

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS**  
**CURSO DE GEOGRAFIA**

**THIAGO ALVES DE OLIVEIRA**

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AS CHUVAS NO SUDESTE DO BRASIL: TENDÊNCIAS E  
EVENTOS EXTREMOS**

Juiz de Fora  
2023

**Thiago Alves de Oliveira**

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AS CHUVAS NO SUDESTE DO BRASIL: TENDÊNCIAS E  
EVENTOS EXTREMOS**

Monografia apresentada, no formato de artigo, ao  
Curso de Geografia da Universidade Federal de Juiz  
de Fora como requisito parcial à obtenção do título  
de Bacharel em Geografia

Orientadora: Profa. Dra. Cássia de Castro Martins Ferreira

Juiz de Fora

2023

**Thiago Alves de Oliveira**

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AS CHUVAS NO SUDESTE DO BRASIL: TENDÊNCIAS E  
EVENTOS EXTREMOS**

Monografia apresentada ao Curso de Geografia da  
Universidade Federal de Juiz de Fora como  
requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em  
Geografia

Aprovada em 19 de Janeiro de 2023

**BANCA EXAMINADORA**



---

Profa. Dra. Cássia de Castro Martins Ferreira - Orientadora  
Universidade Federal de Juiz de Fora- UFJF



---

Profa. Dra. Débora Couto de Assis  
Centro de Sensoriamento Remoto – UFMG



---

Prof. Dr. Fabio de Oliveira Sanches  
Universidade Federal de Juiz de Fora-UFJF

## **INTRODUÇÃO**

Com a recente publicação do sexto relatório (AR6), pelo Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas (IPCC), no ano de 2021, ficou mais evidente a influência das atividades antropogênicas no aquecimento climático global (IPCC, 2021). Os reflexos do aquecimento do sistema climático podem ser diversificados nos atributos climáticos e na sua escala de abrangência, entendendo que as repercussões das mudanças climáticas podem ser observadas em diversos níveis escalares.

Após ultrapassar a marca de 1°C de aquecimento médio global, diversos impactos puderam ser elencados pelo relatório (AR6) que podem ser exemplificados pelas ondas de frio e de calor, elevação do nível médio dos mares, inundações, movimentos de massa, tornados, eventos de seca extrema, dentre outros (IPCC, 2021).

A identificação desses eventos, seja na sua frequência, intensidade e duração, se torna importante na medida em que os episódios extremos são os mais calamitosos às organizações humanas. 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 muito importante, na medida em que permite observar tanto regionalmente, bem como localmente os reflexos das mudanças climáticas globais (EZZAZ 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. É importante destacar as diferenças entre as medidas de mitigação e adaptação. “A mitigação enfatiza a fonte das mudanças climáticas e as ações de adaptação destacam suas consequências” (MOREIRA e NUNES, 2017, p.34), ou seja, a adaptação possui um caráter mais imediato e baseia nos impactos e nos danos já observados e projetados, enquanto que a mitigação está associada à redução/ controle das fontes da mudança do clima.

O Plano Nacional de Adaptação da Mudança do Clima (BRASIL, 2016) afirma que os eventos superiores a 30mm 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 imprevisibilidade que dificulta e pode gerar 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). O que demandaria de forma imediata a construção de 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 a 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.

No Brasil, Ferreira et al (2017) estudaram as chuvas região Nordeste do Brasil; Murara et al (2019) 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) avaliaram as tendências dos dados de precipitação na bacia do Rio Paraná; Natividade et al (2017) investigaram a partir de dados de reanálise os dados de precipitação em Minas Gerais; Paz et al (2019) estudaram as tendências dos extremos de precipitação no município de Uberaba-MG, destacam 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 01). As

