

Sustentabilidade hídrica de bacias hidrográficas

Water sustainability of river basins

Mayara Pereira Carolino¹ , Wesley Belo Aleixo Barbosa¹ , Genival Barros Júnior² 

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife, PE, Brasil. E-mails: mayaracarolino1@gmail.com, wesleybelo3077@gmail.com

²Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Serra Talhada, PE, Brasil. E-mail: genival.barrosjunior@ufrpe.br

Como citar: Carolino, M. P., Barbosa, W. B. A., & Barros Júnior, G. (2024). Sustentabilidade hídrica de bacias hidrográficas. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 21, e20. <https://doi.org/10.21168/rega.v21e20>

RESUMO: A mudança nas rotas de desenvolvimento em diversos países ao redor do mundo tem tornado imperativa a busca por modelos sustentáveis e eficientes para enfrentar problemas de caráter ambiental, econômico e social. Nesse contexto, a recorrência de eventos caracterizados por longos períodos de seca, intensificados pela crise climática em curso e pelos impactos das atividades antrópicas, tem consolidado um cenário preocupante de insegurança hídrica e, conseqüentemente, alimentar em várias regiões. Este quadro tem alavancado as mais diversas motivações na busca por métodos de avaliação da sustentabilidade hídrica das bacias hidrográficas. Assim, esse panorama alarmante fundamenta o estudo aqui apresentado, que se baseia em uma revisão sistemática realizada no recorte temporal entre 2014 e 2023 sobre a sustentabilidade hídrica de bacias hidrográficas, passando a identificar diferentes abordagens acerca desta temática. As análises bibliométricas realizadas identificaram uma predominância de artigos que avaliam apenas o abastecimento de água da população e a gestão hídrica na caracterização da sustentabilidade. Todavia, destaca-se a necessidade de estimular a aplicação de metodologias que consideram os demais aspectos do sistema hídrico, o qual é considerado como dinâmico e possibilitem a análise integrada dos dados. De modo que essa abordagem possibilite fornecer um embasamento robusto ao processo decisório de gestão hídrica.

Palavras-chave: Sustentabilidade Hídrica; Bacia Hidrográfica; Revisão Sistemática.

ABSTRACT: The change in development routes in several countries around the world has made it imperative to look for sustainable and efficient models to tackle environmental, economic and social problems. In this context, the recurrence of events characterized by long periods of drought, intensified by the ongoing climate crisis and the impacts of anthropogenic activities, has consolidated a worrying scenario of water and, consequently, food insecurity in various regions. This situation has led to a wide range of motivations in the search for methods to assess the water sustainability of river basins. This alarming scenario provides the basis for the study presented here, which is based on a systematic review carried out between 2014 and 2023 on the water sustainability of river basins, identifying different approaches to this issue. The bibliometric analyses carried out identified a predominance of articles evaluating only the population's water supply and water management in the characterization of sustainability. However, there is a need to encourage the application of methodologies that consider other aspects of the water system, which is considered to be dynamic and enables integrated data analysis. So that this approach can provide a robust basis for decision-making in water management.

Keywords: Water Sustainability; Watershed; Systematic Review.

INTRODUÇÃO

Os impactos da crise climática e o acelerado processo de urbanização nas bacias hidrográficas, tem diminuído a taxa de resiliência ambiental e pressionado diversos governos e populações ao redor do mundo em busca de mecanismos de proteção e manutenção dos corpos hídricos que visem a conservação em qualidade e quantidade (Oliveira et al., 2020). A crise hídrica tem como um dos principais propulsores as práticas agrícolas inadequadas, especialmente em regiões com baixa precipitação. Sharma et al. (2022) destacam que no noroeste da Índia, onde as culturas que necessitam de uma irrigação intensiva, as práticas agrícolas irregulares têm contribuído para o esgotamento dos recursos hídricos subterrâneos e impactando na alimentação e segurança energética do país.

Recebido: Abril 27, 2024. Revisado: Setembro 08, 2024. Aceito: Outubro 19, 2024.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

O relatório do Painel Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, publicado em 2019, afirma que mais de 40% da biodiversidade aquática do Brasil está ameaçada, sendo o Nordeste, a região que detém dos piores indicadores de escassez e estresse hídrico em função das características climáticas e dos solos da região. Isto resulta em índices quantitativos e qualitativos negativos na maior parte de seu território (Pires et al., 2020).

Portanto, o estudo da sustentabilidade hídrica de bacias hidrográficas é amplamente definido por meio de avaliações do desempenho da gestão da água em diferentes cenários políticos, englobando abordagens que visam o monitoramento das mudanças que ocorridas nos sistemas socio-hidrológicos no espaço e no tempo (Shafiei et al., 2022). Ainda segundo esses autores, a maioria dos estudos é executado de forma qualitativa e/ou quantitativa, utilizando índices e indicadores que sintetizam informações relevantes sobre o sistema. Neste sentido, embora não exista uma única abordagem para obtenção dos resultados, a avaliação deve considerar o meio ambiente como parte de um sistema dinâmico que interliga dimensões econômicas, governamentais e sociais. Assim, a participação de todos os envolvidos no processo decisório é fundamental para aumentar a precisão (Benson et al., 2014).

Em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) adaptou os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para reconhecer a necessidade de os países promoverem as riquezas econômicas, visando combater a pobreza, a desigualdade social e as mudanças climáticas. Em suma, a sustentabilidade ambiental visa a busca pelo equilíbrio da utilização dos recursos naturais sem comprometer as necessidades das gerações futuras. Nesse contexto, a sustentabilidade hídrica visa conservar o equilíbrio entre a oferta e a demanda de água, preservando a resiliência dos mananciais (Sood & Ritter, 2011).

Diante do exposto, diversos segmentos da sociedade têm intensificado debates e metodologias desenvolvidas em busca do desenvolvimento sustentável, valorizando e utilizando os recursos naturais de forma racional. Nesse contexto, a aplicação dessa investigação nas bacias hidrográficas possibilita uma gestão hídrica integrada e consistente (Ananda et al., 2023). Assim, a identificação dos níveis de sustentabilidade hídrica (Regular, Bom, Ruim e Péssimo) é considerada uma estratégia para promover uma boa governança.

