

## ANÁLISE DAS PROJEÇÕES DE EXTREMOS PLUVIOMÉTRICOS DAS TRÊS MAIORES CIDADES DA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL NO PERÍODO DE 2025-2099 COM USO DO MODELO Eta-CANESM2

Ana Claudia de Godoy do Prado<sup>1</sup>

Minella Alves Martins<sup>2</sup>

### Mudanças climáticas

#### Resumo

A população urbana no Brasil está crescendo nos últimos tempos, isso tem influenciado no panorama das cidades. Cidades mais impermeabilizadas aliadas às mudanças do clima tem originado diversos desastres, como as inundações e deslizamentos ocasionados pelos extremos pluviométricos. Tais desastres causam diversos danos à população desde perdas materiais até perdas de vidas. Devido a isso este trabalho objetivou-se a analisar as projeções futuras de chuvas extremas das três cidades mais populosas do sudeste do Brasil. Utilizou-se dados de projeção climática do modelo Eta-CanESM2. Foi analisado o índice R95P que represente as precipitações acima do percentil 95. Foi constatado que há um aumento da magnitude das chuvas extremas para as cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. Além disso, a frequência de ocorrência de tais eventos também apresentou aumento. Tendo em vista os eventos pluviométricos do verão de 2020 nessas três cidades aliados aos dados de projeção futura apresentados, sugere-se uma revisão dos parâmetros hidrológicos (curva IDF, por exemplo) que subsidiam projetos hidráulicos nas cidades, a fim de buscar um melhor planejamento e tornar tais cidades mais adaptadas ao clima futuro.

**Palavras-chave:** Mudanças climáticas; Desastres; Cidades adaptadas;

## INTRODUÇÃO

Nas grandes cidades, onde ocorre um aumento abrupto da urbanização não planejada, uma série de problemas causa comprometimento ao bem-estar e muitas vezes risco à vida da população. Dentre estes citam-se a ocupação de áreas de risco, ocupando áreas de mananciais e risco de inundações e escorregamentos. Aliado à problemática da ocupação

<sup>1</sup> Aluna no curso de Engenharia Civil, UNISAL – campus São Joaquim, ana\_claudia\_godoy@hotmail.com.

<sup>2</sup> Professora das Engenharias, UNISAL – Campus São Joaquim, minella.martins@unisal.br.

irregular, o crescimento das cidades leva à uma maior impermeabilização dos solos e retirada de áreas naturais, levando a mudanças do clima local.

Grandes centros urbanos vêm sendo afetados por extremos relacionados ao clima. As causas incluem alterações do clima local e mudanças climáticas globais (MARENGO *et al.*, 2020). Os efeitos são alterações nos padrões de chuvas extremas e, conseqüentemente, nos alagamentos e inundações. Estes efeitos estão se tornando mais frequentes em muitos países, particularmente nas grandes cidades, onde a densidade demográfica é maior (MARENGO *et al.*, 2013). De acordo com o estudo realizado por Bosher (2011), o número de pessoas que vive em risco de enchentes devastadoras no mundo alcançará dois bilhões em 2050. Dados do *International Strategy for Disaster Reduction - ISDR*, das Nações Unidas, publicados em 2009, indicam que atualmente as enchentes atingem cerca de 102 milhões de pessoas por ano (FREITAS *et al.*, 2012).

Neste sentido, o presente trabalho objetivou avaliar os índices de extremos pluviométricos nas 3 maiores cidades brasileiras da região sudeste do Brasil e correlacionar os resultados com a necessidade de mudanças no planejamento destas cidades.