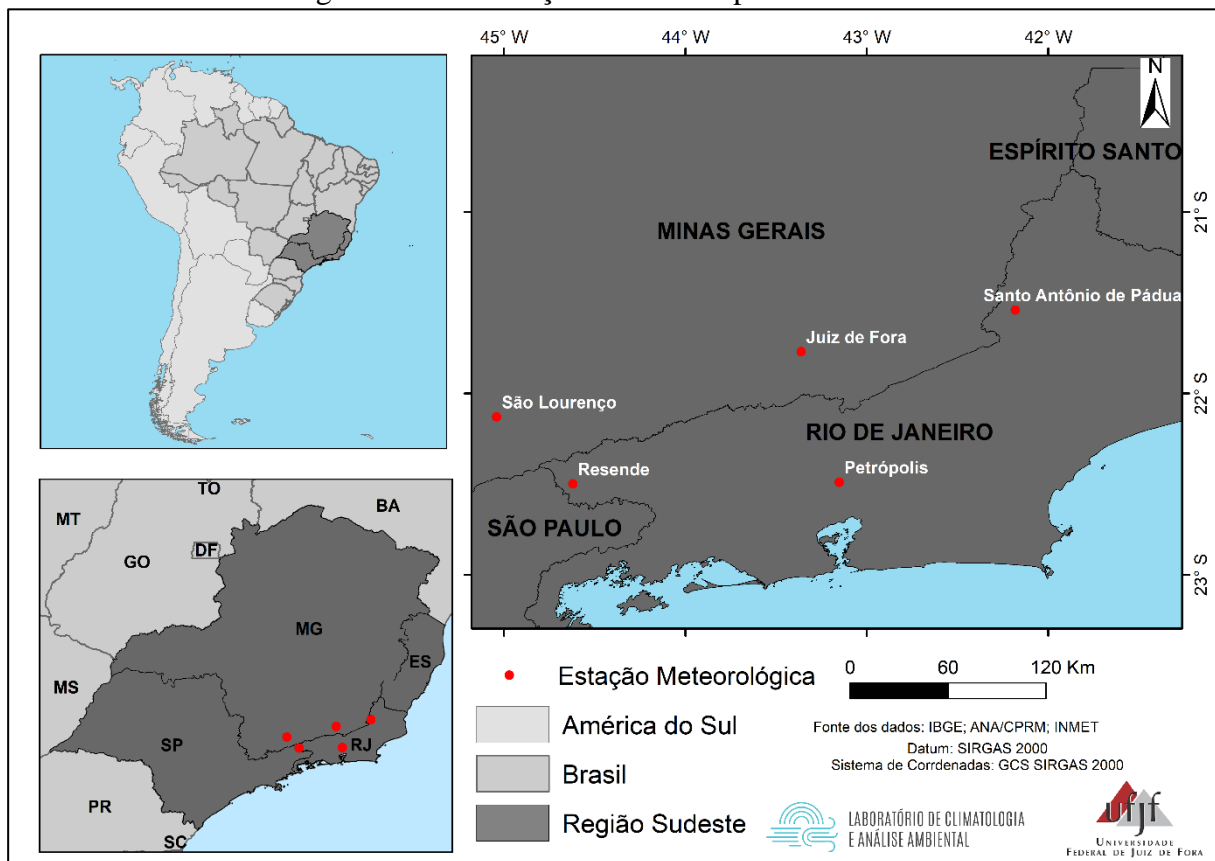
idades investigadas têm população estimada variando dos 40 mil habitantes em Santo Antônio de Pádua-RJ aos 577 mil em Juiz de Fora-MG (Tabela 1), de acordo com o IBGE (2022).

Tabela 01: 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.

Figura 01: Localização dos municípios estudados.



Fonte: organizado pelo autor.

Como coloca Abreu (1998), a localização do estado de Minas Gerais, faz com que o mesmo sofra interferência tanto de fenômenos meteorológicos tropicais como aqueles advindos das latitudes médias. Já Nunes et al (2009) afirmam que as chuvas na região sudeste do Brasil são muito influenciadas pelos fatores geográficos (relevo, maritimidade), além da dinâmica dos sistemas atmosféricos que atuam na região.

Dentre os principais sistemas atmosféricos atuantes, podemos apontar a Massa Tropical Atlântica (mTa), a Massa Polar Atlântica (mPa) e, conseqüentemente, 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).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados utilizados no trabalho foram acessados junto à Agência Nacional de Águas-ANA a partir do seu repositório no site hidroweb < [www.snirh.gov.br/hidroweb/](http://www.snirh.gov.br/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 < <https://portal.inmet.gov.br/>>.

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 01).

