

## **Projeções futuras de precipitação para a Região Metropolitana de São Paulo (bacia da UHE Edgard de Souza) no horizonte de 2024 a 2060**

*Future Precipitation projections for the São Paulo Metropolitan Region  
(UHE Edgard de Souza basin) from 2024 to 2060*

*Proyecciones futuras de precipitaciones para la Región Metropolitana de São Paulo  
(Cuenca UHE Edgard de Souza) de 2024 a 2060*

### **João Paulo Jankowski Saboia**

Pesquisador MSc, Lactec, Brasil  
joao.saboia@lactec.com.br

### **Ricardo Carvalho de Almeida**

Professora Doutor, UFPR, Brasil  
rcalmeida@ufpr.br

### **Violet Ishak**

Mestranda, UFPR, Brasil  
violet.ishak@lactec.com.br

### **Grenda Izabeli Menezes da Silva**

Mestranda, UFPR, Brasil  
grenda.menezes@gmail.com

### **Isabella Ecard Barros**

Meteorologista, NESAs, Brasil  
isabellaBarros@norteenergiasa.com.br

## RESUMO

O conhecimento sobre cenários futuros, no contexto de mudanças climáticas, é fundamental para o planejamento urbano. Este trabalho traz uma análise sobre projeções de precipitação na escala mensal para a Região Metropolitana de São Paulo, representada pela média da bacia afluente à UHE Edgard de Souza, localizada no rio Tietê. No estudo foi realizada uma regionalização dinâmica de resultados de modelos do CMIP6, utilizando o modelo WRF, para os cenários SSP2-4.5 (emissão moderada) e SSP5-8.5 (alta emissão), além do período histórico (1980-2014). Séries reais de precipitação, para comparação com as séries modeladas, foram geradas para a bacia utilizando dados ANA e INMET. Em termos de valores médios, mínimos e máximos, o modelo produziu resultados próximos dos reais para o período histórico e, entre 2015 e 2023, o cenário SSP2-4.5 foi o que mais se aproximou da série real nas mesmas estatísticas. Para o período 2024-2060, as projeções indicam, em média, uma diminuição de precipitação para a Grande São Paulo. Tal resultado corrobora com outros estudos recentes para a mesma região, mas ressalta-se a importância da necessidade da constante revisão das projeções tendo em vista que os modelos em um passado recente, indicavam tendências contrárias para a mesma região.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mudanças Climáticas. Precipitação. Região Metropolitana de São Paulo.

## SUMMARY

*Knowledge about future scenarios, in the context of climate change, is fundamental for urban planning. This work presents an analysis of future precipitation on a monthly scale for the Metropolitan Region of São Paulo, represented by the average of the basin tributary to the Edgard de Souza HPP, located on the Tietê River. When carrying out the study, a dynamical regionalization of CMIP6 results was carried out, using the WRF model, for the SSP2-4.5 (moderate emission) and SSP5-8.5 (high emission) scenarios, in addition to the historical period (1980-2014). Real precipitation series, for comparison with the modeled series, were generated for the basin using ANA and INMET data. In terms of mean, minimum and maximum values, the model produced results close to the real ones for the historical period and, between 2015 and 2023, the SSP2-4.5 scenario was the one that came closest to the real series in the same statistics. For the period 2024-2060, projections indicate, on average, a decrease in precipitation for Greater São Paulo. This result corroborates other recent studies for the same region, but the importance of the need to constantly review projections is highlighted, considering that models in the recent past indicated opposite trends for the same region.*

**KEYWORDS:** Climate Changes. Precipitation. São Paulo Metropolitan Region.

## RESUMEN

*El conocimiento de los escenarios futuros, en el contexto del cambio climático, es fundamental para la planificación urbana. Este trabajo presenta un análisis de la precipitación futura a escala mensual para la Región Metropolitana de São Paulo, representada por el promedio de la cuenca tributaria de la UHE Edgard de Souza, ubicada en el río Tietê. Al realizar el estudio se realizó una regionalización dinámica de los resultados del CMIP6, utilizando el modelo WRF, para los escenarios SSP2-4.5 (emisiones moderadas) y SSP5-8.5 (emisiones altas), además del período histórico (1980-2014). Se generaron series de precipitación real para la cuenca, para compararlas con las series modeladas, utilizando datos de ANA e INMET. En términos de valores promedio, mínimos y máximos, el modelo arrojó resultados cercanos a los reales para el período histórico y, entre 2015 y 2023, el escenario SSP2-4.5 fue el que más se acercó a la serie real en la misma estadística. Para el período 2024-2060, las proyecciones indican, en promedio, una disminución de las precipitaciones en el Gran São Paulo. Este resultado corrobora otros estudios recientes para la misma región, pero se destaca la importancia de la necesidad de revisar constantemente las proyecciones, considerando que los modelos del pasado reciente indicaban tendencias opuestas para una misma región.*

**PALABRAS CLAVE:** Cambios climáticos. Precipitación. Región metropolitana de Sao Paulo.

## 1 INTRODUÇÃO

Os recentes episódios de seca (região Amazônica) e de cheia (região Sul do Brasil) em 2023, bem como a seca na bacia do Paraná em 2020-2021, ressaltaram a importância da segurança hídrica num contexto de mudanças climáticas.

Entender a quais possíveis cenários estaremos submetidos no futuro é fundamental para o planejamento urbano.

Neste contexto, o presente trabalho traz parte de um estudo sobre extremos climáticos de precipitação em bacias de usinas do Sistema Interligado Nacional (SIN) inserido no projeto de Pesquisa e Desenvolvimento do programa de P&D ANEEL (PD-07427-0222/2022) intitulado "Caracterização de eventos extremos de precipitação em bacias do SIN e projeções futuras com base em cenários de mudanças climáticas".

