OBRAS HÍDRICAS E A MITIGAÇÃO DE CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Caroline Ferreira Angelo [1]; Lívia Cristina Pinto Dias [2]

RESUMO – A escassez hídrica e a competição pelos usos da água historicamente impulsionaram a construção de grandes obras de engenharia como estratégia de segurança. Contudo, evidências indicam que infraestruturas isoladas frequentemente falham em mitigar disputas, podendo gerar novos conflitos. Este estudo objetivou identificar e avaliar quais tipologias de obras hídricas possuem maior potencial para a mitigação de conflitos pelo uso da água. A metodologia consistiu em uma revisão sistemática da literatura nas bases Scopus, Web of Science e SciELO, analisando 20 artigos publicados entre 2000 e 2025. Os resultados apontam a predominância de estudos sobre grandes reservatórios e transposições, sobretudo na Ásia e nas Américas. A análise demonstrou que nenhuma tipologia é, por si só, capaz de resolver conflitos; a infraestrutura física, quando dissociada de arranjos institucionais, tende a fomentar conflitos de segunda ordem. Conclui-se que a mitigação efetiva de conflitos hídricos não depende exclusivamente de soluções de engenharia, mas de uma estratégia que integre infraestrutura física e gestão adaptativa.

ABSTRACT– Water scarcity and competition for water use have historically driven the construction of large engineering projects as a strategy for water security. However, evidence indicates that isolated infrastructure often fails to mitigate disputes and may even trigger new conflicts. This study aimed to identify and evaluate which types of water works have the greatest potential to mitigate conflicts over water use. The methodology consisted of a systematic literature review across the Scopus, Web of Science, and SciELO databases, analyzing 20 articles published between 2000 and 2025. Results show a predominance of studies focused on large reservoirs and water transfers, particularly in Asia and the Americas. The analysis demonstrated that no single infrastructure typology is inherently capable of resolving conflicts; rather, physical infrastructure, when dissociated from institutional arrangements, tends to foster second-order conflicts. It is concluded that effective mitigation of water-related conflicts depends not solely on engineering solutions, but on a strategy that integrates physical infrastructure with adaptive management.

Palavras-Chave – Conflitos pelo uso da água; Infraestrutura hídrica; Gestão de recursos hídricos

[1]) Afiliação: Universidade Federal de Ouro Preto (Ufop), Prédio Escola de Minas, Campus Morro do Cruzeiro. Ouro Preto, Minas Gerais. (31) 98360-8125. caroline.angelo@aluno.ufop.edu.br
[2]) Afiliação: Universidade Federal de Ouro Preto (Ufop), Prédio Escola de Minas, Campus Morro do Cruzeiro. Ouro Preto, Minas Gerais. (31) 3559-1531 livia.dias@ufop.edu.br

1- INTRODUÇÃO

A demanda crescente pelos recursos hídricos tem se intensificado no cenário global, decorrente do crescimento populacional, urbanização acelerada e desenvolvimento industrial, fatores que, quando somados às variabilidades climáticas, acentuam a vulnerabilidade das bacias hidrográficas (Mwebesa, 2021). Nesse cenário de incertezas, a disputa pela água é agravada devido à sobreposição de interesses conflitantes e pela deterioração da qualidade da água, frequentemente resultando em conflitos severos entre diversos setores que dependem da mesma fonte para a sobrevivência humana e o desenvolvimento econômico (Tayia, 2019).

Historicamente, diante de crises hídricas, a resposta predominante das esferas de decisão para mitigar conflitos relacionados à água tem sido categorizada pela construção de grandes obras de engenharia (Damonte et al., 2022). No entanto, a literatura indica que a obra exclusiva de engenharia não é garantia de pacificação, mas que, em muitos casos, a implementação de uma infraestrutura isolada de uma gestão participativa frequentemente falha em resolver as disputas originais e/ou tende a gerar conflitos de segunda ordem (Nunes e Ribeiro, 2021; Hoffmann, 2016; Diniz et al. 2023).

