

MUDANÇAS CLIMÁTICAS AMEAÇAM A RESILIÊNCIA A EXTREMOS HIDROLÓGICOS E A SEGURANÇA HÍDRICA NO BRASIL

Pedro Torres Miranda^{1}; Rodrigo Cauduro Dias de Paiva¹; Ingrid Petry¹; Gabriel Matte¹;
Wilany Alves¹; Walter Collischonn¹; Júlia Brusso Rossi¹; Hugo de Oliveira Fagundes²;
Alexandre Abdalla³ & Saulo Souza³*

Palavras-Chave – mudanças climáticas, extremos hidrológicos, segurança hídrica.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com grandes corpos d'água e que utiliza recursos hídricos para diversas atividades socioeconômicas. O país também abriga importantes biomas, exigindo um controle sustentável de água para a manutenção de seus ecossistemas. A gestão de recursos hídricos busca garantir a segurança hídrica entre todos os usuários. Isso inclui, por exemplo, fornecimento de água usos socioeconômicos, preservação de ecossistemas e proteção contra desastres (UN-Water, 2013). A gestão da água entre seus diversos usos é baseada em comportamentos observados no histórico, contudo condições futuras devem impor um desafio maior nesse contexto.

Os últimos anos têm mostrado uma intensificação de eventos extremos, tanto em recorrência quanto em severidade. Praticamente em todo o Brasil se observa uma intensificação de extremos hidrológicos. Entre 1980 e 2015, o país mostrou tendências de secagem na região centro-oeste, de umidificação no norte da Amazônia e na região sul e de aumento nos dois extremos no sul da Amazônia (Chagas et al., 2022).

Avaliações de mudanças climáticas projetam extensos impactos nos recursos hídricos brasileiros. Paiva et al. (2024a) estimaram os efeitos de mudanças climáticas sob diferentes aspectos de eventos hidrológicos extremos (i.e. secas e cheias) na América do Sul. Os autores avaliaram alterações (i) de precipitações e vazões máximas, (ii) áreas inundáveis, (iii) estiagem e (iv) vazões mínimas. Seus resultados indicam uma intensificação de eventos extremos em diversas regiões do continente, impactando diretamente a segurança hídrica local (Paiva et al., 2024b; Rossi et al., 2023).

Recentemente, dois eventos extremos recordes chamaram a atenção a nível internacional: a seca de 2023 na Amazônia e as enchentes de maio de 2024 no sul do Brasil. Esses eventos proporcionaram impactos severos em seus respectivos locais. Projeções futuras de vazão em ambas as regiões apontam para o mesmo sinal desses eventos históricos, mostrando como as mudanças climáticas podem configurar um grande desafio para a gestão de recursos hídricos nas próximas décadas. Com isso, o presente estudo tem como objetivo sintetizar os impactos de mudanças climáticas sobre extremos hidrológicos no Brasil e seus reflexos na segurança hídrica nacional.

METODOLOGIA

O trabalho foi baseado nos resultados do projeto *Cooperação em tecnologias para análises hidrológicas em escala nacional - CLIMA: Impactos de Mudanças Climáticas em Extremos de Vazão (Cheias e Estiagens)* (Paiva et al., 2024a), parceria entre o Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH-

1) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, *pedrotorresm121@gmail.com

2) Universidade Estadual de Campinas

3) Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

UFRGS) e a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Foram avaliadas alterações de (i) precipitação e vazão máxima (Petry et al., 2023), (ii) extensão de áreas inundáveis (Fernandez et al., 2023), (iii) estiagem e seca (Alves et al., 2023) e (iv) vazão mínima (Miranda et al., 2023) a partir de modelagem hidrológica e climática.

RESULTADOS

Projeções de chuvas intensas mostram um aumento em seu volume (10-30%) em praticamente todo o país. Apesar disso, as cheias não acompanham esse padrão. Chuvas de maior duração (e.g. 15 dias) mostram um aumento mais concentrado nas regiões sul e nordeste, da ordem de 20%, e exercem maior influência em grandes bacias ($> 1000 \text{ km}^2$). Dessa forma as cheias apresentam projeções de aumento no sul e no nordeste, mas um decréscimo acentuado na região norte e oeste.

O impacto futuro nas áreas inundáveis segue um padrão similar. Há um aumento na região sul, enquanto as regiões norte e oeste, que abrigam as principais áreas úmidas brasileiras (Ilha do Bananal, Pantanal e várzeas Amazônicas), irão ter um decréscimo em suas inundações.

Ao contrário das mudanças de precipitação intensa, haverá um aumento na estiagem de chuvas em todo o país (exceto região sul), com foco na porção norte (onde houve os maiores aumentos de precipitação intensa). Isso acarretou o aumento de aridez e na diminuição do balanço $P - PET$ nesses locais. As vazões mínimas também apresentam projeções parecidas, com diminuições em todo o país, mas sem sinal robusto de alteração na região sul. O local que será mais afetado pelo clima é o sul da Amazônia e a costa leste brasileira. Além de apresentarem as maiores alterações projetadas, elas devem vivenciar mudanças significativas no regime de vazões mínimas ainda nas próximas décadas (até 2060).

Essas projeções têm reflexo direto na segurança hídrica. O aumento na precipitação intensa pode levar a aumento de cheias em bacias urbanas, com baixa capacidade de infiltração, ao mesmo tempo em que bacias que amplificam o efeito da chuva na vazão ou respondem diretamente a ele (e.g. sul e nordeste) estarão mais propensos a cheias (Neto et al., 2023; Paiva et al., 2024c). A diminuição de área inundada em biomas úmidos interfere em dinâmicas ecossistêmicas, como deposição de nutrientes, reprodução de espécies locais nas várzeas e migração. A respeito do aumento de secas, ele poderá gerar mais estresse nas bacias para retiradas de água para irrigação, também como diminuição de água disponível para outros usos consultivos.