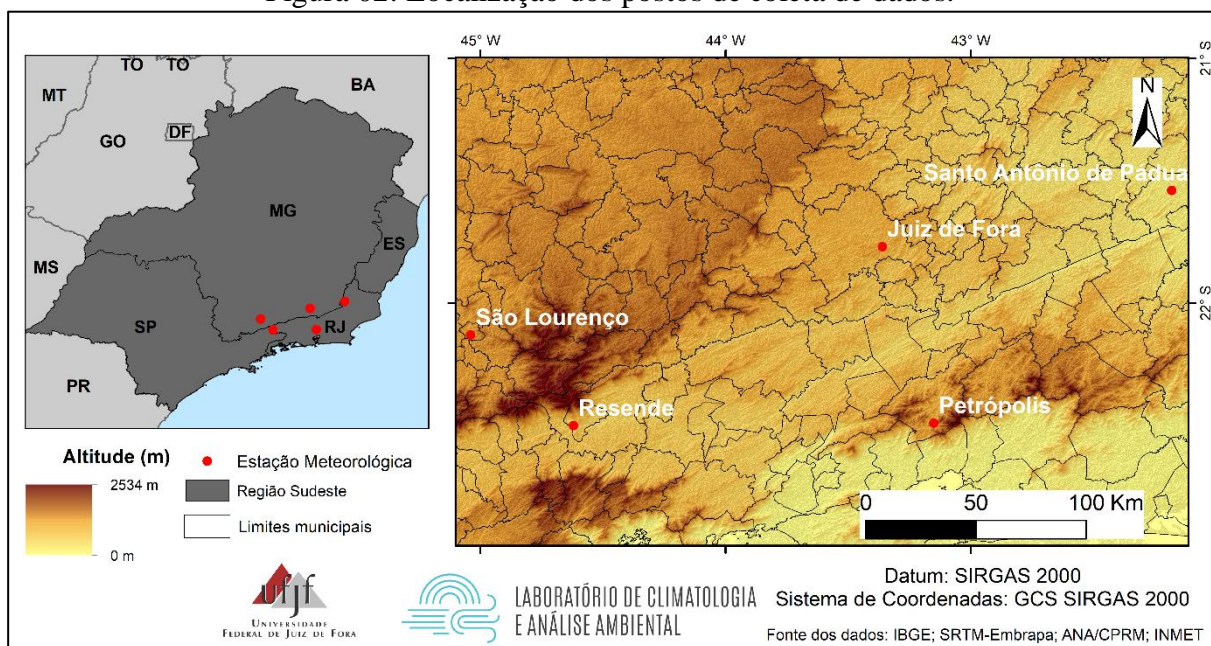
Quadro 01: Informações das estações utilizadas

| Nome         | Município/Estado           | Órgão    | Altitude | Falhas (%) |
|--------------|----------------------------|----------|----------|------------|
| Funil        | Resende-RJ                 | ANA/CPRM | 469m     | 2,7        |
| Itamarati-Se | Petrópolis- RJ             | ANA/CPRM | 793m     | 0,37       |
| 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.

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.

Figura 02: Localização dos postos de coleta de dados.



Fonte: organizado pelo autor

## OS ÍNDICES APLICADOS

Foram aplicados oito índices aos dados de precipitação das cinco localidades, conforme o quadro 02, de acordo com os procedimentos sugeridos pelo ETCCDI (ZHANG e YANG, 2004).

Quadro 02: 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).



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*.

Este 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:

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

Onde:

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} 1, & \text{se } x > 0 \\ 0, & \text{se } x = 0 \\ -1, & \text{se } x < 0 \end{cases}$$

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

$$\sigma^2 = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^P t_j(t_j-1)(2t_j+5)}{18} \quad (2)$$

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.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma}, & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

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 utilizado 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 (4)

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

Onde:  $x$  e  $y$  são, respectivamente, as variáveis dependente e independente; o  $m$  constitui o coeficiente angular; o  $n$  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

### OS TOTAIS ANUAIS DE PRECIPITAÇÃO E O ÍNDICE DE INTENSIDADE DIÁRIA-SDII

Os dados dos totais anuais em dias chuvosos (PRPCTOT) indicam que duas estações apresentam tendências de redução significativa, Resende e São Lourenço (Figura 03). 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 02).

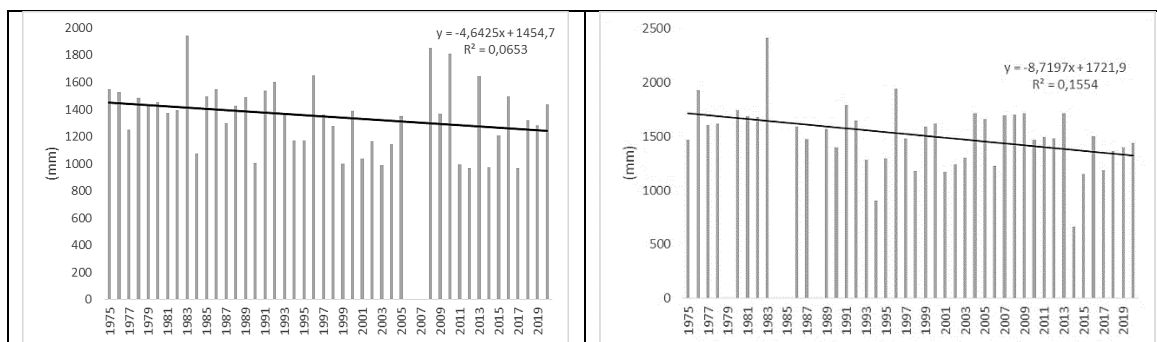
Tabela 02: Estatística de Mann-Kendall para o indicador PRPCTOT

| 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> |

Valor crítico  $1,96 < z < 1,96$ . Organizado pelos autores.