Essa utilização de infraestruturas hidráulicas como ferramenta para a solução de conflitos tem se demonstrado insuficiente, principalmente em cenários de mudanças climáticas, frequentemente demonstrando as assimetrias de poder nas tomadas de decisão. Godinez-Madrigal et al. (2020) discutem que o uso excessivo de infraestruturas físicas frequentemente ignora estratégias mais eficientes e abordagens alternativas, excluindo as comunidades locais do processo, resultando em conflitos prolongados. Além disso, os autores argumentam que o planejamento das grandes obras hidráulicas atua como uma maneira de ignorar as incertezas climáticas e demandas futuras, o que acaba mascarando os reais problemas de escassez hídrica. Os impactos dessa abordagem foram observados por Cognard et al. (2025) em seus estudos, nos quais foi observada uma falsa percepção de abundância, o que levava ao aumento de consumo e minava por completo a resiliência do sistema hídrico para suportar secas e eventos extremos.

A constatação de que obras de engenharia podem atuar tanto como solução para conflitos hídricos quanto como vetor de novas disputas expõe a fragilidade de abordagens puramente técnicas. Embora a literatura apresente extensos estudos de caso sobre falhas locais e impasses sociopolíticos, como os relatados por Damonte et al. (2022) e Diniz et al. (2023), o entendimento sobre quais tipologias conseguem superar esses desafios permanece fragmentado. A fim de preencher essa lacuna, este artigo tem como objetivo identificar e avaliar as obras hídricas com potencial de mitigação de conflitos.

2- METODOLOGIA

A revisão sistemática da literatura foi conduzida no dia 22 de outubro de 2025, utilizando as bases de dados Scopus, Web of Science e SciELO. A estratégia de busca fundamentou-se na combinação de descritores por meio dos operadores booleanos “OR” (para sinônimos dentro do mesmo grupo) e “AND” (para intersecção entre os grupos temáticos). As buscas foram realizadas nos idiomas inglês e português.

Para o levantamento em inglês, aplicou-se as seguintes expressões: *("water conflict" OR "water use conflict*" OR "water dispute*" OR "allocation of water resources" OR "water scarcity management") AND ("hydraulic works" OR "water infrastructure" OR "reservoir*" OR "dam*" OR "water transfer" OR "interbasin transfer" OR "water reuse" OR "green infrastructure" OR "nature-based solution*" OR "cistern*" OR "adductor*" OR "retention basin*")*. Já para a busca em português, aplicou-se a combinação: *("conflitos pelo uso da água" OR "conflitos hídricos") AND ("obras hídricas" OR "infraestrutura hídrica" OR "barragens" OR "reservatórios" OR "transposição" OR "reuso da água" OR "infraestrutura verde")*.

O levantamento inicial resultou em 7.635 registros, submetidos a três etapas consecutivas de triagem. Na primeira fase, filtros cronológicos (recorte temporal de 2000 a 2025) e de refinamento técnico foram aplicados para a exclusão de duplicatas e documentos incompletos, reduzindo o montante para 4.684 artigos. A segunda triagem consistiu na avaliação dos títulos, adotando-se como critérios de exclusão: (i) ausência de menção a conflitos hídricos; (ii) abordagem estritamente técnica desvinculada da gestão de disputas; e (iii) desconexão evidente com o tema central, restando 583 artigos. Na terceira etapa, realizou-se a leitura criteriosa dos resumos para confirmação da aderência temática, selecionando-se 25 estudos. Deste grupo, 5 artigos foram desconsiderados devido à indisponibilidade de acesso ao texto completo, consolidando uma amostra final de 20 artigos para análise integral.