Assim, o estudo bibliométrico da sustentabilidade hídrica de bacias hidrográficas fornece uma compreensão fundamental do tema e suas diversas aplicações. Essa afirmação fundamenta a pesquisa, que teve como objetivo avaliar publicações científicas entre 2014 e 2023, buscando obter dados e percepções atualizadas sobre o tema. Essa análise permitirá embasar discussões temporárias sobre o uso de diferentes metodologias que caracterizam a sustentabilidade hídrica de uma bacia.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A importância da gestão de recursos hídricos na busca do desenvolvimento sustentável

Os efeitos das pressões socioeconômicas sobre os recursos hídricos, resultam na redução da quantidade e qualidade da água, impulsionando diversos países a discutirem metodologias para aprimorar suas políticas de gestão (Samani, 2021). Nesse contexto, em 2015, as lideranças mundiais, em parceria com a ONU, buscaram resolver as crises atuais associadas as dimensões sociais, ambientais e econômica, definindo um plano de ação com o intuito de erradicar a pobreza, proteger o planeta, garantir paz e prosperidade para todos. Assim, se deu a elaboração da agenda 2030 que dispõe de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estruturados com finalidade de solucionar e/ou mitigar estas problemáticas (Miranda & Zavaleta-Cortijo, 2023).

Dentre os objetivos traçados, destaca-se a ODS 6 que tem por finalidade “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos e todas”. O atendimento deste objetivo tem como principal fundamento a análise da governança da água que exige políticas consistentes, participação de todos os autores do processo decisório e estratégias de otimização de processos (Evaristo et al., 2023). Sendo importante que os gestores públicos assumam como estratégia a implementação de um modelo desenvolvimento que possibilite avaliar informações locais a partir da integração de dados dos aspectos sociais, econômicos e ambientais (Vidal-Lamolla et al., 2024) tornando o planejamento hídrico mais complexo, com dinâmico e cooperativo, envolvendo diferentes atores na formulação de estratégias de gestão (Singh, 2023).

A maioria dos estudos na literatura relacionado as bacias hidrográficas têm se concentrado na avaliação das incertezas hidrológicas em face das constantes variações temporais e espaciais (Eldardiry et al., 2016; Yao et al., 2022). Todavia, avaliar os processos de gestão das grandes bacias hidrográficas é crucial para a manutenção da disponibilidade de água, de modo a possibilitar a

definição de formas de abastecimento compatíveis com o crescimento demográfico e econômico de uma região (Li et al., 2022).

Sendo assim, a ONU monitora, a partir das análises dos indicadores na dimensão territorial de cada país, o cumprimento dos objetivos de desenvolvimento sustentável. No entanto, para a ocorrência de uma adequada Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) é fundamental estas avaliações em níveis regionais, estaduais e municipais, possibilitando a obtenção de dados que expressam a realidade local e auxiliam na delimitação de áreas críticas para implantação de ações de mitigação, preservação e conservação ambiental (Borden & Goodwin, 2022).

Uma breve abordagem referente aos métodos de indicação da sustentabilidade hídrica em bacias hidrográficas

O conceito de sustentabilidade hídrica encontra-se em evolução e, embora majoritariamente as pesquisas tratem do equilíbrio entre oferta e demanda de água, atualmente tem-se intensificado as preocupações acerca da justiça social e à prosperidade econômica nesta contextualização (Santos et al., 2023). Dessa forma, surgiram discussões sobre a valorização do sistema hídrico e a necessidade de reconhecê-lo como parte integrante das interações socioeconômicas e geopolíticas (Ioris, 2013).

Neste contexto, a busca pela sustentabilidade das bacias hidrográficas passou a ser avaliada de forma multidimensional conectando as interdependências entre o sistema natural, social e econômico do uso da água, de maneira que as ações para alcançar o desenvolvimento econômico sejam realizadas respeitando a preservação e a integridade do ambiente ecológico, do bem-estar e segurança social (Flint, 2004).

Partindo deste fundamento, pode-se afirmar que o método de avaliação da sustentabilidade mais utilizado e conhecido atualmente inclui o emprego de indicadores (Masud et al., 2018). Rocha & Lima (2020) afirmam que estes são ferramentas que expressam tendências de alterações ambientais ocorridas no espaço e no tempo, fornecendo respostas eficientes para a execução de ações que auxiliam o processo decisório e a gestão participativa.

Esses indicadores devem ser utilizados para quantificar os níveis do estado de saúde do sistema hidrológico, fornecendo dados que auxiliam a avaliação da gestão (Ferreira et al., 2020). Esta metodologia tem sido amplamente utilizada para analisar diferentes aspectos relacionados aos recursos hídricos, como exemplo a pesquisa desenvolvida por Sugahara et al. (2023), que aplicaram diversos indicadores ligados à segurança hídrica na região metropolitana de Campinas, em São Paulo, com o objetivo de apoiar a gestão das bacias hidrográficas de Atibaia e Piracicaba. Em uma aplicação semelhante, Mosaffaie et al. (2021) utilizaram o método para avaliar a saúde da bacia hidrográfica de Gorganroud, localizada no nordeste do Irã, identificando a perda de água subterrânea, o potencial de inundações e as taxas de erosão do solo como os principais problemas que afetam a diversidade da qualidade da bacia.

Dentre as metodologias que usam indicadores, em suma grande parte das pesquisas usam o método Pressão-Estado-Resposta (PSR) originada de pesquisas da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (1993) para avaliação da sustentabilidade hídrica. Esta tem o intuito de avaliar as pressões ocorridas no sistema hídrico resultante das atividades antrópicas, assim como também o estado que este se encontra e a resposta da população frente as questões hídricas. Destaca-se também o modelo conhecido como Força Motriz Pressão-Estado-Impacto-Resposta (DPSR), que é uma evolução da modelagem PSR e tem como objetivo introduzir a avaliação dos impactos em sistemas vulneráveis às atividades antrópicas (Silva et al., 2021).

Sendo assim, as áreas hidrológicas e sociais consideram imprescindível a avaliação da sustentabilidade hídrica como base de comunicação das informações técnico científica sobre as bacias hidrográficas para a construção de estratégias que visa proporcionar a conservação e melhoria dos recursos hídricos (Shafiei et al., 2022).

METODOLOGIA

O estudo foi realizado por meio de uma revisão sistemática utilizando uma meta-análise adaptada segundo as diretrizes PRISMA. Essa abordagem combina análise qualitativa para a revisão bibliográfica e análise quantitativa para a enumeração dos dados dos artigos selecionados (Souza et al., 2010).

A revisão sistemática é uma descrição rigorosa frequentemente empregada para mensurar informações sobre um problema específico de forma objetiva e reproduzível, utilizando métodos científicos de busca, seleção, avaliação de relevância e interpretação de dados (Galvão et al., 2004). Nesse

contexto, a meta-análise é descrita como um método estatístico que combina os resultados de vários estudos, visando maximizar a objetividade e a validação dos artigos encontrados (Souza et al., 2010).