## METODOLOGIA

Para a escolha das três maiores cidades do sudeste do Brasil, levou-se em conta o maior número de habitantes e que também tivesse uma alta densidade demográfica. Estes dados foram obtidos a partir do último censo demográfico do Instituto Nacional de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). Estas cidades estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1 – As 3 cidades mais populosas do sudeste do Brasil com suas respectivas populações e densidades demográficas

<b>Código da Unidade Geográfica</b>	<b>Município</b>	<b>População 2010 (hab.)</b>	<b>Densidade Demográfica 2010 (hab./km<sup>2</sup>)</b>
<b>3550308</b>	São Paulo	11 253 503	7 387,69
<b>3304557</b>	Rio de Janeiro	6 320 446	5 265,81
<b>3106200</b>	Belo Horizonte	2 375 151	7 167,02

Fonte: desenvolvido pelo autor com base nos dados IBGE (2010).

Para realizar o presente trabalho utilizou-se um modelo de projeção climática com dados referentes ao período 2025-2099.

Os dados de projeção climática foram obtidos a partir do banco de dados de projeções de mudança do clima para a América do Sul, regionalizadas pelo modelo Eta (<https://projeta.cptec.inpe.br/#/dashboard>). O modelo selecionado foi o *Canadian Earth System Model* (CanESM2), o qual combina os componentes físicos do Modelo Climático Global Acoplado Canadense de Quarta Geração (CanCM4) (MERRYFIELD *et al.*, 2013) com o modelo regional Eta (CHOU *et al.* 2018). Portanto, denominado como Eta-CanESM2.

Para escolher o cenário futuro levou-se em conta que o RCP4.5 significa um futuro otimista e o RCP8.5 significa que um futuro pessimista, em termos de emissão de CO<sub>2</sub>. O clima presente é representado pelos dados históricos do modelo.

Foi utilizado o índice R95p na realização das análises. Pode-se dizer que o R95p é o total de precipitação anual nos dias úmidos em que o resultado é maior que o percentil 95. Um percentil indica que há x% de dados inferiores, ou seja, os percentis dividem o conjunto de dados em 100 partes iguais. Para o percentil 95 diz-se que há 95% de dados inferiores, os 5% restante considera-se como a precipitação máxima, ou seja, os 5% de precipitação diária mais intensas em um dado ano.

A análise foi feita através da diferença percentual entre o índice no período presente e o projetado para o futuro, levando em consideração a magnitude dos extremos e a frequência de ocorrência.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1a-c são apresentadas as análises para os municípios de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, respectivamente. Foram analisados os dados do índice R95P para cada município. A linha preta representa o comportamento dos extremos pluviométricos no clima presente, enquanto as linhas azul e vermelha representam os extremos pluviométricos para o clima futuro otimista e pessimista, respectivamente.

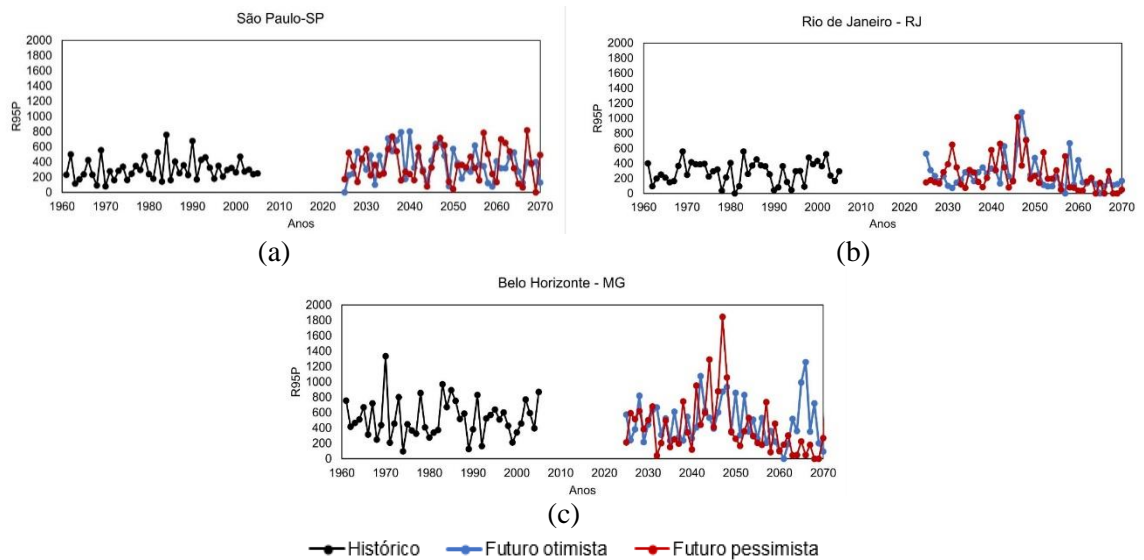


Figura1 – Índice R95p para o presente e futuro dos municípios de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte.