Para a sistematização das evidências, procedeu-se à leitura completa das 20 publicações selecionadas. A extração de dados foi estruturada em uma matriz de análise configurada por variáveis de identificação (ano de publicação, autoria, título, palavras-chave e localização geográfica/bacia) e variáveis de conteúdo técnico (tipologia da obra, tipo de conflito, objetivos, delineamento metodológico, indicadores utilizados, resultados obtidos, fontes de dados, limitações apontadas, impacto na mitigação e o desfecho da disputa). Posteriormente, os dados sintetizados foram submetidos a análises qualitativa e quantitativa.

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise de Distribuição Geográfica e Tipologia de Obras

A revisão sistemática da literatura resultou na seleção de 20 artigos que relacionam obras hídricas e a resolução de conflitos. Inicialmente, realizou-se o mapeamento da distribuição geográfica dessas publicações a fim de compreender em quais regiões se concentram as discussões sobre o tema. Os dados, apresentados na Figura 1, revelam uma abrangência global; contudo, há uma nítida predominância de pesquisas nas Américas e na Ásia, que juntas respondem por 60% dos estudos analisados, seguidas pela Europa, com quatro trabalhos avaliados.

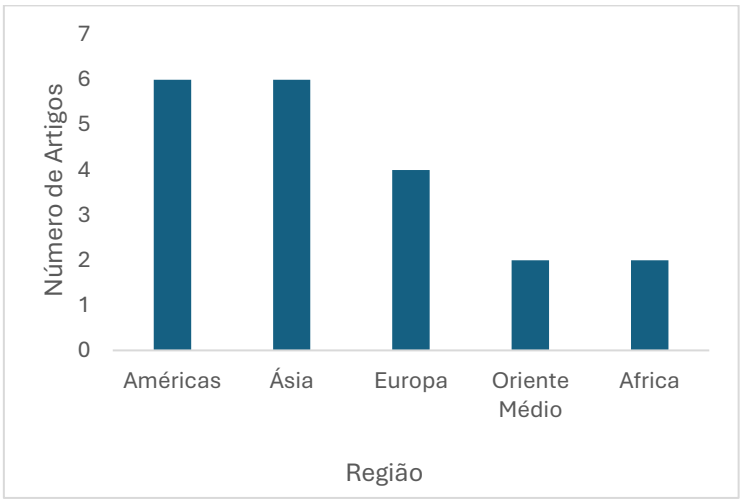


Figura 1 Distribuição Geográfica

Adicionalmente à distribuição geográfica, mapeou-se a tipologia das obras hídricas debatidas na literatura. A análise da Figura 2 revela um contraste marcante entre as regiões com maior volume de publicações: enquanto as Américas exibem maior diversidade estrutural, consolidando-se como a única região a apresentar quatro categorias distintas de intervenções, a Ásia concentra seus estudos em grandes infraestruturas de armazenamento, com quatro artigos dedicados a reservatórios e barragens. Essa diversidade estrutural encontrada nas Américas é sugerida por Damonte *et al. (2022)* como um mecanismo de controle territorial, já que essa variedade de obras hídricas não visa solucionar a escassez enfrentada pela população, mas sim sustentar a expansão extrativista das empresas.