A bibliografia desta pesquisa foi composta por artigos científicos extraídos da base de dados SCOPUS (Elsevier), acessados por meio do Portal de Periódicos da Capes. A escolha dessa base deve-se à sua vasta cobertura de artigos sobre a temática. Os artigos foram obtidos por meio de buscas sistematizadas, utilizando modificações de palavras-chave em inglês e operadores booleanos AND e OR, conforme ilustrado na Figura 1. O objetivo foi localizar informações em títulos, resumos e palavras-chave. Ressalta-se que o uso de palavras-chave em inglês é uma estratégia eficaz para a seleção de artigos científicos, pois aumenta o escopo, a precisão e a relevância dos resultados, dada a ampla disponibilidade de publicações científicas e acadêmicas internacionais nesse idioma.

Após a execução da primeira operação, definiu-se um intervalo de 10 anos para a segunda etapa de busca, abrangendo de janeiro de 2014 a maio de 2023, a fim de garantir pesquisas consistentes e atualizadas sobre a temática. Optou-se também pelo acesso aberto, visando à extração de pesquisas amplamente disseminadas e acessíveis.

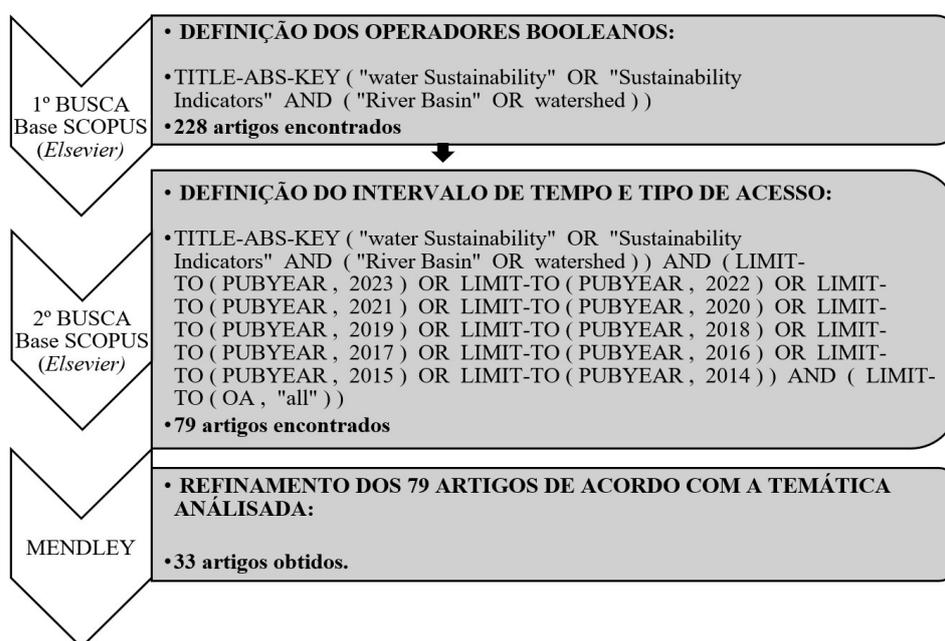


Figura 1. Fluxograma da etapa de seleção dos artigos
Fonte: Elaboração própria (2023)

Após a execução das etapas de busca, os artigos foram extraídos em formato *BibTex* e inseridos no software *Mendeley* para o refinamento da análise com a execução da leitura dos títulos e resumos buscando selecionar as pesquisas que se encaixam na vertente de avaliação da sustentabilidade de bacias hidrográficas, obtendo, o resultado de 33 artigos que foram baixados em formato *cvs* e inserido no software *Vosviewer* versão 1.6.19 para a realização da análise bibliométrica.

A avaliação bibliométrica possibilitou observar correlações existentes entre a definição a temática estudada e os respectivos métodos de análise, identificação de autores e países mais relevantes dentre as publicações selecionadas. Assim, esta pesquisa teve por intuito construir compreensão fundamental no embasamento de estudos voltados para bacias hidrográficas.

Análises Bibliométricas

Palavras-chaves

Este método de avaliação foi executado no *Vosviewer* com a seleção do tipo de análise de *co-occurrence* e unidade *all Keywords*, obtendo assim, as redes de termos interligados que possibilitam discussões entre as relações das palavras chaves mais publicadas nos artigos e os operadores de busca definidos (Sustentabilidade da Água, Indicadores de Sustentabilidade e Bacias Hidrográficas).

Avaliações quantitativas

Esta avaliação fundamenta-se na quantificação das produções científicas a respeito da temática abordada por meio da construção de tabelas e rankings, possibilitando a verificação das quantidades de obras por país e visibilidade destas no âmbito científico.

Ainda neste contexto de avaliação, verificou-se os estudos que utilizam os indicadores como método de análise da sustentabilidade hídrica, de modo a quantificá-los e descrevê-los quanto a sua relevância na obtenção dos resultados.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados nesta pesquisa foram fundamentados a partir da análise dos dados dos artigos listados no Quadro 1. Vale destacar que os artigos assinalados em azul são aqueles que utilizam indicadores para mensurar a sustentabilidade.