Neste projeto foram preparados cenários futuros até 2060 para 115 bacias que constituem o SIN e, neste trabalho, apresentamos uma análise sobre cenários de precipitação mensal gerados para a bacia afluente à usina hidrelétrica (UHE) Edgard de Souza, cuja barragem se localiza no rio Tietê, no município de Santana do Parnaíba e com área de afluência que abrange a região da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). O objetivo deste trabalho, portanto, é apresentar uma discussão sobre cenários de projeções de precipitação para esta bacia, tendo em vista sua importante localização.

Por se tratar de uma área bastante estratégica para o país, estudos similares já foram realizados nesta região, como o realizado por Marengo et al. (2013) e o mais recente publicado por Valverde et al. (2023). Armani et al. (2022) também publicaram estudo semelhante, mas abrangendo todo o estado de São Paulo, com projeções entre 2020 e 2050.

As discussões na literatura envolvendo projeções para a região também tratam de estratégias adaptativas, como o trabalho de Nobre et al. (2011). Os autores publicaram um relatório sobre a Região Metropolitana de São Paulo, sugerindo "medidas estratégicas que podem auxiliar os governos locais a consolidarem sua contribuição para a redução dos efeitos das mudanças climáticas" (Nobre et al. 2011, p. 19). Seu trabalho apresenta uma lista de propostas para viabilização de medidas de adaptação na RMSP, considerando diversos eventos como ondas de calor, precipitação intensa, períodos de seca, entre outros.

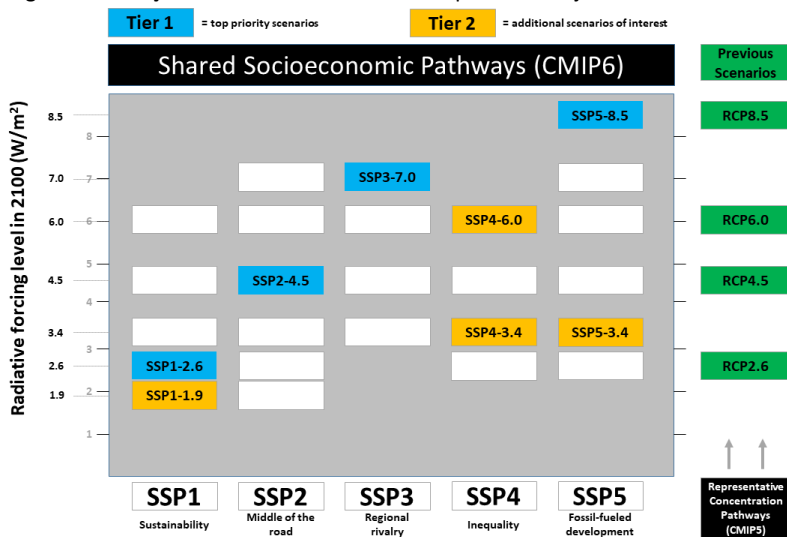
Com o presente trabalho esperamos trazer uma contribuição adicional sobre o conhecimento acerca do futuro da precipitação na região.

## 2 METODOLOGIA

Os dados de precipitação gerados no projeto foram selecionados com base nos cenários que compõem o Projeto de Intercomparação de Modelos Acoplados (*Coupled Model Intercomparison Project - CMIP*), organizado pelo Programa Mundial de Pesquisas Climáticas (*World Climate Research Programme*). Este projeto encontra-se na fase 6 (CMIP6) e conta com mais de 70 modelos climáticos. Os diferentes cenários presentes neste programa possuem

relação com variadas trajetórias socioeconômicas futuras (Figura 1) e, em nosso trabalho, foram escolhidos os cenários SSP2-4.5 (emissão moderada) e SSP5-8.5 (emissão extrema).

Figura 1 – Relação de cenários do CMIP6 com possíveis trajetórias socioeconômicas futuras



Fonte: O'Neill et al. (2016)