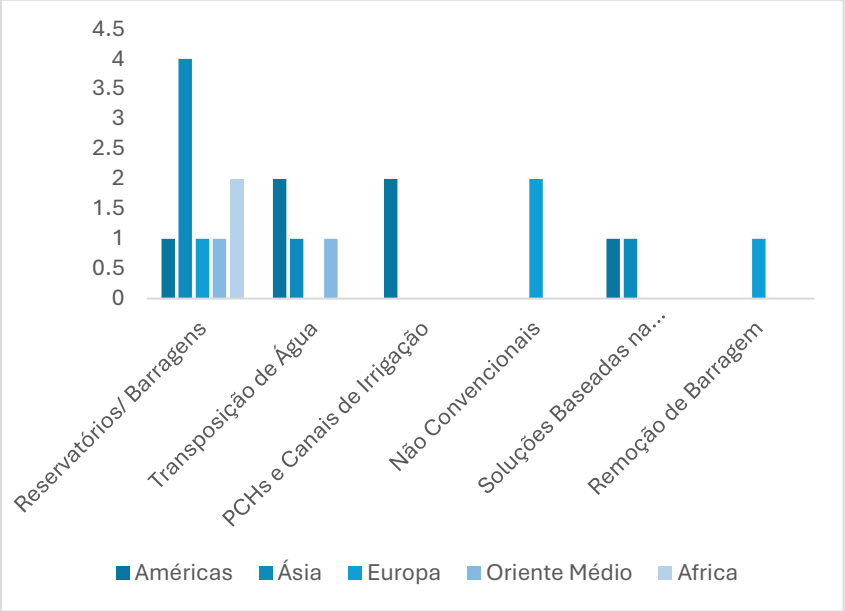


Figura 2 Categoria de Obra por Região

A tendência de concentração em grandes infraestruturas de armazenamento estende-se da Ásia para a África e o Oriente Médio, regiões em que 100% dos artigos analisados concentram seu escopo na implantação e otimização de estruturas hidráulicas de grande porte, como reservatórios e sistemas de transposição, para garantir a segurança hídrica e energética. Essa predominância sugere que, nesses territórios, a mitigação de disputas fundamenta-se no refinamento operacional de arranjos complexos a fim de equilibrar as múltiplas demandas conflitantes a jusante. Esse panorama é evidenciado por Khattab (2025) na barragem de Mosul, no Iraque, contexto no qual a gestão operativa priorizava exclusivamente a geração de energia em detrimento da agricultura local. Para solucionar o impasse, o autor propôs um modelo de otimização projetado para conciliar a máxima eficiência hidrelétrica com o suprimento de água para projetos de irrigação, comprovando a viabilidade do atendimento a ambos os setores.

3.2. Análise Comparativa de Eficácia

Dando continuidade à análise sobre a eficácia das intervenções, a Figura 3 avalia o desempenho das diferentes tipologias de infraestrutura frente aos conflitos hídricos. A classificação adotada transcende a mera existência física das obras, sendo configurada em três níveis: “sim” refere-se àquelas que obtiveram eficácia consolidada, observada principalmente em abordagens integrativas; “não” abrange as que falharam em solucionar a disputa ou geraram conflitos de segunda ordem, seja pela paralisação dos projetos ou por desconsiderarem as dinâmicas sociais locais; e “provavelmente” engloba as intervenções que apresentam potencial teórico favorável, mas que ainda não foram testadas na prática.