CONCLUSÕES

O trabalho traz uma síntese das principais projeções de impactos das mudanças climáticas sobre extremos hidrológicos no Brasil. A concordância de sinal entre eventos extremos sem precedentes nos últimos anos e projeções futuras indica a urgência da adaptação. A gestão de recursos hídricos deve concentrar esforços no planejamento para mitigação de eventos futuros, além de elaborar estratégias para conceder outorga de água entre diferentes usuários de forma sustentável.

REFERÊNCIAS

ALVES, W., PAIVA, R. C. D., COLLISCHONN, W., ROSSI, J., MIRANDA, P. T., KOLLING, A., MATTE, G., PETRY, I., FAGUNDES, H.O., CASTRO, L., ARAUJO, A. A. & SOUZA, S. A. (2023). *Projeções de mudanças climáticas indicam aumento na duração de períodos secos na América do Sul*. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (25.: 2023: Aracaju). Anais [recurso eletrônico]. Porto Alegre: ABRHidro, 2023.

CHAGAS, V. B. P., CHAFFE, P. L. B., & BLÖSCHL, G. (2022). *Climate and land management accelerate the Brazilian water cycle*. Nature Communications 2022 13:1, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32580-x>

FERNANDEZ, G. M. R., PAIVA, R. C. D., COLLISCHONN, W., FAGUNDES, H.O., MIRANDA, P. T., ROSSI, J., KOLLING, A., PETRY, I., ALVES, W., RIBEIRO, L. C., ARAUJO, A. A. & SOUZA, S. A. (2023). *Avaliação do efeito de mudanças climáticas nas áreas inundáveis da América do Sul*. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (25.: 2023: Aracaju). Anais [recurso eletrônico]. Porto Alegre: ABRHidro, 2023.

MIRANDA, P. T., PAIVA, R. C. D., COLLISCHONN, W., FAGUNDES, H.O., RIBEIRO, L. C., ROSSI, J., KOLLING, A., FERNANDEZ, G. M. R, PETRY, I., ALVES, W., ARAUJO, A. A. & SOUZA, S. A. (2023). *Secas na América do Sul: impactos de mudanças climáticas nas próximas décadas*. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (25.: 2023: Aracaju). Anais [recurso eletrônico]. Porto Alegre: ABRHidro, 2023.

NETO, A. K., PAIVA, R. C. D., COLLISCHONN, W., MIRANDA, P. T., ROSSI, J., ALVES, W., PETRY, I., FERNANDEZ, G. M. R, FAGUNDES, H.O., ARAUJO, A. A. & SOUZA, S. A. (2023). *Sensibilidade das vazões à variabilidade da precipitação na América do Sul*. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (25.: 2023: Aracaju). Anais [recurso eletrônico]. Porto Alegre: ABRHidro, 2023.

PAIVA, R. C. D., COLLISCHONN, W., MIRANDA, P. T., FAGUNDES, H.O., W., KOLLING, A., CASTRO, L., ROSSI, J., MATTE, G., LAIPELT, L., ALVES, W, PETRY, I. (2024a). *Cooperação em tecnologias para análises hidrológicas em escala nacional*. CLIMA: Impactos de Mudanças Climáticas em Extremos de Vazão (Cheias e Estiagens) – Relatório Final. IPH-ANA-HGE-CLIMA-A3. UFRGS: IPH, [Porto Alegre]. ANA, [Brasília].

PAIVA, R. C. D., COLLISCHONN, W., ROSSI, J. B., (2024b). *Cooperação em tecnologias para análises hidrológicas em escala nacional*. CLIMA: Impacto de Mudanças Climáticas na Segurança Hídrica – Relatório Final. IPH-ANA-HGE-CLIMA-A4. UFRGS: IPH, [Porto Alegre]. ANA, [Brasília].

PAIVA, R. C. D., COLLISCHONN, W., KOLLING, A., MIRANDA, P. T., (2024c). *Cooperação em tecnologias para análises hidrológicas em escala nacional*. CLIMA: Sensibilidade de vazões a variabilidade e mudanças climáticas – Relatório Final. IPH-ANA-HGE-CLIMA-A2. UFRGS: IPH, [Porto Alegre]. ANA, [Brasília].

PETRY, I., PAIVA, R. C. D. D., COLLISCHONN, W., MIRANDA, P. T., ROSSI, J. B., FAGUNDES, H. D. O., ... & ARAUJO, A. A. (2023). *Change on flood discharge frequency in South America in the next decades: assessment of the CMIP6 climate projection*. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (25.: 2023: Aracaju). Anais [recurso eletrônico]. Porto Alegre: ABRHidro, 2023.

ROSSI, J. B., PAIVA, R. C. D. D., COLLISCHONN, W., MIRANDA, P. T., NETO, A. K., FAGUNDES, H. D. O., RIBEIRO, L. C., RIOS, G. M., ALVES, W. R. G., PETRY, I., ARAUJO, A. A. & SOUZA, S. A. (2023). *Construindo um índice de risco climático para a avaliação da segurança hídrica na América do Sul*. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (25.: 2023: Aracaju). Anais [recurso eletrônico]. Porto Alegre: ABRHidro, 2023.

UN-WATER, 2013. *Water Security & the Global Water Agenda: An UN-Water Analytical Brief*. United Nations University

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, financiadora do projeto em que parte dos resultados foram gerados. O primeiro autor agradece também à CAPES pela bolsa concedida.