

## ANÁLISE DAS PROJEÇÕES DE EXTREMOS PLUVIOMÉTRICOS NAS 10 MAIORES CIDADES BRASILEIRAS NO PERÍODO DE 2025-2074

Amanda Costa dos Santos<sup>1</sup>  
Fernanda Aparecida Nascimento<sup>2</sup>  
Minella Alves Martins<sup>3</sup>

### Mudanças Climáticas

#### *Resumo*

Pesquisadores apontam um aumento gradativo de CO<sub>2</sub> na atmosfera, desta forma, provocando o aquecimento global, que contribui para o aumento das chuvas intensas. Estas representam grandes acumulados de chuvas em um curto tempo. Esta ocorrência aliada a impermeabilização do solo, ocupação de áreas irregulares e falta de infraestrutura das cidades gera inundações, alagamentos e deslizamentos em várias regiões do Brasil. A proposta deste presente trabalho é analisar os dados das 10 maiores cidades brasileiras, durante um período de 50 anos, utilizando dados de chuvas intensas através o índice RP95p, proveniente do modelo climático Eta-Miroc5. A partir da análise destes dados foi possível apresentar a tendência de chuvas extremas para o período 2025-2074, em grandes centros urbanos brasileiros. Pode-se notar um aumento considerável na magnitude dos extremos pluviométricos e na frequência de ocorrência na maioria das cidades analisadas. Sugerindo que os tomadores de decisão invistam em medidas de mitigação e adaptação às mudanças do clima, a fim de que as cidades se tornem mais resilientes a estes eventos que podem levar a desastres.

Palavras-chave: Chuvas Intensas; Mudanças Climáticas; Índice R95p; Cidades Resilientes.

<sup>1</sup>Graduanda em Engenharia Civil – Unisal – Lorena, SP., [amanda98.costa@hotmail.com](mailto:amanda98.costa@hotmail.com).

<sup>2</sup>Graduanda em Engenharia Civil – Unisal – Lorena, SP., [fernandhaparecida@gmail.com](mailto:fernandhaparecida@gmail.com).

<sup>3</sup> Professora, Engenharias, Unisal- Lorena, SP, [minella.martins@unisal.br](mailto:minella.martins@unisal.br)

## INTRODUÇÃO

A concentração de pessoas sobre um espaço gera impacto ambiental, logo a urbanização deve ser pensada em consonância com o meio ambiente para que não tenha riscos para a sociedade muito menos para a população.

A ocupação das áreas de risco, por exemplo, margens de rios e encostas, coloca em perigo a população. Aliado à ocupação de áreas de risco, o aumento da frequência de ocorrência de extremos climáticos vem causando grandes impactos à população, principalmente nas grandes cidades, onde está concentrado número maior de pessoas (TUCCI, 2004).

Uma das causas do aumento da frequência de extremos climáticos são as mudanças que vêm sendo observadas no clima. Dentre elas, o aumento da temperatura, conseqüentemente, alterando o ciclo hidrológico (SILVA et. al, 2017).

Estes extremos em cidades não planejadas geram um grande impacto. Para haver a diminuição dos impactos destes desastres é necessária a construção de cidades resilientes. Com base em dados hidrológicos é possível apontar as áreas de maior risco gerando possíveis ações de prevenção (SAITO et.al, 2019).

O Instituto Nacional de Pesquisa Espacial - INPE disponibiliza dados para simulações de projeções de extremos pluviométricos, a partir dos quais é possível realizar estudos das tendências de precipitações no futuro (ALMAGRO; OLIVEIRA, 2019).

Neste sentido, este estudo teve a finalidade de analisar as projeções de extremos pluviométricos, no período de 50 anos (2025 a 2074), nas 10 maiores cidades brasileiras, demonstrando a frequência de extremos pluviométricos no futuro e comparando com o clima presente e provendo informações para subsidiar o planejamento das cidades assim como revisão de parâmetros para projetos hidráulicos.