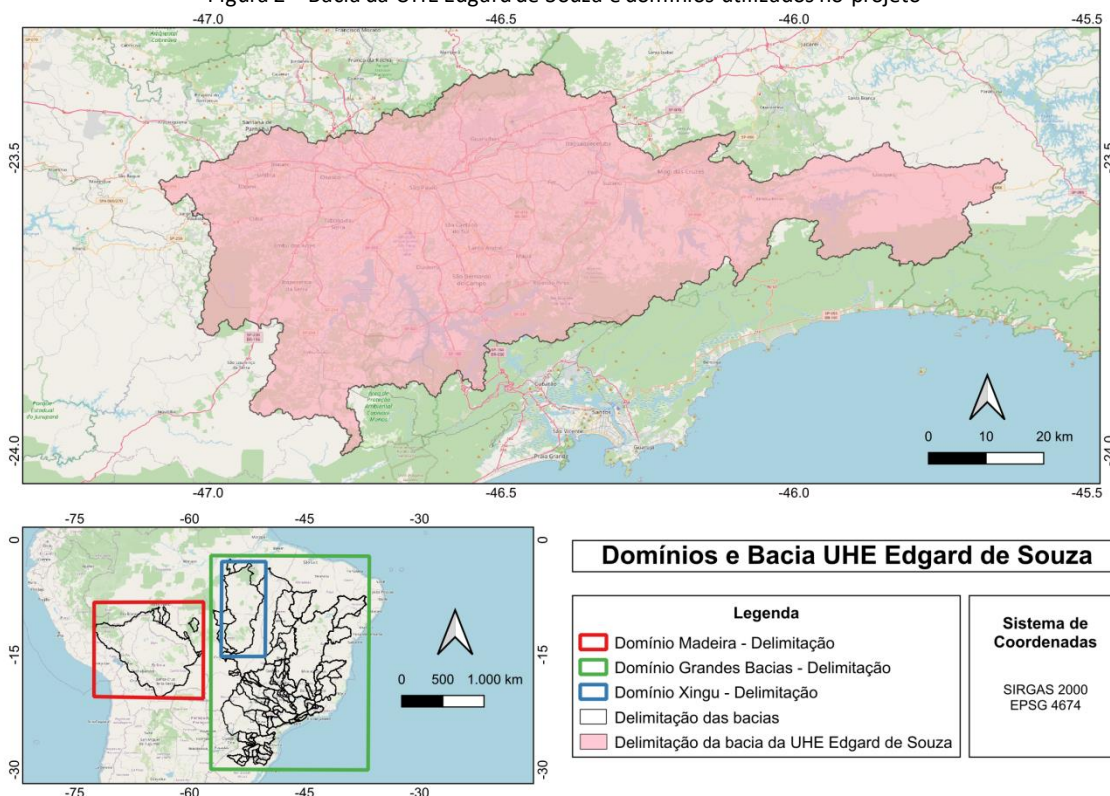
Para gerar as projeções de precipitação utilizadas no projeto, foi escolhida uma base de dados disponibilizada pelo *China Science Data Bank* (<https://www.scidb.cn/en/detail?dataSetId=791587189614968832>), descrita por Xu et al. (2021). Os autores que prepararam esta base utilizaram 18 dos mais de 70 modelos do CMIP6 e aplicaram uma correção preliminar de viés, sendo este um dos motivos para a escolha deste conjunto de dados.

Com os dados obtidos, foi realizada uma regionalização dinâmica utilizando o modelo Weather Research and Forecasting (WRF). Este procedimento é muito utilizado em estudos climáticos para buscar um melhor detalhamento dos resultados, tendo em vista que os modelos de circulação geral trabalham com uma resolução espacial menor, de modo a utilizar menos recursos computacionais e realizar os processamentos em menos tempo. A base preparada por Xu et al. (2021) apresenta uma resolução horizontal de 140 x 140 km.

A regionalização foi realizada empregando-se uma grade de resolução horizontal de 25 x 25 km, possibilitando estudar as bacias selecionadas para o projeto com um maior detalhamento. Este procedimento foi aplicado a 3 domínios distintos, de modo a abranger todas as bacias selecionadas no projeto. A Figura 2 mostra a delimitação da bacia Edgard de Souza, bem como domínios estabelecidos.

Com os resultados do WRF, foi produzida uma série de acumulados mensais de precipitação, a partir da média dos valores correspondentes aos pontos de grade localizados no interior da área delimitada pelo polígono da bacia afluente (imagem superior da Figura 2, no caso da UHE Edgard de Souza).

Figura 2 – Bacia da UHE Edgard de Souza e domínios utilizados no projeto



Fonte: Próprio autor

As simulações foram realizadas com dados de 1979 a 2060, sendo que o período histórico é de 1979 a 2014 (ano limite das simulações históricas do projeto CMIP6). A partir de 2015, são produzidos resultados para os dois cenários (SSP2-4.5 e SSP5-8.5). Como o ano de 1979 foi utilizado para "aquecimento" do modelo WRF, o período histórico foi definido abrangendo de 1980 a 2014. Além disso, os dados entre 2015 e 2023 servem para verificação do desempenho dos cenários em relação aos dados reais medidos na bacia.

Os dados do período histórico foram comparados com uma série de precipitação mensal produzida utilizando valores observados, coletados das bases de dados da ANA e do INMET. Assim foi possível verificar a capacidade do modelo em reproduzir a precipitação observada. Esta série contempla o período de 1921 a 2023. O Quadro 1 resume as séries preparadas e os períodos correspondentes.

Quadro 1 - Períodos correspondentes a cada série gerada

| Série de acumulados mensais de precipitação                | Período   |
|--|-----------|
| Série real, medições obtidas para a bacia                  | 1921-2023 |
| Série histórica modelada, regionalizada pelo WRF           | 1980-2014 |
| Série do cenário SSP2-4.5 modelado, regionalizado pelo WRF | 2015-2060 |
| Série do cenário SSP5-8.5 modelado, regionalizado pelo WRF | 2015-2060 |

Fonte: Próprio autor.

Mesmo com a correção preliminar de vieses realizada por Xu et al. (2021), notou-se que a precipitação produzida na regionalização também apresentava algum viés que precisava

ser corrigido para uma avaliação adequada dos cenários futuros. Esta é uma etapa fundamental para a análise de cenários futuros de precipitação.

Esta correção foi realizada testando quatro métodos diferentes, e escolhendo aquele que apresentasse o menor viés estatístico.

O primeiro trata-se de uma equação de regressão linear entre dados modelados e observados, obtida para cada mês do ano e dividida em três partes, a fim de obter o melhor ajuste possível para valores altos, baixos ou intermediários. Esta foi uma alternativa inicialmente tratada apenas como provisória durante o estudo, mas que foi mantida por se apresentar como a melhor opção de correção para algumas bacias.