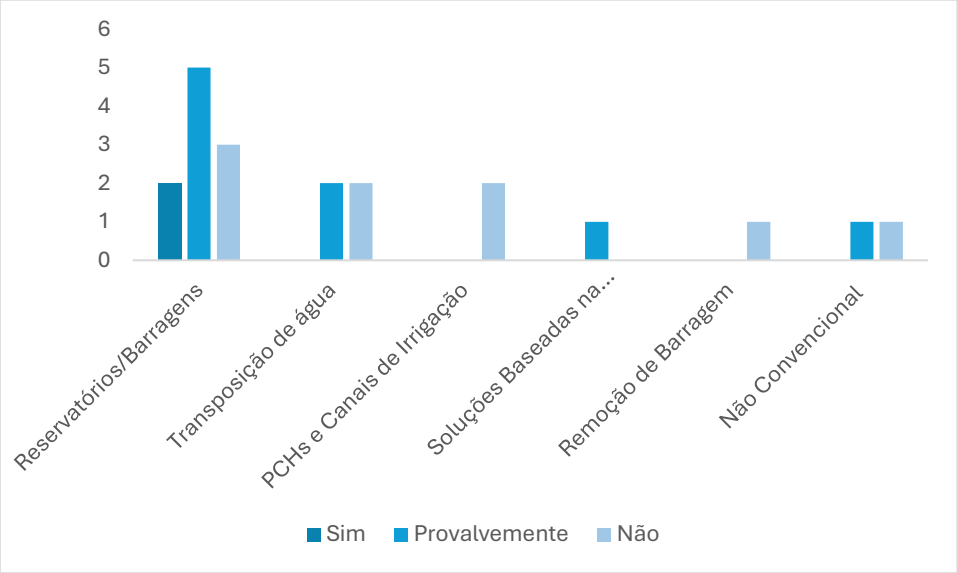


Figura 3 Potencial de Eficácia

A análise da literatura, representada pela Figura 3, tem demonstrado que a implementação isolada das obras hídricas frequentemente tende a falhar na resolução de conflitos. A tipologia "reservatórios/barragens", embora possua um maior número de estudos, concentra-se predominantemente na categoria "provavelmente" (5 casos), e "não" (3 casos), indicando que a obra física, por si só, não garante a resolução do conflito. Ademais, os trabalhos realizados que ilustram o sucesso na resolução de conflitos (categoria "sim") não dependeram apenas da obra física, mas também de estratégias que ultrapassaram a engenharia civil. Pinheiro et al. (2011) demonstraram em seu estudo que a resolução do conflito não ocorreu apenas com a existência do reservatório, mas também devido à gestão participativa, que permitiu acordos para liberação de vazões e remoção pacífica de barragens de terra irregulares. Da mesma maneira, o estudo realizado por Xu et al. (2019) demonstrou que a eficácia do sistema do Rio Yangtze não se baseou apenas na estrutura, mas também na implementação de uma operação integrada ecológica e em uma gestão dinâmica para não gerar novos passivos ambientais.

O panorama dos dados sugere que a expressiva concentração de pesquisas nas classes "provavelmente" e "não", transversal às diversas tipologias identificadas na literatura, demonstra uma diferença entre o planejamento técnico e a realidade social. A categoria "provavelmente" é composta majoritariamente por trabalhos que realizam propostas de modelagem matemática e algoritmos de otimização, como os desenvolvidos por Jalilov et al. (2013), Gonzalez et al. (2021), Nguyen (2023) e Khattab (2025), que demonstram a viabilidade técnica com múltiplos benefícios, mas que carecem de implementação política plena. Em contrapartida, a categoria "não" é composta pelos trabalhos que evidenciaram o surgimento de conflitos de segunda ordem e situações em que

a disputa original permaneceu sem resolução e/ou gerou novos conflitos. Isso pode ser evidenciado por Cognard et al. (2025), que demonstraram em seu trabalho como reservatórios de neve artificial geraram um aumento na demanda de água em vez de reduzi-lo. Outros estudos demonstram dificuldades na resolução de conflitos, como os realizados por Nunes e Ribeiro (2021) e Brummer et al. (2017), que destacam como uma tentativa de solução técnica gerou disputas inéditas, seja impactando usuários a montante ou gerando resistência social à restauração ecológica.

A síntese desses resultados demonstra que a infraestrutura hídrica, isoladamente, apresenta limitações claras na mitigação de disputas quando não está associada ao contexto sociopolítico. A literatura analisada aponta que a ausência de governança e de uma gestão adaptativa e participativa pode levar à criação de novos conflitos, apontando para a ideia de que a solução para a mitigação de conflitos hídricos depende menos do tipo de obra e mais da integração entre a infraestrutura física e as estratégias de alocação e negociação.

3.3. Análise de Desafios e Lacunas

O maior desafio identificado não reside na escassez de soluções de engenharia, mas sim nas barreiras políticas, institucionais e sociais para a sua implementação. Investigações como as de Jalilov et al. (2013) e Khattab (2025), desenvolvidas na Ásia Central e no Oriente Médio, respectivamente, apresentam modelos matemáticos de otimização robustos que comprovam os benefícios da cooperação internacional e da alocação intersetorial equitativa em reservatórios de uso múltiplo; contudo, os autores evidenciaram a falta de vontade política e institucional mesmo frente a cenários tecnicamente viáveis. Esses entraves também são discutidos por Hoffmann (2016) ao analisar a gestão hídrica no Chipre, local onde a infraestrutura técnica, em vez de pacificar a disputa, o reconfigurou sob uma lógica de projeção de poder geopolítico, demonstrando que obras físicas, por si só, não são capazes de superar a falta de confiança entre as partes.