Figura 03: Indicador PRPCTOT para os postos de Resende (a) e São Lourenço (b).

|     |     |
|-----|-----|
| (a) | (b) |
|-----|-----|



Fonte: Organizado pelos autores.

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

Nas outras estações (Petrópolis, Juiz de Fora e Santo Antônio de Pádua) observam tendências não significativas de mudança para os dados de Petrópolis (-183,5mm) e Santo Antônio de Pádua (-31,8mm) com tendência negativa; Em Juiz de Fora com tendência positiva (+43,8mm). 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 03), 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 -2,6mm/dia. Para estes dois casos, as tendências foram consideradas significativas estatisticamente.

Tabela 03: Estatística de Mann-Kendall para o indicador SDII

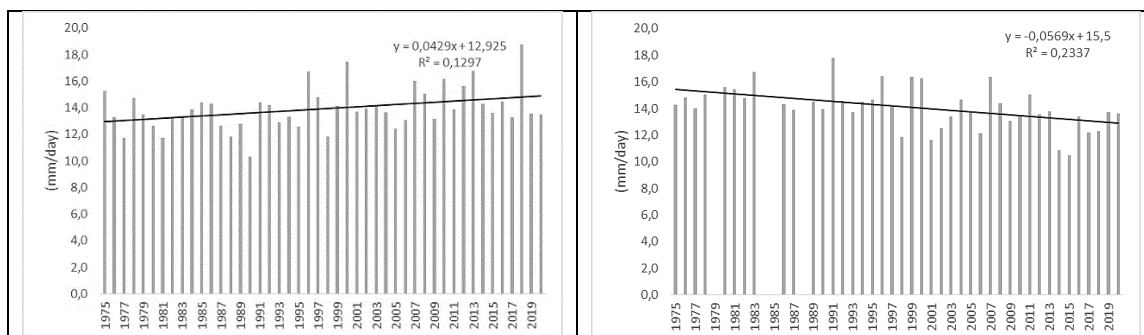
| São Antônio de Pádua | Petrópolis | Juiz de Fora | Resende | São Lourenço |
|----------------------|------------|--------------|---------|--------------|
| <b>2,08</b>          | 1,18       | 0,86         | -1,00   | <b>-3,37</b> |

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 04).

Figura 04: Índice Simples de Intensidade Diária (SDII) para Santo Antônio de Pádua (a) e São Lourenço (b).

|     |     |
|-----|-----|
| (a) | (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, +1,0mm/dia e -0,6mm/dia, respectivamente.

### R10; R20 e R50

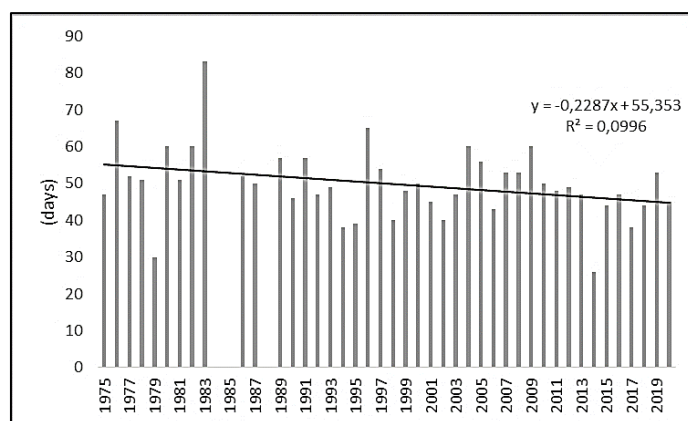
Os indicadores de frequência das chuvas diárias, em diferentes intensidades, mostram que apenas os dados de São Lourenço observam tendência negativa significativa dos dias com precipitações superiores a 10mm, registrando uma redução de 10 eventos de chuva superior a 10mm o período de 1975-2020 (Figura 05). Nas outras estações as tendências apresentam um valor baixo no *score z*, indicando, com pouca confiança para uma mudança no comportamento (Tabela 04), 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 04: 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        |

Valor crítico  $1,96 < z < 1,96$ . Organizado pelos autores.