Quadro 1: Identificação dos artigos avaliados

Títulos	Periódico	Autoria (Ano)
Robust programming for basin-level water allocation with uncertain water availability and policy-driven scenario analysis	<i>Complex and Intelligent Systems</i>	Yao et al. (2022)
Prospective Water Balance Scenarios (2015–2035) for the Management of São Francisco River Basin, Eastern Brazil	<i>Water</i>	Bettencourt et al. (2022)
Physicochemical Characterization and Assessment of Magnitude of Pollution to Contribute to Water Sustainability	<i>Sustainability</i>	Ihsane et al. (2022)
Evaluating the effectiveness of land and water integrative practices for achieving water sustainability within the Colorado River Basin: perceptions and indicators	<i>Water International</i>	Quay et al. (2022)
Identifying the dynamic evolution and feedback process of water resources nexus system considering socioeconomic development, ecological protection, and food security: A practical tool for sustainable water use	<i>Hydrology and Earth System Sciences</i>	Tan et al. (2021)
Assessment of the urban water cycle in Antwerp (BE): The City Blueprint Approach (CBA)	<i>Cleaner Environmental Systems</i>	Huyghe et al. (2021)
Stochastic mathematical models to balance human and environmental water needs and select the best conservation policy for drought-prone river basins	<i>Journal of Cleaner Production</i>	Farzaneh et al. (2021)
Spatial planning for water sustainability projects under climate uncertainty: Balancing human and environmental water needs	<i>Environmental Research Letters</i>	Fovargue et al. (2021)
Integrated assessment of the influence of climate change on current and future intra-annual water availability in the Vaal River catchment	<i>Journal of Water and Climate Change</i>	Remilekun et al. (2021)
Sustainability Assessment of Sanitation Indicators in the PCJ Watersheds 2020-2035 Plan.	<i>Ambiente e Sociedade</i>	Bega et al. (2021)
Sustainability index in the municipal district of the Marapanim river watershed (Pará/Brazil)	<i>Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade</i>	Silva et al. (2021)
Navigating wicked water governance in the “solutionscape” of science, policy, practice, and participation	<i>Ecology and Society</i>	Fallon et al. (2021)
Environmental sustainability indicators systemsized through the Pressure-State-Response (PSR) model in Alto Iguaçu Hydrographic Basin, PR.	<i>O Espaço Geográfico Em Análise</i>	Rodrigues et al. (2021)
Using the analytic hierarchy process to evaluate sustainability factors in watershed planning and management	<i>Urbani Izziv</i>	Pouya et al. (2020)
Assessment of future water demand and supply under IPCC climate change and socio-economic scenarios, using a combination of models in Ourika watershed, High Atlas, Morocco	<i>Water</i>	Ougougdal et al. (2020)

Quadro 1: Continuação...

Títulos	Periódico	Autoria (Ano)
Comparing performance indicators to characterize the water supply to the demands of the Guadiana River basin (Spain)	<i>Hydrological Sciences Journal</i>	Palop-Donat et al. (2020)
Insights into riverscape dynamics with the hydrological, ecological and social dimensions for water sustenance	<i>Current Science</i>	Ramachandra et al. (2020)
Stakeholders and social influence in a shadow network: Implications for transitions toward urban water sustainability in the Colorado River basin	<i>Ecology and Society</i>	Wutich et al. (2020)
Development of a Reservoir System Operation Model for Water Sustainability in the Yaqui River Basin	<i>Journal of Water Resources Planning and Management</i>	Mounir et al. (2019)
Exploring the role of local community perceptions in sustainability measurements	<i>International Journal of Sustainable Development and World Ecology</i>	Jones et al. (2019)
The impacts of water demand and its implications for future surface water resource management: The case of Tanzania's Wami Ruvu Basin (WRB)	<i>Water</i>	Miraji et al. (2019)
Sustaining Water Resources: Environmental and Economic Impact	<i>ACS Sustainable Chemistry and Engineering</i>	Alexandratos et al. (2019)
Sustainability indicators: Monitoring cross-county water cooperation in the Nzoia river basin, Kenya	<i>Sustainability</i>	Onencan et al. (2019)
Sustainable development of water resources: Spatio-temporal analysis of water stress in South Korea	<i>Sustainability</i>	Kim et al. (2018)
Sustainability impacts of tidal river management: Towards a conceptual framework	<i>Ecological Indicators</i>	Masud et al. (2018)
Managements systems clustering and sustainability indicators of construction using the methodology mesmis the territory amazon portal	<i>O Espaço Geográfico Em Análise</i>	Roboredo et al. (2018)
Spatial distribution of river basin sustainability indicators in transition region of northeastern Brazil	<i>Applied Ecology and Environmental Research</i>	Dias et al. (2018)
Towards water sensitive cities in the Colorado River Basin: A comparative historical analysis to inform future urban water sustainability transitions	<i>Sustainability</i>	Sullivan et al. (2017)
Small-scale catchment analysis of water stress in wet regions of the U.S.: An example from Louisiana	<i>Environmental Research Letters</i>	Eldardiry et al. (2016)
Understanding the spatial distribution of hydrologic sensitive areas in the landscape using soil topographic index approach	<i>International Soil and Water Conservation Research</i>	Wu et al. (2016)
Water sustainability of large cities in the United States from the perspectives of population increase, anthropogenic activities, and climate change	<i>Earth's Future</i>	Yigzaw & Hossain (2016)
Linking knowledge with action in the pursuit of sustainable water-resources management	<i>Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America</i>	Jacobs et al. (2016)
China's water sustainability in the 21st century: A climate-informed water risk assessment covering multi-sector water demands	<i>Hydrology and Earth System Sciences</i>	Chen et al. (2014)

Fonte: Elaboração própria (2023).

Diante dos artigos mencionados no Quadro 1 acima, ressalta-se que todos foram utilizados como base para as análises bibliométricas e de produções científicas. No entanto, os destacados serviram para embasar as discussões acerca da análise das metodologias de avaliação da sustentação.

Análise bibliométrica da temática de sustentabilidade hídrica em bacias hidrográficas

Com base na análise de palavras-chaves (Figura 2), o termo norteador de todas as pesquisas citadas no Quadro 1 é o “desenvolvimento sustentável”. Atribui-se esta condição a relevância da temática para a gestão da água em todas as regiões do Planeta, que, além de visar a conservação desse importante recurso natural, considera o modelo de desenvolvimento vital para a manutenção da vida (Dias et al., 2018; Bega et al., 2021).

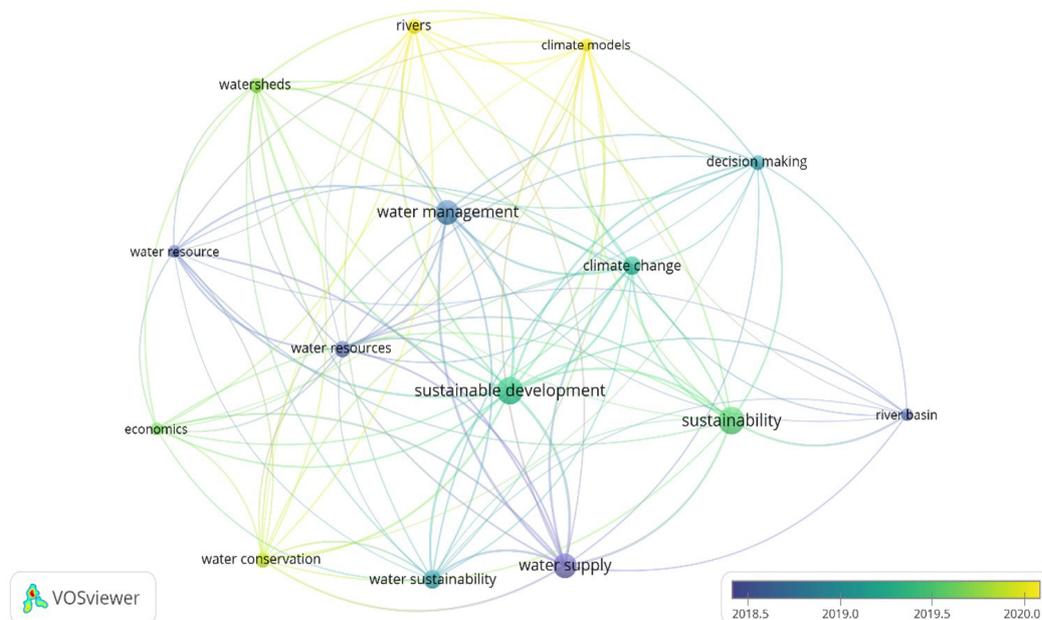


Figura 2. Análise das palavras-chaves.
Fonte: Elaboração própria (2023)