Outro desafio identificado na revisão sistemática da literatura consiste na lacuna significativa existente entre ciência e sociedade. O estudo desenvolvido por Godinez-Madrigal et al. (2020) na barragem de Zapotillo argumenta que modelos hidrológicos frequentemente são utilizados na tomada de decisões como justificativa para não dialogar com as populações locais, ampliando a desconfiança pública. Essa imposição técnica também foi observada por Silber-Coats (2017) na construção de hidrelétricas no México e por Brummer et al. (2017) em projetos de remoção de barragens na Catalunha. A literatura evidencia que, independentemente do objetivo da obra, contextos nos quais a ciência ignora os valores locais e carece de legitimação social acabam por paralisar os projetos e gerar forte resistência popular.

Adicionalmente à resistência social, foi observada como desafio a dificuldade de operacionalizar modelos de gestão frente a cenários de incertezas climáticas. Um estudo realizado por Ryu et al. (2004) na bacia do rio Geum destacou que a otimização de reservatórios com múltiplos usos enfrenta limitações com a natureza incerta das vazões, o que dificulta a definição de regras de operação que garantam a satisfação, com segurança, das múltiplas demandas em tempo real. Essa complexidade na gestão também é abordada por Fang et al. (2024) na bacia do rio Hailar. Os autores evidenciam o desafio de manter o rendimento da bacia frente à variabilidade climática e às alterações na cobertura do solo, demonstrando que a expansão da vegetação pode agravar o estresse hídrico. Para lidar com essa dinâmica, os autores destacam a necessidade de modelos eco-hidrológicos capazes de determinar limites ideais de cobertura vegetal, buscando um equilíbrio seguro entre a demanda de água pelas plantas e a disponibilidade hídrica da região.

4- CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho de revisão sistemática da literatura teve como objetivo identificar e avaliar quais tipologias de obras hídricas possuem maior potencial para mitigar conflitos pelo uso da água. A análise dos 20 artigos selecionados demonstrou que não existe uma tipologia de infraestrutura inerentemente capaz de mitigar conflitos hídricos quando dissociada de instrumentos de gestão participativa e negociação. Embora grandes obras de armazenamento e transposição predominem na literatura, os resultados demonstram que sua eficácia real é frequentemente limitada, resultando em conflitos de segunda ordem. Sugere-se, portanto, que a eficácia na mitigação de disputas não está exclusivamente relacionada à obra física, mas sim à sua integração com estratégias de gestão e governança robustas.

5- AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. O presente estudo foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Agradece-se também à ABRHidro pela oportunidade de debate técnico e aos revisores anônimos do evento pelas contribuições sugeridas ao manuscrito.

6- REFERÊNCIAS

BRUMMER, M.; RODRÍGUEZ-LABAJOS, B.; THANH NGUYEN, T.; JORDÀ-CAPDEVILA, D. (2017). "*They have kidnapped our river: Dam removal conflicts in Catalonia and their relation to ecosystem services perceptions*". Water Alternatives 10(3), pp. 744 – 768.

COGNARD, J.; BERARD-CHENU, L.; SCHAEFFER, Y.; FRANÇOIS, H. (2025). "*Snowmaking's slippery slope: The effect of mountain reservoirs on water demand*". Ecological Economics 233, pp. 108586.

DAMONTE, G.; ULLOA, A.; QUIROGA, C.; LÓPEZ, A. (2022). "*La apuesta por la infraestructura: Inversión pública y la reproducción de la escasez hídrica en contextos de gran minería en Perú y Colombia*". Estudios Atacameños 68, pp. e4208.