Figura 05: Indicador R10 para o município de São Lourenço



Fonte: Organizado pelo autor.

Nas demais estações, como Juiz de Fora e Santo Antônio de Pádua, nas classes de frequência superiores a 20mm, 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 10mm e 20mm. No entanto, os resultados também demonstram que os eventos superiores a 50mm estão se tornando mais frequentes. A frequência de dias com chuva superior a 20mm registrou redução de 7, 6 e 6 dias nas estações de Resende, Petrópolis e São Lourenço. Juiz de Fora teve 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 05). 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 05: 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 |

Valor crítico  $1,96 < z < 1,96$ . 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  $H_0$  (tendência não significativa). Nas 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), Pádua e Juiz de Fora registraram aumento de 1 evento e Petrópolis não apresentou alteração. O indicador R99p teve uma frequência baixa em todos os postos e as variações foram pequenas. O Rx1day tem uma redução de 20,1mm/dia em São Loureço, 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 no trimestre OND (Outubro, Novembro e Dezembro) em Juiz de Fora- MG (Tabela 06). 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) (Figura 06).

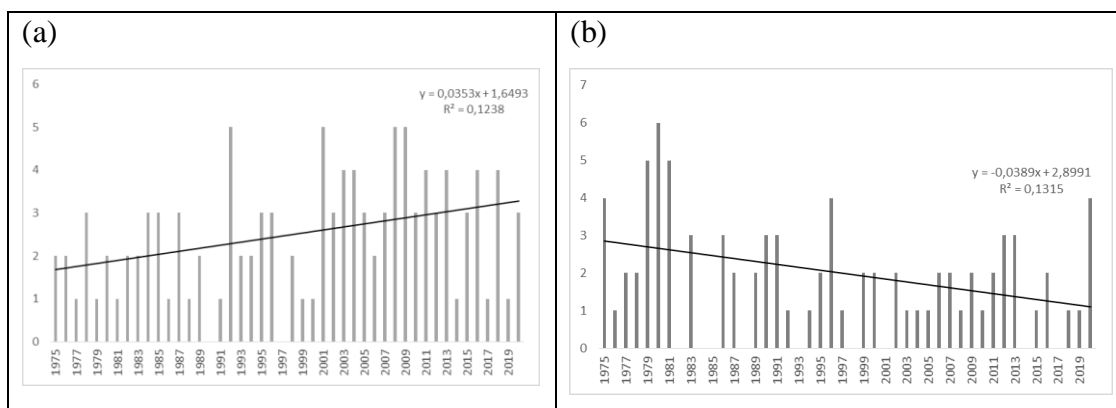
Tabela 06: Frequência dos eventos intensos de precipitação, por trimestre.

| 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> |

Valor crítico  $1,96 < z < 1,96$ . 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, houve aumento no primeiro e terceiro trimestres, enquanto que há redução no segundo e quarto, porém sem significância estatística.

Figura 06: 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 São Lourenço teve 2 eventos a menos quando comparado o início e o final da série, a partir da reta de tendência (Figura 07).

## DISCUSSÃO

As variações e tendências observadas nos dados influenciam diretamente a população urbana e rural dos municípios na medida em que desencadeiam diversos impactos como os movimentos de massa, inundações, seca extrema, enxurradas, etc. Resgatando os resultados observados na 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 10mm São Lourenço teve redução significativa (Figura 07).

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 à 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