As palavras-chaves “gestão hídrica”, “abastecimento de água” e “sustentabilidade” foram identificadas como termos de maior abordagem dentre os artigos analisados, de modo que, aproximadamente 81,8% correlacionam a busca pelo desenvolvimento sustentável com as temáticas de gestão hídrica (48,4%) e o abastecimento de água (33,3%).

Ao analisar a linha do tempo na figura acima, comentamos que os estudos sobre a sustentabilidade de bacias hidrográficas ganharam maior relevância a partir de 2019. Esse aumento de atenção está relacionado ao lançamento de pesquisas focadas na conservação da água, avaliação de modelos climáticos e introdução de metodologias que abordam a vertente econômica como um fator de pressão na crise hídrica.

Em suma, os estudos sobre a temática avaliada geralmente abordam as incertezas meteorológicas e hidrológicas, bem como as análises de governança hídrica, com intuito de embasar estratégias para a promoção da sustentabilidade. Orientando assim, os gestores no planejamento e nas tomadas de decisões (Dias et al., 2018; Fovargue et al., 2021).

Análises de produções científicas

A Tabelas 1 e 2 expressa a quantificação das publicações e citações por países, onde a área de estudo e desenvolvimento das pesquisas abordam a temática de sustentabilidade hídrica voltadas para o recorte espacial de bacias hidrográficas.

De acordo com a Tabela 1, percebe-se a discrepância entre o número de publicações dos Estados Unidos da América em relação aos demais a nível mundial. Fato este atribuído a intensificação das pesquisas que visam resolver os problemas de escassez ocorrida atualmente nas regiões sul e oeste

do país, as recorrentes inundações e a existência da infraestrutura de gestão hídrica ultrapassada (Yigzaw & Hossain, 2016).

Tabela 1. Análise de publicação por país

PAÍSES	QUANTIDADE DE PUBLICAÇÕES
ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA - EUA	15
BRASIL	6
CHINA	3
MARROCOS	2
REINO UNIDO	2
PAÍSES BAIXOS	2

Fonte: Elaboração própria (2023)

No ranking mencionado na Tabela 1, destaca-se o Brasil em segundo lugar, com duas publicações em 2018, três em 2021 e uma em 2022. Aproximadamente 33,33% dessas publicações tiveram como área de estudo o Nordeste do país, enfatizando a preocupação dos pesquisadores no tocante a taxa elevada de insegurança hídrica desta região.

Quanto à relevância dos estudos publicados, a Tabela 2 foi construída para quantificar as implicações dos artigos analisados por país, possibilitando a identificação dos mais influentes na temática.

Tabela 2. Citações da temática por país

RANKING	PAÍSES	QUANTIDADE DE CITAÇÕES
1º	EUA	254
2º	TAILÂNDIA	98
3	MARROCOS	37
4º	ISRAEL	34
5º	BÉLGICA	23
6º	CHINA	19
7º	BANGLADESH	18
8º	REINO UNIDO	16
9º	ÍNDIA	13
10º	PAÍSES BAIXOS	12

Fonte: Elaboração própria (2023)

De acordo com a Tabela 2, os EUA também se destacam como o país mais relevante na temática, fato relacionado à intensificação de pesquisas organizadas por agências governamentais locais, com o objetivo de criar estratégias para enfrentar os desafios da gestão de recursos hídricos, especialmente no que diz respeito à minimização dos longos períodos de estiagem (Yigzaw & Hossain, 2016). Um exemplo é o estado da Califórnia, que possui um clima mediterrânico, com verões extremamente secos, onde grandes investimentos foram feitos em infraestrutura para mitigar os problemas resultantes da insegurança hídrica na região (Orazem, 2021).

Na sequência, em segundo lugar, se encontra a Tailândia, no qual os pesquisadores são pressionados a desenvolver estudos com intuito de obter resultados em curto e médio prazo a fim de solucionar as questões hídricas, principalmente de abastecimento. Esse cenário é impulsionado pela alta densidade populacional e pelo rápido desenvolvimento econômico do país, que é considerado um dos dez maiores da Ásia em ambos os aspectos (Tangworachai et al., 2023).

Análise de metodologias de avaliação da sustentabilidade hídrica

Os diferentes métodos de avaliação identificados nesta pesquisa estão destacados no Quadro 1, que apresenta os artigos que utilizam indicadores para avaliar a sustentabilidade hídrica. A partir dessa seleção, foi possível identificar as metodologias comumente utilizadas para caracterizar a sustentabilidade no contexto espacial das bacias hidrográficas.

Dos 10 artigos destacados, 70% avaliaram o desempenho da gestão hídrica como indicador. Um exemplo é o estudo de Masud et al. (2018), que analisaram os indicadores de sustentabilidade da Gestão dos Rios de Marés (TRM) e desenvolveram o Índice de Sustentabilidade de Gestão do Rio das Marés (SITRM). Esse índice foi criado a partir da integração das dimensões ambiental, econômica, social e institucional. O estudo concluiu que o índice oferece uma vantagem ao disponibilizar à sociedade um modelo sustentável que projeta a vulnerabilidade das comunidades, rios e bacias, destacando os efeitos das mudanças climáticas.

Ainda nessa perspectiva de estudo comparativo, Palop-Donat et al. (2020) avaliaram o desempenho do Indicador de Confiabilidade (RI), desenvolvido e regulamentado pela legislação espanhola desde 2008, em comparação com o modelo de Indicador de Sustentabilidade (SIs). O estudo analisou parâmetros como a confiabilidade do abastecimento, a resiliência do sistema hídrico e a vulnerabilidade da demanda de água. Assim diante da pesquisa, os autores destacaram a importância da avaliação o indicador de confiabilidade em conjunto com o de sustentabilidade, observando que os resultados dos SIs são mais eficazes quando aplicados a diferentes cenários políticos.