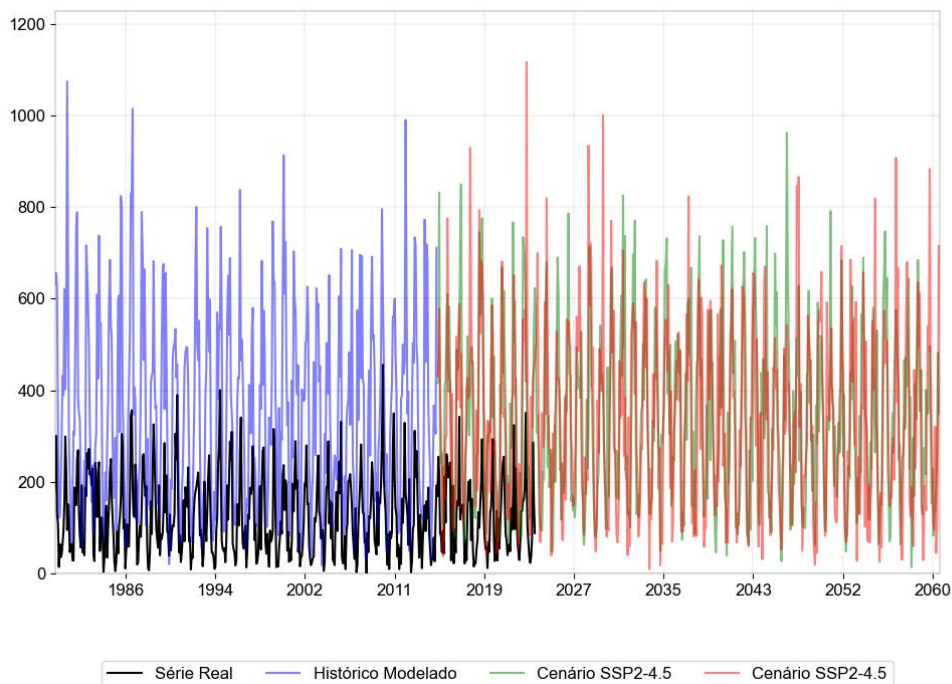
As outras três alternativas são métodos mais conhecidos da literatura e que já estavam implementados em pacote na linguagem *R* (Gudmunsson et al., 2012): mapeamento de quantis utilizando transformações paramétricas (Piani et al. 2010 e Dosio et al. 2011); mapeamento de quantis não paramétrico usando quantis empíricos robustos (Boe et al. 2007) e mapeamento de quantis utilizando suavização *spline* (Gudmunsson et al. 2012).

Uma vez definido o melhor método, a correção foi aplicada aos cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5, para comparação entre os dados observados e modelados.

### 3 RESULTADOS

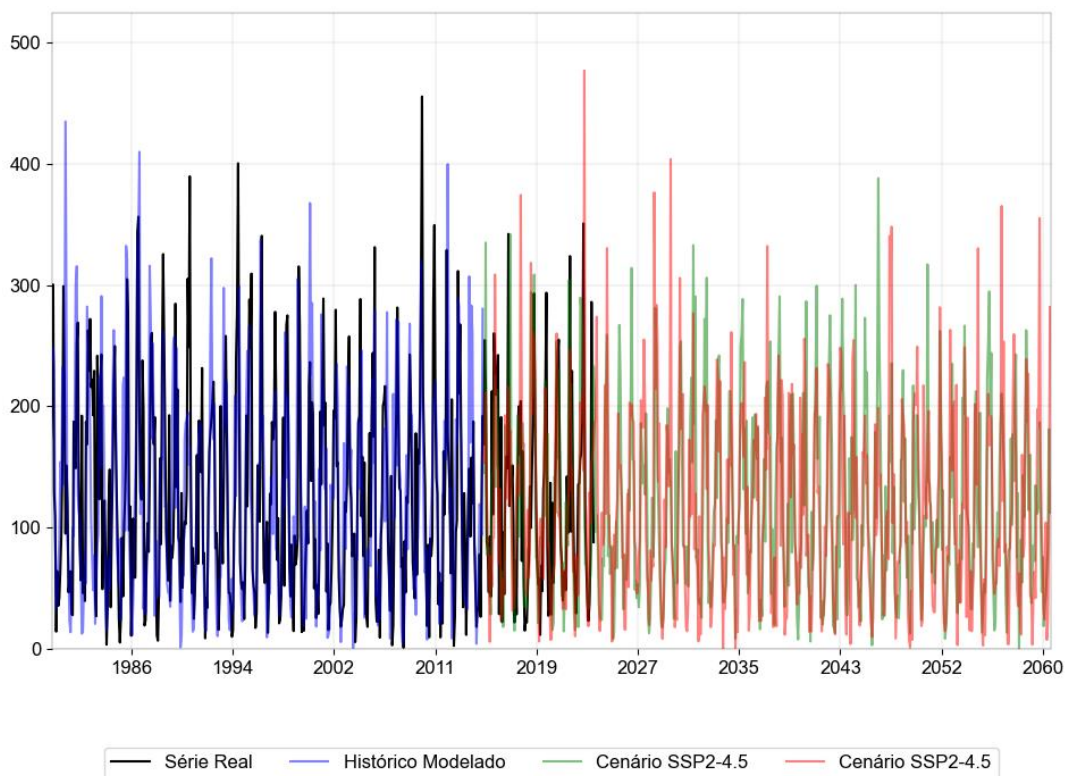
A Figura 3 mostra o resultado da precipitação acumulada mensal para a bacia da UHE Edgard de Souza antes da correção de viés e a Figura 4 apresenta as séries corrigidas, para o período entre 1980 e 2060.