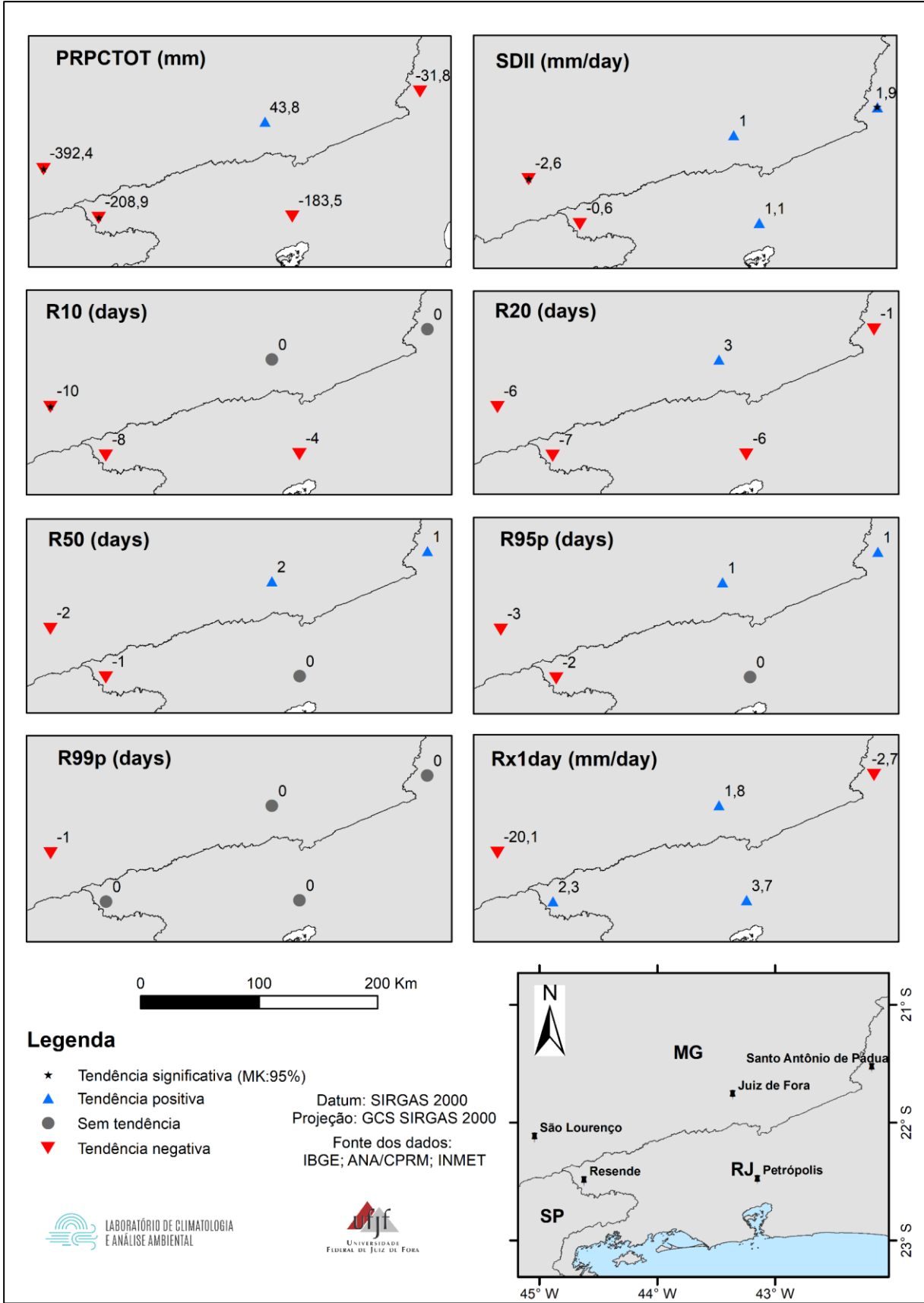
no verão do sudeste. Apesar de não repercutir em todos os postos, São Lourenço e Resende tiveram redução significativa nos totais anuais de precipitação. Valverde, Cardoso e Brambila (2018) também encontraram tendências de redução no indicador PRCPTOT em municípios do ABC paulista.

É importante destacar que as tendências de redução nos totais anuais (PRCPTOT) em quatro estações, não está diretamente relacionada aos outros indicadores (Figura 07). 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 frequência eventos de inundação na sua área urbana (Figura 09 b).

Figura 07: Espacialização dos índices investigados.