No estudo desenvolvido por Bega et al. (2021), a sustentabilidade de bacias hidrográficas foi avaliada com base na análise do cumprimento do 6º Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (2015), especificamente os descritos 6.2 e 6.3. O trabalho analisou o desempenho dos níveis de efluentes captados e tratados, conforme relatado no Plano de Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (CBH-PCJ), situados nos estados de São Paulo e Minas Gerais. A construção dos indicadores baseia-se nos princípios de sustentabilidade propostos por Gibson (2006), que incluem aspectos fundamentais relacionados ao bem-estar humano e ambiental de forma interdependente, ou seja, uma visão em que o ser humano depende das condições ambientais e ajuda um papel central em sua preservação. A pesquisa concluiu que a modelagem utilizada auxilia na identificação da evolução dos impactos socioeconômicos sobre os recursos hídricos e contribui para a definição de ações de preservação.

Dias et al. (2018) aplicaram três tipos de indicadores em seis bacias hidrográficas do estado do Maranhão, abrangendo as dimensões socioeconômica, hidrológica e institucional. Essas vertentes foram avaliadas por meio de 12 índices, formulados com base em critérios como relevância, aderência às condições locais, disponibilidade de dados e a capacidade de permitir comparações temporais. Diferentemente de outras metodologias, estes autores aplicaram um modelo que introduz a análise da vertente política na definição da sustentabilidade hídrica. Sendo assim, este estudo obteve resultado a respeito da necessidade de estabelecer medidas prioritárias como exemplo da redução de demandas e desperdícios de água de abastecimento e a necessidade de implementar ou melhorar o sistema de coleta e tratamento de esgoto das regiões.

Segundo os mesmos autores, o estudo reforçou a necessidade de priorizar o aprimoramento das políticas e planos de gestão dos recursos hídricos, além de destacar a importância de oferecer maior suporte aos comitês de bacia já estabelecidos.

Jones et al. (2019), abordam a utilização de indicadores ambientais, econômicos e sociais de maneira subjetiva para caracterização da sustentabilidade do uso da água em bacias hidrográficas. Estes autores avaliaram aspectos como a qualidade da água, impactos econômicos das empresas locais usuárias da água e a percepção social da população em geral por meio de aplicação de questionários semiestruturados. Concluindo que os indicadores de qualidade ambiental e de vida humana são considerados os mais relevantes para a população, destacando-se a importância da introdução da percepção social em métodos de avaliação da sustentabilidade hídrica de bacias hidrográficas, gerando-se parâmetros que expressam maior confiabilidade dos dados em âmbito local

No estudo desenvolvido por Silva et al. (2021), foi apresentada uma metodologia consistente e de fácil replicação para a gestão de recursos hídricos. O trabalho desenvolveu um índice de sustentabilidade por meio da aplicação da modelagem Pressão-Estado-Resposta (PER), utilizando indicadores hidrológicos, ambientais, sociais e políticos. A análise, realizada em um recorte territorial específico, permitiu concluir que é fundamental considerar o sistema hídrico como dinâmico. Portanto, os autores chegaram à conclusão de que conhecimento apenas de aspectos hidrológicos e meteorológicos não são suficientes para a compreensão da sustentabilidade de uma bacia hidrográfica, devido a influência significativa e direta de aspectos sociais e econômicos nesta análise.

Rodrigues et al. (2021) também utilizou como metodologia mesma metodologia. No entanto, os indicadores usados na definição da sustentabilidade da bacia foram às transformações do solo, recursos hídricos, biodiversidade, agrotóxicos, uso da terra e a demografia. Neste contexto, os resultados demonstraram uma alta degradação em curso mesmo com a existência de legislações e possibilitou a identificação dos fatores de pressão sobre a bacia, de modo que, estes dados tendem a

fornecer informações necessárias para o planejamento ambiental. Sendo assim, a pesquisa alertou para a necessidade de os órgãos públicos desenvolverem sistemas de monitoramento nas bacias hidrográficas, de maneira que este venha a proporcionar melhoria da qualidade ambiental, social e econômica local e regional.

Sendo assim, apesar de atualmente não existir na literatura um consenso sobre o modelo de avaliação mais eficientes e essa análise depende exclusivamente do objetivo do pesquisador, as metodologias destacadas ressalta-se que as abordagens multisetoriais e interdisciplinares (Bega et al., 2021; Fallon et al., 2021; Palop-Donat et al., 2020; Quay et al., 2022; Silva et al., 2021) fornecem contribuições significativas e mais seguras para os estudos da sustentabilidade hídrica de bacias, tendo por objetivo comum auxiliar no processo de gestão hídrica e, conseqüentemente, na promoção da melhoria da qualidade de vida da população.

CONCLUSÃO

Diante do exposto, é evidente que o tema da sustentabilidade hídrica em bacias hidrográficas está em processo de evolução, demandando o aprofundamento e amadurecimento das discussões no âmbito técnico-científico. A pesquisa aqui desenvolvida aponta para a necessidade de considerar múltiplas vertentes, além de aspectos como disponibilidade e qualidade da água, para uma definição mais ampla e precisa.

A análise revelou que os métodos atualmente mais utilizados introduzem indicadores sociais, ambientais e econômicos. No entanto, ainda há uma limitação significativa na existência de metodologias integradoras que possam consolidar esses dados de forma a refletir fielmente a realidade das bacias hidrográficas ao longo do tempo e em diferentes espaços.

Assim, esta análise bibliométrica oferece um conteúdo replicável, permitindo que avaliações futuras considerem a sustentabilidade hídrica das bacias hidrográficas como um fator crucial. Ela também direciona os responsáveis pela gestão a avaliar o cumprimento das metas da Agenda 2030, proposta pela Organização das Nações Unidas.