Fonte: Autor (2020).

Percebe-se que para os municípios São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, as chuvas intensas tendem a aumentar bruscamente tanto para o cenário otimista quanto para o pessimista. Em São Paulo o cenário histórico teve uma máxima de 756,8mm, e os cenários futuros obteve-se para o cenário otimista máximo de 1166mm e pessimista máximo de 1038mm. No Rio de Janeiro o cenário histórico foi de 558,8mm e os cenários futuros foi de 1299,9mm para cenário otimista máximo e 1125mm para o pessimista máximo. Em Belo Horizonte o cenário máximo histórico atingiu 1009,6mm, para os cenários futuros o resultado foi de 1763,9mm para o cenário otimista e 1933,7mm para o pessimista. De acordo com o cenário otimista onde teve a maior projeção em São Paulo e Rio de Janeiro haverá um aumento de 54,07% e 132,62 %, respectivamente, na magnitude das chuvas extremas. Para Belo Horizonte onde a maior projeção foi no cenário pessimista haverá um aumento de 74,71% na magnitude das chuvas extremas. Conforme demonstram as figuras nas figura 1a, 1b e 1c, pode-se constar ainda que, além do aumento dos extremos no período futuro, há um aumento da frequência de ocorrência dos extremos pluviométricos. Tais eventos acarretam sérios danos à sociedade. Como exemplo os eventos que ocorrem em Belo Horizonte em janeiro de 2020. De acordo com o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), Belo Horizonte registrou, em 24 horas, o maior volume de chuva contínua

em 110 anos: das 9h de 23 de janeiro até 9h de 24 de janeiro, a cidade recebeu 171,8 milímetros de chuva. O volume recorde de chuva provocou vários deslizamentos, inundações e alagamentos que resultaram em mortes na Região Metropolitana de Belo Horizonte. Situação similares ocorreram nos municípios de São Paulo e Rio de Janeiro.

## CONCLUSÕES

Com o uso do modelo Eta- CanESM2 foi possível observar uma tendência no aumento dos extremos pluviométricos para as três maiores cidades do sudeste brasileiro, pode-se observar também um grande crescimento nos picos.

Com isso pode-se concluir que essas cidades estudadas necessitam de uma maior atenção para um planejamento mais condizente com essa nova condição Hidrológica.

## REFERÊNCIAS

- BOSHER, Lee; DAINTY, Andrew. Disaster risk reduction and ‘built-in’ resilience: towards overarching principles for construction practice. **Disasters**, v. 35, n. 1, p. 1-18, 2011.
- CHOU, Sin Chan et al. Downscaling projections of climate change over South America and Central America under RCP4. 5 and RCP8. 5 emission scenarios. In: **Geophys. Res. Abstr.** 2018.
- MARENGO, Jose A. et al. Trends in extreme rainfall and hydrogeometeorological disasters in the Metropolitan Area of São Paulo: a review. **Annals of the New York Academy of Sciences**, 2020.
- MARENGO, Jose A.; VALVERDE, Maria C.; OBREGON, Guillermo O. Observed and projected changes in rainfall extremes in the Metropolitan Area of São Paulo. **Climate research**, v. 57, n. 1, p. 61-72, 2013.
- MERRYFIELD, William J. et al. The Canadian seasonal to interannual prediction system. Part I: Models and initialization. **Monthly weather review**, v. 141, n. 8, p. 2910-2945, 2013.