Figura 3 – Precipitação mensal histórica e modelada antes da correção de viés



Fonte: Próprio autor

Figura 4 – Precipitação mensal histórica e modelada após a correção de viés



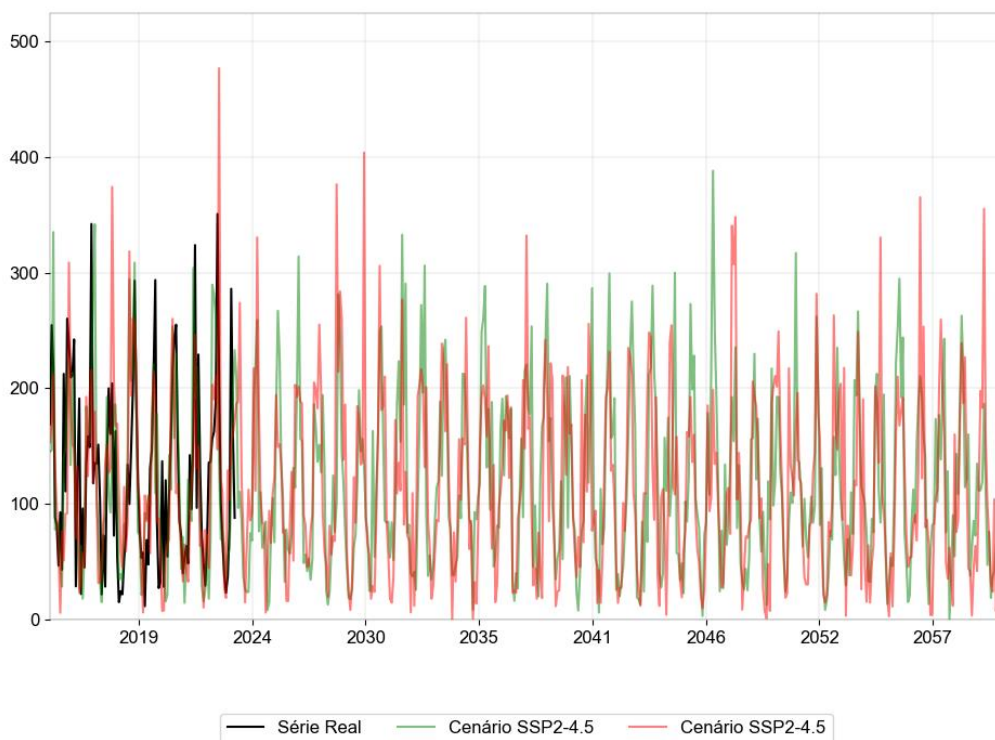
Fonte: Próprio autor

Antes da correção do viés a série de precipitação produzida apresentava grande diferença em relação aos valores observados, mas o método de correção de viés utilizado (mapeamento de quantis não paramétrico usando quantis empíricos robustos) foi bastante efetivo produzindo uma série comparável à real.

Nas figuras 5 e 6 são apresentados, respectivamente, os cenários futuros (SSP2-4.5 e SSP5-8.5) em comparação aos dados reais, considerando o período total das projeções (2015-2060) e o anos para os quais já existem dados observados (2015-2023).

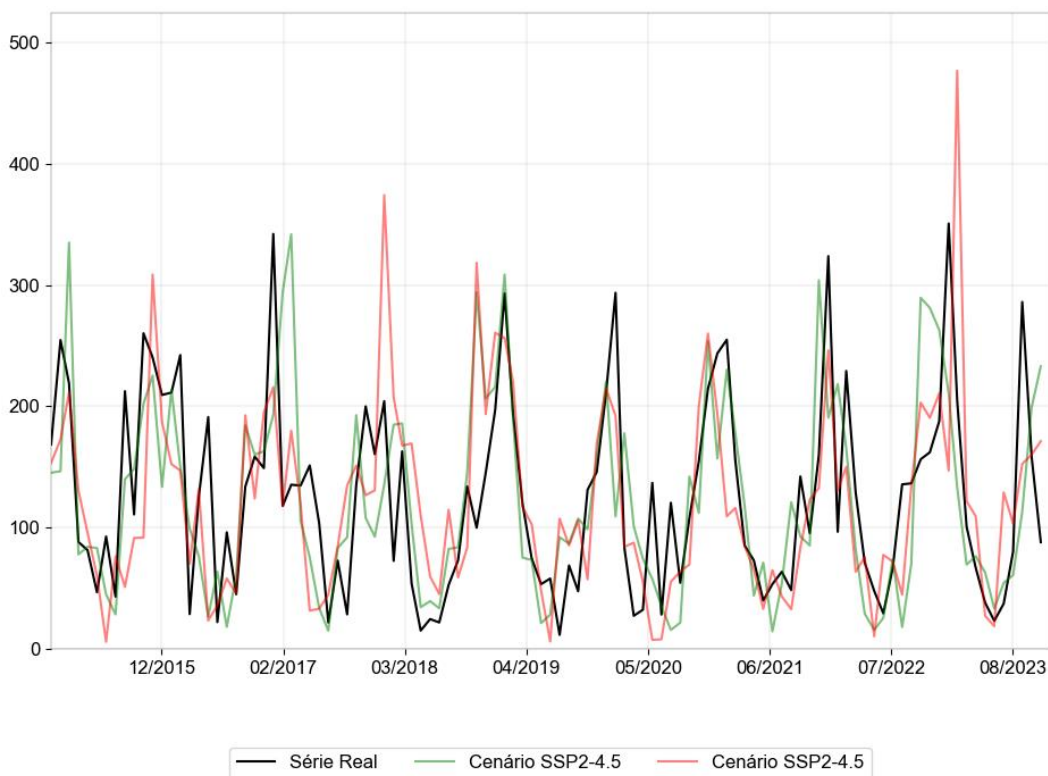
As distribuições para os períodos 1980-2014 e 2015-2023 podem ser vistas nas figuras 7 e 8.