DINIZ, P.C.O.; COSTA, A.M.; ROZENDO, C.; FERREIRA, J.G.; SILVA, F.J.R. (2023). "*REFUGIADOS DA ÁGUA: vulnerabilização e conflitos por acesso à água*". Caderno CRH 36, pp. e023015.

FANG, Q.; YUE, Z.; ZHANG, S.; WANG, G.; XUE, B.; GUO, Z. (2024). "*Effects of Climatic Disturbance on the Trade-Off between the Vegetation Pattern and Water Balance Based on a Novel Model and Accurately Remotely Sensed Data in a Semiarid Basin*". Remote Sensing 16(12), pp. 2132.

GODINEZ-MADRIGAL, J.; VAN CAUWENBERGH, N.; VAN DER ZAAG, P. (2020). "*Unraveling intractable water conflicts: the entanglement of science and politics in decision-making on large hydraulic infrastructure*". Hydrology and Earth System Sciences 24(10), pp. 4903 – 4921.

GONZALEZ, J.M.; MATROSOV, E.; OBUOBIE, E.; MUL, M.L.; PETTINOTTI, L.; GEBRECHORKOS, S.H.; SHEFFIELD, J.; BOTTACIN-BUSOLIN, A.; DALTON, C.; SMITH, L.; HAROU, J.J. (2021). "*Quantifying cooperation benefits for new dams in transboundary water systems without formal operating rules*". Frontiers in Environmental Science 9, pp. 596612.

HOFFMANN, C. (2018). "*From small streams to pipe dreams–the hydro-engineering of the Cyprus conflict*". Mediterranean Politics 23(2), pp. 265 – 285.

JALILOV, S.M.; AMER, S.A.; WARD, F.A. (2013). "*Reducing conflict in development and allocation of transboundary rivers*". Eurasian Geography and Economics 54(1), pp. 78 – 109.

KHATTAB, M.A. (2025). "*Optimal Allocation of Water Resources for the Operation of Multi-Objective Reservoir*". Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ) 30(1), pp. 112 – 124.

MWEBESA, N.M. (2021). "*Transboundary water governance and water conflicts in the Lake Victoria Basin: An adaptive and integrative management approach*". International Journal of Biological and Chemical Sciences 15(7), pp. 90 – 100.

NGUYEN, D.T. (2023). "*Operating multi-purpose reservoirs in the red river basin: hydropower benefit optimization in conditions ensuring enough water for downstream irrigation*". Sustainability 15(6), pp. 5444.

NUNES, T.H.C.; RIBEIRO, M.M.R. (2021). "*Conflitos de segunda ordem no Eixo Leste do Projeto de Integração do Rio São Francisco: análise por meio da metodologia da Cadeia Causal*". Engenharia Sanitaria e Ambiental 26, pp. 627 – 637.

PINHEIRO, M.I.T.; CAMPOS, J.N.B.; STUDART, T.M. (2011). "*Conflitos por águas e alocação negociada: o caso do vale dos Carás no Ceará*". Revista de Administração Pública 45(6), pp. 1655 – 1672.

SILBER-COATS, N. (2017). "*Clean Energy and Water Conflicts: Contested Narratives of Small Hydropower in Mexico's Sierra Madre Oriental*". Water Alternatives 10(2).

TAYIA, A. (2019). "*Transboundary water conflict resolution mechanisms: substitutes or complements*". Water 11(7), pp. 1337.

XU, T.; FENG, Z.; BAO, Z. (2016). "*Research and practice for operation of reservoir group along the mainstream of the Yangtze River for ecological protection*". in Anais do 38th IAHR World Congress, 2019, pp. 2605–2612.
RYU, J. et al. (2003). "*An optimization model to mitigate conflicts in the Geum River Basin, Korea*" in Anais do World Water & Environmental Resources Congress 2003, 2003, pp. 1 - 10.