REFERÊNCIAS

- Alexandratos, S. D., Barak, N., Bauer, D., Davidson, F. T., Gibney, B. R., Hubbard, S. S., Taft, H. L., & Westerhof, P. (2019). Sustaining water resources: environmental and economic impact. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 7(3), 2879-2888. <http://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b05859>
- Ananda, F., Nofrizal, N., Yoswaty, D., Farida, L., & Hamidy, R. (2023). Integrando a gestão ambientalmente amigável dos recursos hídricos em direção à sustentabilidade ecológica e socioeconômica. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(3), 73-79. <http://doi.org/10.32479/ijee.14310>
- Bega, J. M. M., Vale Borges, A., Lago, C. A. F., Mendes, J. P., Tarso, P., Santos, W. J. R., & Mariosa, D. F. (2021). Sustainability assessment of sanitation indicators in the PCJ watersheds 2020-2035 plan. *Ambiente & Sociedade*, 24, e0247. <http://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200247vu202114de>
- Benson, D., Fritsch, O., Cook, H., & Schmid, M. (2014). Evaluating participation in WFD river basin management in England and Wales: Processes, communities, outputs and outcomes. *Land Use Policy*, 38, 213-222. <http://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.11.004>
- Bettencourt, P., Oliveira, R. P., Fulgêncio, C., Canas, A., & Wasserman, J. C. (2022). Prospective water balance scenarios (2015-2035) for the management of São Francisco River Basin, Eastern Brazil. *Water*, 14(15), 2283. <http://doi.org/10.3390/w14152283>
- Borden, C., & Goodwin, P. (2022). A framework tool for conceptualizing integrated water resources for sustainable water management. *River*, 1(1), 60-79. <http://doi.org/10.1002/rvr.2.14>
- Chen, X., Naresh, D., Upmanu, L., Hao, Z., Dong, L., Ju, Q., Wang, J., & Wang, S. (2014). China's water sustainability in the 21st century: a climate-informed water risk assessment covering multi-sector water demands. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(5), 1653-1662. <http://doi.org/10.5194/hess-18-1653-2014>
- Dias, I. C. L., França, V. L., Bezerra, D. S., Rabêlo, J. M. M., & Castro, A. C. L. (2018). Spatial distribution of river basin sustainability indicators in transition region of northeastern Brazil. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(4), 3729-3754. http://doi.org/10.15666/aer/1604_37293754
- Eldardiry, H., Habib, E., & Borrok, D. M. (2016). Small-scale catchment analysis of water stress in wet regions of the U.S.: an example from Louisiana. *Environmental Research Letters*, 11(12), 124031. <http://doi.org/10.1088/1748-9326/aa51dc>

- Evaristo, J., Jameel, Y., Tortajada, C., Wang, R. Y., Horne, J., Neukrug, H., David, C. P., Fasnacht, A. M., Ziegler, A. D., & Biswas, A. (2023). Water woes: the institutional challenges in achieving SDG 6. *Sustainable Earth Reviews*, 6(1), 13. <http://doi.org/10.1186/s42055-023-00067-2>
- Fallon, A. L., Lankford, B. A., & Weston, D. (2021). Navigating wicked water governance in the “solutionscape” of science, policy, practice, and participation. *Ecology and Society*, 26(2), art37. <http://doi.org/10.5751/ES-12504-260237>
- Farzaneh, M. A., Rezapour, S., Fovargue, R., & Neeson, T. M. (2021). Stochastic mathematical models to balance human and environmental water needs and select the best conservation policy for drought-prone river basins. *Journal of Cleaner Production*, 291, 125230. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125230>
- Ferreira, S. C. G., Lima, A. M. M., & Corrêa, J. A. M. (2020). Indicators of hydrological sustainability, governance and water resource regulation in the Moju river basin (PA)–Eastern Amazonia. *Journal of Environmental Management*, 263, 110354. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110354>
- Flint, R. W. (2004). The sustainable development of water resources. *Water Resources Update*, (127), 48-59. Recuperado em 27 de abril de 2024, de http://www.eeeee.net/sd_water_resources.pdf
- Fovargue, R. E., Rezapour, S., Rosendahl, D., Wootten, A. M., Sabzi, H. Z., Moreno, H. A., & Neeson, T. M. (2021). Spatial planning for water sustainability projects under climate uncertainty: balancing human and environmental water needs. *Environmental Research Letters*, 16(3), 034050. <http://doi.org/10.1088/1748-9326/abdd58>
- Galvão, C. M., Sawada, N. O., & Trevizan, M. A. (2004). Revisão sistemática: recurso que proporciona a incorporação das evidências na prática da enfermagem. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 12(3), 549-556. <http://doi.org/10.1590/S0104-11692004000300014>
- Gibson, R. B. (2006). Além dos pilares: avaliação de sustentabilidade como uma estrutura para a integração efetiva de considerações sociais, econômicas e ecológicas na tomada de decisão significativa. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 8(3), 259-280. <http://doi.org/10.1142/S1464333206002517>
- Huyghe, W., Hernández-Pacheco Algaba, M., van Leeuwen, K., Koop, S., & Eisenreich, S. (2021). Assessment of the urban water cycle in Antwerp (BE): the City Blueprint Approach (CBA). *Cleaner Environmental Systems*, 2, 100011. <http://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100011>
- Ihsane, O., Zahra, E., Sanae, R., Mohammed, E., Bourhia, M., Ali, G. A. M., Ouahmane, L., Salamatullah, A. M., Aboul-Soud, M. A. M., Giesy, J. P., & Mohamed, F. (2022). Physicochemical characterization and assessment of magnitude of pollution to contribute to water sustainability. *Sustainability*, 14(11), 6689. <http://doi.org/10.3390/su14116689>
- Ioris, A. A. R. (2013). The value of water values: departing from geography towards an interdisciplinary synthesis. *Geografiska Annaler. Series B, Human Geography*, 95(4), 323-337. <http://doi.org/10.1111/geob.12028>
- Jacobs, K., Lebel, L., Buizer, J., Addams, L., Matson, P., McCullough, E., Garden, P., Saliba, G., & Finan, T. (2016). Linking knowledge with action in the pursuit of sustainable water-resources management. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(17), 4591-4596. <http://doi.org/10.1073/pnas.0813125107>
- Jones, N., Malesios, C., Aloupi, M., Proikaki, M., Tsalis, T., Hatziantoniou, M., Dimitrakopoulos, P. G., Skouloudis, A., Holtvoeth, J., Nikolaou, I., Stasinakis, A. S., Kalantzi, O. I., Gatidou, G., Zkeri, E., Koulousaris, M., & Evangelinos, K. I. (2019). Exploring the role of local community perceptions in sustainability measurements. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 26(6), 471-483. <http://doi.org/10.1080/13504509.2019.1638330>
- Kim, S., Devineni, N., Lall, U., & Kim, H. S. (2018). Sustainable development of water resources: spatio-temporal analysis of water stress in South Korea. *Sustainability*, 10(10), 3795. <http://doi.org/10.3390/su10103795>
- Li, P., Wang, D., Li, W., & Liu, L. (2022). Sustainable water resources development and management in large river basins: an introduction. *Environmental Earth Sciences*, 81(6), 179. <http://doi.org/10.1007/s12665-022-10298-9>
- Masud, M. M. A., Moni, N. N., Azadi, H., & Van Passel, S. (2018). Sustainability impacts of tidal river management: towards a conceptual framework. *Ecological Indicators*, 85, 451-467. <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.022>
- Miraji, M., Liu, J., & Zheng, C. (2019). The impacts of water demand and its implications for future surface water resource management: The case of Tanzania’s Wami Ruvu Basin (WRB). *Water*, 11(6), 1280. <http://doi.org/10.3390/w11061280>
- Miranda, J. J., & Zavaleta-Cortijo, C. (2023). A crise alimentar no contexto das alterações climáticas e dos objetivos de desenvolvimento sustentável. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 40, 392-394. <http://doi.org/10.17843/rpmpes.2023.404.13553>