## METODOLOGIA

A área de estudo do presente trabalho abrangerá as 10 maiores cidades brasileiras, selecionadas a partir do último censo do IBGE (2010), sendo elas: Fortaleza, São Paulo, Belo Horizonte, Recife, Rio de Janeiro, Curitiba, Salvador, Guarulhos, Vitória e Porto

Alegre. A prioridade da seleção era incorporar não somente cidades populosas, mas também cidades povoadas, ou seja, com alta densidade demográfica. Isso porque muitos dos desastres hidrometeorológicos ocorrem em regiões com alta densidade demográfica (LUCAS et al, 2018).

Com base nas cidades selecionadas foi obtido o índice R95p a partir dos dados de projeção climática do modelo Eta-Microc5 (CHOU et al. 2014), disponível na plataforma Projeta (<https://projeta.cptec.inpe.br/#/dashboard>). A plataforma criada pelo CEPTEC/INPE, fornece dados de projeções climáticas regionalizadas para o Brasil, possibilitando acesso a diversos parâmetros climáticos.

O índice R95p representa a precipitação anual total dos dias em que a precipitação for maior que o percentil 95 (mm) (PETERSON, 2005). O R95p pode ser representado pela equação 1.

$$R95p = \sum RR_{wj} = 1 \text{ sendo onde } RR_{wj} > RR_{wn95} \quad (1)$$

Os Cenários climáticos escolhidos para análise são o RCP 4.5 e RCP 8.5. Estes representam as trajetórias da população e economia, como elas vão reagir com o passar dos anos, levando em consideração a emissão de gases de efeito estufa para o futuro. Sendo o RCP4.5 um cenário otimista e o RCP8.5 um cenário pessimista. O período Histórico representa o clima presente.

Foram analisadas as diferenças percentuais em termos de magnitude do índice R95p do futuro em relação ao presente. Além disso, observou-se também a frequência de ocorrência.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo foi possível analisar o índice R95p para as 10 cidades, onde pode-se notar um aumento significativo na frequência de extremos climáticos na maioria dos municípios analisados, a Figura 1a apresenta o número de ocorrências de extremos pluviométricos ultrapassando os 650mm em cada uma das 10 cidades. Enquanto na Figura 1b é possível observar um aumento relativo no volume das precipitações para o futuro em relação ao clima presente, levando em consideração o valor mais extremo no período histórico com o mais extremo projetado para o futuro para os dois cenários.

Levando em consideração apenas a frequência de eventos acima de 650 mm para o futuro quando comparado com o clima presente, é possível notar que Salvador e Recife são as cidades que possuem uma maior frequência de extremos no futuro. Enquanto Belo Horizonte possui a menor frequência em relação as demais cidades.

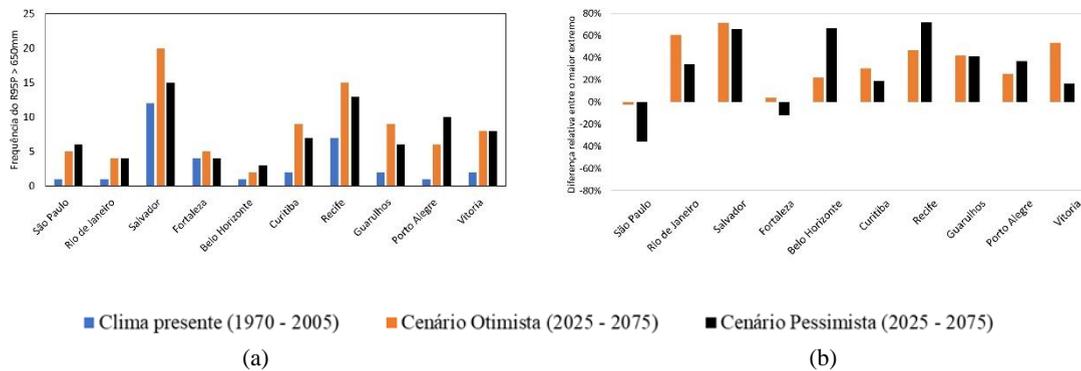


Figura 1- Frequência de ocorrências de extremos pluviométricos acima de 650 mm (a) e variação relativa da magnitude de extremos (b) para as 10 maiores cidades brasileiras.

