022.

OLIVEIRA, T. A.; TAVARES, C. M. G. FERREIRA, C. C. M. Tendências das chuvas mensais no município de Juiz de Fora-MG. In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2018, Juiz de Fora, **anais**, p 1168- 1177.

OLIVEIRA, T. A.; TAVARES, C. M. G.; SANCHES, F.; FERREIRA, C. C. M. Variabilidade pluviométrica no município de Juiz de Fora no período de 1910-2018: investigação a partir da técnica do Box plot. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020, p. 457-478.

OSCAR JÚNIOR, A. C. S. Extremos atmosféricos e desastres hidrometeorológicos em Duque de Caxias (RJ). **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 11, v. 17, p. 189-205, 2015.

ÓSCAR JÚNIOR, A. C.; NUNES, L. H. Desafios da Governança Territorial à Mudança Climática: A Capacidade Adaptativa na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 29, p. 490-523, 2021.

PAZ, C. M. V.; SANCHES, F. O.; FERREIRA, R. V. Chuvas em Uberaba: em estudo sobre a ocorrência de eventos extremos. **Revista Entre- Lugar**, v. 10, nº 20, 2019.

SALVIANO, M. F.; GROppo, J. D.; PELLEGRINO, G. Q. Análise de tendências em dados de precipitação e temperatura no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**. V.31, N.31, p. 64-73, 2016.

SANCHES, F. O.; VERDUM, R.; FISCH, G. Estudo de tendência de chuvas de longo prazo. **Revista Ambiente e Água**, v.8, n.3. p.214-228, 2013a.

SENNA, M. C. A.; FRANÇA, G. B.; PEREIRA, M. F.; SILVA, M. S.; SOUZA, E. P.; DRAGAUD, I. C. D. V; SOUZA, L. S.; MORAES, N. O.; ALMEIDA, V. A.; ALMEIDA, M. V.; FROTA, M. N. ARAÚJO, A. A. M.; CARDOZO, K. N.; VIANA, L. Q. A teleconnection study between oceanic oscillations and trends in precipitation extremes in the Paraíba do Sul River Basin. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 152, n. 3, p. 1095-1113, 2023.

STEPHENSON, D. B. Definition, diagnosis and origin of extreme weather and climate events. In: DIAZ, H.F e MURNANE, R. J (org.). **Climate Extremes and Society**, Cambridge University Press, p. 11-23, 2008.

SUN, Q.; ZHANG, X.; ZWIERS, F.; WESTRA, S.; & ALEXANDER, L. V. A global, continental, and regional analysis of changes in extreme precipitation. **Journal of Climate**, v. 34, n. 1, p. 243-258, 2021. TAN, M. L.; SAMAT, N.; CHAN, N. W.; LEE, A. J.; LI, C. Analysis of precipitation and temperature extremes over the Muda River Basin, Malaysia. **Water**, v. 11, n. 2, p. 283, 2019

TAVARES, C. M. G. **OS IMPACTOS DOS EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE PETRÓPOLIS: UM ESTUDO SOCIOAMBIENTAL**. Dissertação de Mestrado (em Geografia), Programa de Pós-graduação em Geografia-PPGEO-UFJF, 2021.

TAVARES, C. M. G.; FERREIRA, C. C. M. A relação entre a orografia e os eventos extremos de precipitação para o município de Petrópolis-RJ. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020.

TEOBALDO NETO, A.; AMORIM, M. C. C. T. A Geografia e a face da vulnerabilidade social em Cuiabá-MT: quem são e onde estão os mais vulneráveis às mudanças climáticas. In: SILVA, C. A (Org.). **Climatologia geográfica: conceitos, métodos, experimentos**. Porto Alegre, RS: TotalBooks, 2022.

VALVERDE, M. C.; CARDOSO, A. C.; BRAMBILA, R. O padrão de chuvas na região do ABC Paulista: os extremos e seus impactos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, 2018.

XU, F.; ZHOU, Y.; ZHAO, L. Spatial and temporal variability in extreme precipitation in the Pearl River Basin, China from 1960 to 2018. **International Journal of Climatology**, v. 42, n. 2, p. 797-816, 2022.

ZANDONADI, L.; ACQUAOTTA, F.; FRATIANNI, S.; ZAVATTINI, J. A. Changes in precipitation extremes in Brazil (Paraná River basin). **Theoretical and applied climatology**, v. 123, n. 3, p. 741-756, 2016.

ZHANG e YANG- ZHANG, X.; YANG, F. **RClimDex (1.0) User Guide**. Climate Research Branch, Environment Canada: Downsview, Ontario, Canada, 2004.