Figura 5 – Série real de precipitação e cenários após 2015



Fonte: Próprio autor

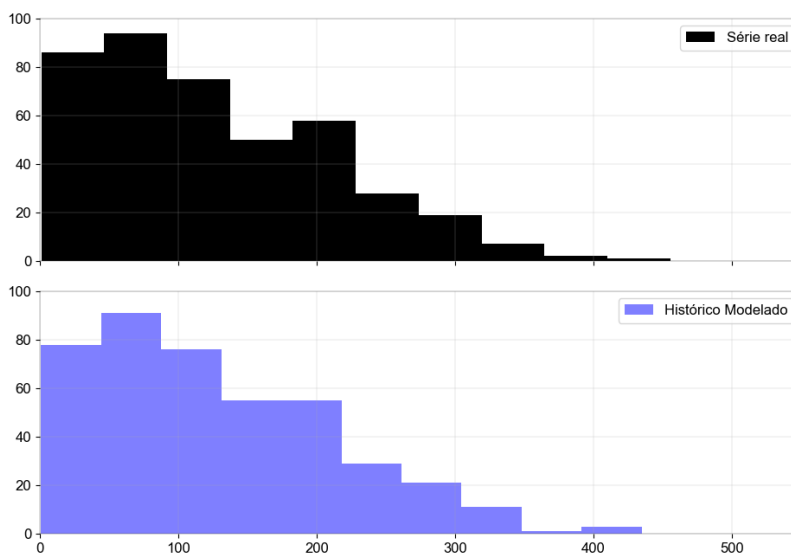
Figura 6 – Série real de precipitação e cenários entre 2015 e 2023



Fonte: Próprio autor

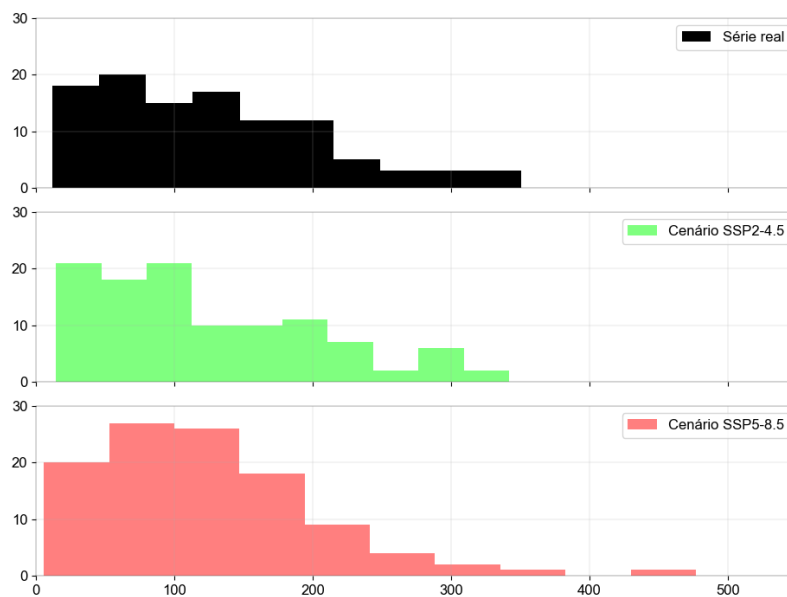


Figura 7 – Distribuição real e modelada para o período 1980-2014



Fonte: Próprio autor

Figura 8 – Distribuição real e modelada para o período 2015-2023



Fonte: Próprio autor

No detalhamento da Figura 6 é possível ver como a sazonalidade real é bem representada pelos modelos, embora existam diferenças nas séries, principalmente no que diz respeito à localização das máximas e mínimas, o que fica mais claro nas análises seguintes.

Na Tabela 1 são apresentadas as médias de precipitação mensal para diferentes períodos e cenários.

Tabela 1 – Médias de precipitação mensal (mm) para a bacia Edgard de Souza

| Período                | Série real | Histórico modelado | Cenário SSP2-4.5 | Cenário SSP5-8.5 |
|------------------------|------------|--------------------|------------------|------------------|
| Período total da série | 126,33     | 126,68             | 118,16           | 117,24           |
| Período 1980-2014      | 126,69     | 126,68             | -                | -                |
| Período 2015-2013      | 125,74     | -                  | 123,91           | 122,50           |
| Período 2024-2060      | -          | -                  | 116,77           | 115,96           |

Fonte: Próprio autor.

A média da série real da bacia é muito próxima da média do período de 1980-2014, o que é uma boa indicação da representatividade deste período. Os métodos de correção de viés mostram-se como bons recursos para eliminar tendências nas séries modeladas, de modo que era esperado que o resultado da média corrigida do histórico modelado para 1980-2014 fosse muito próximo da série real no mesmo período.

Quando olhamos para os dados entre 2015 e 2023, vemos uma ligeira diminuição da média da precipitação da série real (de 0,95 mm), enquanto os cenários futuros apresentam uma diminuição de 2,78 mm (SSP2-4.5) e 4,19 mm (SSP5-8.5).

As médias projetadas para o período 2024-2060 indicam uma diminuição da precipitação média mensal de cerca de 7,5% no cenário SSP2-4.5 e 8,2% SSP5-8.5.