Analisando a diferença relativa, ou seja, em termos percentuais (Figura 1b), nota-se a maioria das cidades apresenta aumento considerável no maior evento de precipitação e que, somente as cidades de São Paulo e Fortaleza tendem a reduzir os maiores picos. Interessante notar também que, apesar de Belo Horizonte apresentar menor frequência de eventos de precipitação maior que 650 mm, quando comparado com as demais cidades, foi a cidade que apresentou uma das maiores diferenças relativas no maior evento de chuva registrado, chegando a quase 70% de aumento para o cenário pessimista.

Dessa forma pode-se ressaltar que todas as cidades estudadas apresentaram aumento na frequência de extremos pluviométricos maiores que 650mm. Em virtude disso é necessário que as cidades desenvolvam práticas para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e planejar-se para adaptar-se às mudanças projetadas.

## CONCLUSÕES

Pode-se notar um aumento considerável na magnitude dos extremos pluviométricos e na frequência de ocorrência. Estes dados preocupam, pois, nos últimos anos estas mesmas

idades têm vivenciado eventos pluviométricos que colocam em risco a população e sua mobilidade dentro das cidades. Ao analisar um aumento de eventos extremos sugere-se que os tomadores de decisão devem investir em medidas de mitigação e em um melhor planejamento, a fim de que as cidades estejam adaptadas e mais resilientes a estes eventos.

## REFERÊNCIAS

ALMAGRO, A.; OLIVEIRA, P. T. Avaliação da precipitação simulada pelos modelos ETA/HADGEM2-ES e ETA/MIROC5 para o Brasil. 71<sup>a</sup> **Reunião Anual da SBPC**, Campo Grande / MS. p. 4, 2019

CHOU, S.C., LYRA, A., MOURÃO, C., DEREZYNSKI, C., PILOTTO, I., GOMES, J., BUSTAMANTE, J., TAVARES, P., SILVA, A., RODRIGUES, D., CAMPOS, D., CHAGAS, D., SUEIRO, G., SIQUEIRA, G., MARENGO, J. Assessment of climate change over South America under RCP 4.5 and 8.5 downscaling scenarios. 2014. **Am. J. Clim. Change** 03, 512–527. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2014.35043>.

Instituto Nacional de Geografia e Estatística – IBGE. Censo demográfico 2010. **Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro**. 2011.

LUCAS T.P., PARIZZI M. G., ABREU M. L. Distribuição espacial e densidade por área (km<sup>2</sup>) do total de registros de impactos hidrometeorológicos ocorridos nas estações chuvosas 2010-11 e 2011-12, em Belo Horizonte – MG. **Revista brasileira de climatologia**, pag 230 – 251. Nov, 2018.

PETERSON, T.C.C. ClimateChangeIndices. WMO Bulletin, 54 (2), 83-86. 2005. Disponível em: <<http://etccdi.pacificclimate.org/papers/WMO.Bulletin.April.2005.indices.pdf>> Acesso em 07-03-2020.

SAITO, S. M.; DIAS, M. C. DE A.; ALVALÁ, R. C. DOS S.; STENNER, C.; FRANCO, C.; RIBEIRO, J. V. M.; SOUZA, P. A. DE; SANTANA, R. A. S. DE M. População urbana exposta aos riscos de deslizamentos, inundações e enxurradas no Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 31, 2019.

SILVA, R. O. B. DA; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SOUZA, W. M. de; Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. **Eng. Sanit. Ambient.**, v.22 n.3, p.579-589, 2017.

TUCCI, C.E.M. “Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil” in REGA: Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 1, n 1, p. 59-73. 2004.