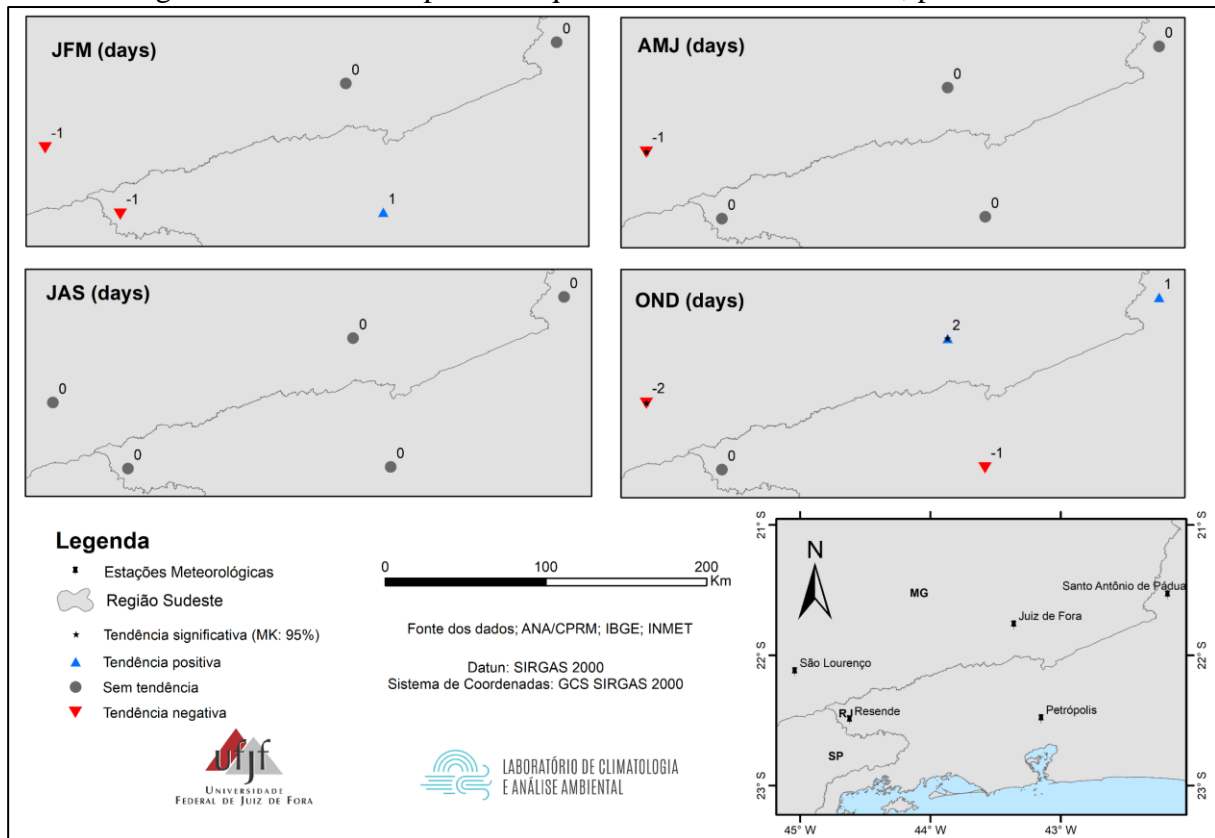




Fonte: Organizado pelos autores.

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 com redução das chuvas intensas em dois trimestres, AMJ (Abril, Maio e junho) e OND (Outubro, Novembro e Dezembro) enquanto Juiz de Fora tem elevação no trimestre OND (Outubro, Novembro e Dezembro) (Figura 08).

Figura 08: 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 (Figura 09a), 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.

Figura 09: Movimento de massa no município de Petrópolis; (b) Inundação em Santo Antônio de Pádua.



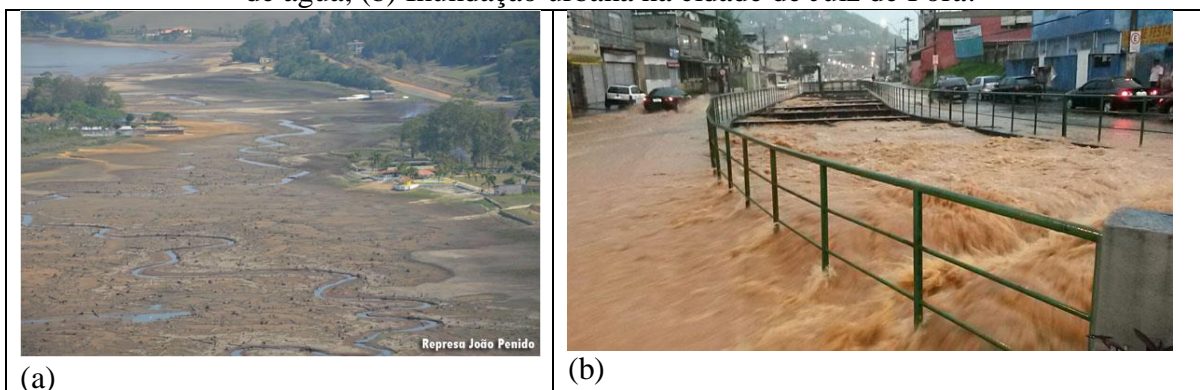
Fonte: Folha UOL/ G1- Norte Fluminense. Adaptado pelos autores.

Em Juiz de Fora, município mais populoso dentre os cinco municípios, os impactos das variações dos elementos climáticos desencadeiam diversos impactos (Figura 10). 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 tem tendência de elevação significativa nos totais mensais e na frequência dos eventos extremos, segundo Oliveira et al (2018) e Oliveira (2021), demonstrando que a indicação de tendência anual pode se diluir ao longo dos meses reforçando que merecem um olhar especial.