Estes resultados são similares aos obtidos por Valverde et al. (2023), cujos autores realizaram um estudo sobre projeções climáticas de precipitação e temperatura em cidades do ABC Paulista. Naquele trabalho, os modelos Eta-HADGEM2\_ES (CMIP5), CNRM-CM6-1-HR (CMIP6) indicam uma redução de precipitação anual nos cenários mais conservadores (RCP4.5 e SSP2-4.5, respectivamente), considerados até 2070. No caso do HADGEM2\_ES, o cenário com maior emissão (RCP8.5) também indica diminuição da precipitação, enquanto o CNRM-CM6-1-HR mostra redução entre 2020-2040 e aumento entre 2041-2070 no cenário com maior emissão (SSP5-8.5).

Armani et al. (2022) também verificaram uma diminuição da precipitação para a maior parte do estado em projeções entre 2020 e 2050 realizadas com cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 obtidos com os modelos HadGEM2-ES, MIROC5, CanESM2 e BESM, que compõe o CMIP5. Contudo é importante ressaltar que alguns dos modelos estudados pelos autores apontam aumento da precipitação na região do Alto Tietê, onde está localizada a RMSP.

Em relação às mínimas e máximas, podemos ver a comparação entre as séries nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Mínimas de precipitação mensal (mm) para a bacia Edgard de Souza

| Período                | Série real | Histórico modelado | Cenário SSP2-4.5 | Cenário SSP5-8.5 |
|------------------------|------------|--------------------|------------------|------------------|
| Período total da série | 1,00       | 0,82               | 0,00             | 0,00             |
| Período 1980-2014      | 1,00       | 0,82               | -                | -                |
| Período 2015-2023      | 11,6       | -                  | 14,47            | 5,86             |
| Período 2024-2060      | -          | -                  | 0,00             | 0,00             |

Fonte: Próprio autor.

Tabela 3 – Máximas de precipitação mensal (mm) para a bacia Edgard de Souza

| Período                | Série real | Histórico modelado | Cenário SSP2-4.5 | Cenário SSP5-8.5 |
|------------------------|------------|--------------------|------------------|------------------|
| Período total da série | 476,10     | 434,89             | 388,13           | 476,82           |
| Período 1980-2014      | 455,50     | 434,89             | -                | -                |
| Período 2015-2023      | 350,80     | -                  | 341,89           | 476,82           |
| Período 2024-2060      | -          | -                  | 388,13           | 403,92           |

Fonte: Próprio autor.

A mínima do período histórico (1980-2014) ficou muito próxima quando comparados os dados reais com os modelados (1,00 mm e 0,82 mm, respectivamente). Quanto às máximas para o mesmo período temos uma diferença de cerca de 4,5% com um valor menor para o dado modelado (434,89 mm) em relação ao real (455,50 mm).

Quando olhamos para os dados entre 2015 e 2023, a mínima para o cenário SSP2-4.5 (14,47 mm) foi bastante semelhante à mínima real da bacia (11,60 mm), enquanto o cenário SSP5-8.5 teve um maior desvio. Em relação às máximas, o cenário mais moderado também se aproximou mais dos dados reais (341,89 mm) do que o cenário com emissão mais extrema (476,82 mm).

As tabelas 4 e 5 indicam as datas de ocorrência dos mínimos e máximos para cada série e períodos.

Tabela 4 – Datas das mínimas de precipitação mensal (mm) para a bacia Edgard de Souza

| Período                | Série real | Histórico modelado | Cenário SSP2-4.5 | Cenário SSP5-8.5 |
|------------------------|------------|--------------------|------------------|------------------|
| Período total da série | 07/2008    | 06/2004            | 06/2058          | 06/2034          |
| Período 1980-2014      | 07/2008    | 06/2004            | -                | -                |
| Período 2015-2023      | 08/2019    | -                  | 07/2021          | 07/2015          |
| Período 2024-2060      | -          | -                  | 06/2058          | 06/2034          |

Fonte: Próprio autor.

Tabela 5 – Datas das máximas de precipitação mensal (mm) para a bacia Edgard de Souza

| Período                | Série real | Histórico modelado | Cenário SSP2-4.5 | Cenário SSP5-8.5 |
|------------------------|------------|--------------------|------------------|------------------|
| Período total da série | 01/1929    | 02/1981            | 01/2047          | 03/2023          |
| Período 1980-2014      | 01/2010    | 02/1981            | -                | -                |
| Período 2015-2023      | 02/2023    | -                  | 03/2017          | 03/2023          |
| Período 2024-2060      | -          | -                  | 01/2047          | 03/2030          |

Fonte: Próprio autor.

Em relação às mínimas, o cenário SSP2-4.5 além de apresentar o valor mais próximo entre 2015-2023, também indicou uma data mais semelhante, embora pouco precisa comparada com a realidade (08/2019 na série real e 07/2021 na série modelada).

Para as máximas entre 2015-2023, apesar do cenário SSP5-8.5 apresentar um valor mais distante do real quando comparado ao SSP2-4.5, houve deslocamento de apenas um mês em relação à data do máximo real (02/2023 na série real e 03/2023 na série simulada).

#### 4 CONCLUSÃO

Neste trabalho apresentamos dois cenários de projeções de precipitação representativas da região da Grande São Paulo, utilizando resultados para a bacia afluyente à UHE Edgard de Souza.

Uma vez que as projeções utilizadas iniciam em 2015, foi possível avaliar cada cenário utilizando 9 anos completos (entre 2015 e 2023). O cenário SSP2-4.5 foi o que mais se aproximou da série real, tanto em termos da chuva média mensal, como das mínimas e máximas, embora as datas de ocorrência dos extremos não coincidam. É importante ressaltar que as projeções de modelos climáticos não devem ser tratadas como previsões e, por este motivo, discordância entre datas exatas dos extremos avaliados são esperadas

A leve diminuição da precipitação média entre 2015 e 2023, observada na série real foi também verificada nos dois cenários futuros, embora as projeções indiquem uma diminuição mais expressiva.