Assim como em diversos pontos do Sudeste, o ano de 2014 representou impactos ao abastecimento urbano, quando o reservatório de água chegou a níveis muito baixos (Figura 10 a), 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 (Figura 10b). Oliveira (2021) destacou que estes impactos se tornaram mais frequentes na cidade, sobretudo a partir dos anos 2000, quando também os eventos intensos ficaram mais frequentes.

Figura 10: Impactos em Juiz de Fora: (a) Represa de abastecimento urbano com baixo volume de água; (b) Inundação urbana na cidade de Juiz de Fora.

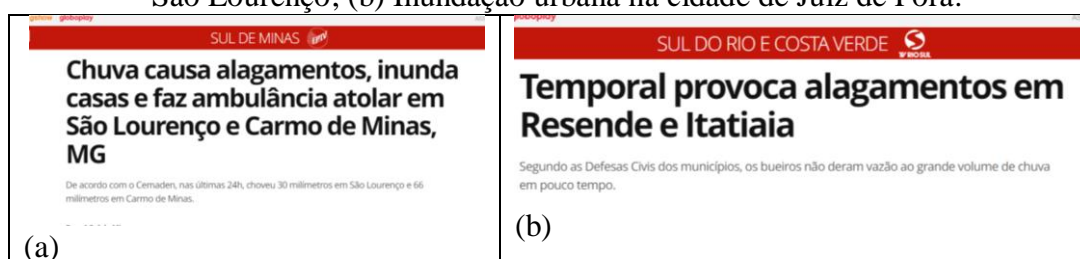


Fonte: Jornal Tribuna de Minas e Jornal O Pharol. Disponível em <<https://tribunademinas.com.br/noticias/cidade/14-10-2014/estiagem-leva-mananciais-a-nivel-critico-na-cidade.html>> e <<https://jornalopharol.com.br/2022/01/tem-algo-alem-da-chuva-nas-inundacoes-do-bairro-santa-luzia/>>.

Em Juiz de Fora, os impactos, como 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 (Figura 11a). 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 a inundação no município que engendram impactos à população (Figura 11b).

Figura 11: Impactos em São Lourenço e Resende: (a) Episódios extremos de precipitação em São Lourenço; (b) Inundação urbana na cidade de Juiz de Fora.



Fonte: G1-Sul de Minas e G1- Sul do Rio e Costa Verde. Disponível em <<https://g1.globo.com/mg/sul-de-minas/noticia/2023/01/24/chuva-causa-alagamentos-e-estragos-no-sul-de-minas.ghtml>> e <<https://g1.globo.com/rj/sul-do-rio-costa-verde/noticia/2020/01/06/temporal-provoca-alagamentos-em-resende-e-itatiaia.ghtml>>.

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 03).

Quadro 03: 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.  | Habitacões e atividades econômicas em áreas de risco (inundações e movimentos de massa) que caracterizam diferentes graus de exposiçao, conforme as limitaçoes do uso da terra. Contágio de doenças de veiculaçao 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 Habitaçao normalmente ligados aos de saneamento. Inadequaçao do Sistema de Drenagem devido a intensa impermeabilizaçao. Consequente contaminaçao dos recursos hídricos | Alta exposiçao 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 propagaçao de algumas doenças de veiculaçao hídrica.  |

Fonte: Adaptado de Brasil (2016).

Di Giulio et al (2016) afirmam que apesar do Brasil ter avançado com a criaçao do Plano Nacional de Adaptaçao 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 adaptaçao 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 adaptaçao deveriam ser levadas a efeito. Fiack et al (2021) destacam que a perspectiva da equidade social deve ser levada em consideraçao nas medidas de adaptaçao 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 implementaçao de medidas efetivas de enfrentamento às mudanças climáticas, como afirmam Neder et al (2021)

No caso de Santo Antônio de Pádua, com os diversos impactos associados à inundação são experimentados ao longo dos anos, entretanto por ser uma cidade de pequeno porte as dificuldades apresentadas podem retardar 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 “é fundamental a criação de espaços para o diálogo com as diversas organizações sobre a gestão dos riscos ambientais e adaptação à mudança climática”, dessa forma um primeiro passo para o estabelecimento de uma agenda para o enfrentamento da mudança climática é o entendimento dos fenômenos 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 (FONTANTA et al, 2021), entretanto as alterações e as mudanças climáticas já estão em curso, como foi mostrado na presente pesquisa, e 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 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, os principais resultados encontrados foram:

- Há 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 apresenta 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 e 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 e 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 na medida em 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.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

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. 2 v.

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.; GALVÍNCIO, 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.
- 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 Petropolis-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.