Para o período futuro, após 2024, esta queda na precipitação mensal se mantém, chegando a uma média de 7,5% (SSP2-4.5) e 8,2% (SSP5-8.5) menor do que o período histórico. Estes resultados corroboram com os obtidos por Valverde et al. (2023) para a mesma região do estado de São Paulo, utilizando modelos do CMIP5 e CMIP6. Armani et al. (2022) também verificaram uma diminuição semelhante da precipitação São Paulo, com dados oriundos de modelos do CMIP5.

O trabalho de Marengo et al. (2013) utilizando dados do HadCM3, sugeriram um aumento da precipitação para a mesma região. Santos et al. (2020), analisando projeções geradas para cenário RCP 8.5 (CMIP5) pelo modelo HadGEM3-A, obtiveram um aumento de precipitação para as regiões Sul e Sudeste do Brasil. Portanto, é importante ressaltar que os modelos evoluem com o passar dos anos e estas projeções devem ser constantemente revistas.

Os autores agradecem a ANEEL e a Norte Energia pelo financiamento para a realização do presente trabalho, no âmbito do projeto de P&D ANEEL PD-07427-0222-2022 intitulado "Caracterização de eventos extremos de precipitação em bacias do SIN e projeções futuras com base em cenários de mudanças climáticas".

#### 5 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALMAGRO, A., OLIVEIRA, P. T., ROSOLEM, R., HAGEMANN, S., NOBRE, C. A. Performance evaluation of Eta/HadGEM2-ES and Eta/MIROC5 precipitation simulations over Brazil. *Atmospheric Research*, 244, <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105053>, 2020.

ARMANI, G.; LIMA, N. G.; GARCIA, M. F. P.; CARVALHO, J. L.. (2022). Regional climate projections for the State of São Paulo, Brazil, in the 2020 - 2050 period. *Derbyana* 43. E773. 10.14295/derb.v43.773. 2022.

BOE, J.; TERRAY, L.; HABETS, F. MARTIN, E. Statistical and dynamical downscaling of the Seine basin climate for hydro-meteorological studies. *International Journal of Climatology*. 27, 1643-1655, doi: 10.1002/joc.1602. 2007.

DOPSIO, A. PARUOLO, P. Bias correction of the ENSEMBLES high-resolution climate change projections for use by impact models: Evaluation on the present climate. **Journal of Geophysical Research**. AGU, 116, D16106, doi:10.1029/2011JD015934. 2011.

GUDMUNDSSON, L.; BREMMES, J. B.; HAUGEN, J. E.; ENGEN-SKAUGEN, T. Technical Note: Downscaling RCM precipitation to the station scale using statistical transformations - a comparison of methods. **Hydrology and Earth System Sciences**, 2012, 16, 3383-3390, doi:10.5194/hess-16-3383. 2012.

MARENGO, J.; VALVERDE, M. C.; and OBREGÓN, G. Observed and projected changes in rainfall extremes in the Metropolitan Area of São Paulo. **Climate Research**. 57, 61–72. doi: 10.3354/cr01160. 2013.

NOBRE, C. A.; YOUNG, A. F.; SALDIVIA, P. H. N.; MARENGO, J. A.; NOBRE A. D.; OGURA, A.; THOMAZ, O.; OBREGÓN, G. O.; SILVA, G. C. M.; OJIMA, R.; VALVERDE, M. C.; SILVEIRA, A.; MEDEIROS, G. O. R. (2011). **Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: Região Metropolitana de São Paulo - Relatório Final**. 186 p. UNICAMP e INPE. 2011.

O'NEILL B. C.; TEBALDI, C.; VAN VUUREN, D. P.; EYRING, V.; FRIEDLINGSTEIN, P.; HURTT, G.; KNUTTI, R.; KRIEGLER, E.; LAMARQUE, J.; LOWE, J.; MEEHL, G. A.; MOSS, R.; RIAHI, K.; SANDERSON, B. M. The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6. **Geoscientific Model Development**. 9, 3461–3482. 2016.

PIANI, C.; WEEDON, G.; BEST, M.; GOMES, S.; VITERBO, P.; HAGEMANN, S.; HAERTER, J. Statistical bias correction of global simulated daily precipitation and temperature for the application of hydrological models. **Journal of Hydrology**, 2010, 395, 199 - 215, doi:10.1016/j.jhydrol.2010.10.024. 2010.

SANTOS, D. J.; PEDRA, G. U.; SILVA, M. G. B.; JÚNIOR, C. A. G.; ALVES, L. M.; SAMPAIO, G.; MARENGO, J. A. Future rainfall and temperature changes in Brazil under global warming levels of 1.5°C, 2°C and 4°C. **Sustainability In Debate**. Brasília, v. 11, n.3, p. 74-90. 2020.

VALVERDE M. C.; CALADO B. N.; CALADO G. G.; KUROKI L. Y.; BRAMBILA R.; SOUSA A. R. Climate projections of precipitation and temperature in cities from ABC Paulista, in the Metropolitan Region of São Paulo—Brazil. **Frontiers in Climate**. 5:1127026. doi: 10.3389/fclim.2023.1127026. 2023.

XU, Z.; HAN, Y.; TAM, C.; YANG, Z.; FU, C. Bias-corrected CMIP6 global dataset for dynamical downscaling of the historical and future climate (1979-2100). **Scientific Data** 8, 293. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41597-021-01079-3>. 2021.