- Mosaffaie, J., Salehpour Jam, A., Tabatabaei, M. R., & Kousari, M. R. (2021). Trend assessment of the watershed health based on DPSIR framework. *Land Use Policy*, *100*, 104911. <http://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104911>
- Mounir, A., Che, D., Gonzalez-Parra, C., & Robles-Morua, A. (2019). Development of a Reservoir System Operation Model for Water Sustainability in the Yaqui River Basin. *Journal of Water Resources Planning and Management*, *145*(9), 04019033. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0001098](http://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001098)
- Oliveira, R. C. N., Campos, R. P., & Castro, C. L. (2020). Hidrologia política: uma nova abordagem. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, *3*(4), 3829-3845. <http://doi.org/10.34188/bjaerv3n4-083>
- Onencan, A. M., Enserink, B., & de Walle, B. (2019). Sustainability indicators: monitoring cross-county water cooperation in the Nzoia river basin, Kenya. *Sustainability*, *11*(3), 560. <http://doi.org/10.3390/su11030560>
- Orazem, E. (2021, 22 de julho). Como a Califórnia se tornou referência na gestão da crise hídrica. *CNN Brasil*, Los Angeles. Recuperado em 27 de abril de 2024, de <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/como-a-california-se-tornou-referencia-no-combate-a-seca/>
- Organização das Nações Unidas – ONU. (2015). *Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Rio de Janeiro: Nações Unidas Brasil. Recuperado em 27 de abril de 2024, de <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>
- Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE. (1993). *OECD core set of indicators for environmental performance reviews*. Paris. Recuperado em 27 de abril de 2024, de [https://one.oecd.org/document/OCDE/GD\(93\)179/En/pdf](https://one.oecd.org/document/OCDE/GD(93)179/En/pdf)
- Ougougdal, H. A., Khebiza, M. Y., Messouli, M., & Lachir, A. (2020). Assessment of future water demand and supply under IPCC climate change and socio-economic scenarios, using a combination of models in Ourika Watershed, High Atlas, Morocco. *Water*, *12*(6), 1751. <http://doi.org/10.3390/w12061751>
- Palop-Donat, C., Paredes-Arquiola, J., Solera, A., & Andreu, J. (2020). Comparing performance indicators to characterize the water supply to the demands of the Guadiana River basin (Spain). *Hydrological Sciences Journal*, *65*(7), 1060-1074. <http://doi.org/10.1080/02626667.2020.1734812>
- Pires, A. P. F., Farjalla, V. F., Farias, B. M., Rodriguez, D. A., & Gomes, E. A. T. (2020). *Relatório temático água: biodiversidade, serviços ecossistêmicos e bem-estar humano no Brasil* (120 p.). São Carlos: Editora Cubo. <http://doi.org/10.4322/978-65-00-00068-9>
- Pouya, S., Turkoglu, H., & Arpacioğlu, U. (2020). Using the analytic hierarchy process to evaluate sustainability factors in watershed planning and management. *Urbani Izziv*, *31*(1), 78-88. <http://doi.org/10.5379/urbani-izziv-en-2020-31-01-002>
- Quay, R., Sternlieb, F., Rauh, E., Andrade, R., Bartholomew, A., White, D., Holway, J., Sugg, Z., & Rugland, E. (2022). Evaluating the effectiveness of land and water integrative practices for achieving water sustainability within the Colorado River Basin: perceptions and indicators. *Water International*, *47*(2), 257-277. <http://doi.org/10.1080/02508060.2022.2041281>
- Ramachandra, T. V., Vinay, S., Bharath, S., Chandran, M. D. S., & Aithal, B. H. (2020). Insights into riverscape dynamics with the hydrological, ecological and social dimensions for water sustenance. *Current Science*, *118*(9), 1379-1393. <http://doi.org/10.18520/cs/v118/i9/1379-1393>
- Remilekun, A. T., Thando, N., Nerhene, D., & Archer, E. (2021). Integrated assessment of the influence of climate change on current and future intra-annual water availability in the Vaal River catchment. *Journal of Water and Climate Change*, *12*(2), 533-551. <http://doi.org/10.2166/wcc.2020.269>
- Roboredo, D., Bergamasco, S. M. P. P., Ara, A., Gervázio, W., & Domingues, T. R. (2018). Managements systems clustering and sustainability indicators of construction using the methodology mesmis the territory Amazon portal. *Ra'e Ga - Espaço Geográfico em Análise*, *43*, 23-42.
- Rocha, N. C. V., & Lima, A. M. (2020). Sustentabilidade hídrica da bacia do rio Guamá, Amazônia Oriental/Brasil. *Sociedade & Natureza*, *32*, 141-160. <http://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-45694>
- Rodrigues, L. C., Silva Neves, S. M. A., Schaffrath, V. R., & Kreitlow, J. P. (2021). Environmental sustainability indicators systemsized through the Pressure-State-Response (PSR) model in Alto Iguaçu Hydrographic Basin, PR. *Ra'e Ga - Espaço Geográfico em Análise*, *50*, 62-83.
- Samani, S. (2021). Assessment of groundwater sustainability and management plan formulations through the integration of hydrogeological, environmental, social, economic and policy indices. *Groundwater for Sustainable Development*, *15*, 100681. <http://doi.org/10.1016/j.gsd.2021.100681>
- Santos, E., Carvalho, M., & Martins, S. (2023). Sustainable water management: understanding the socioeconomic and cultural dimensions. *Sustainability*, *15*(17), 13074. <http://doi.org/10.3390/su151713074>

- Shafiei, M., Rahmani, M., Gharari, S., Davary, K., Abolhassani, L., Teimouri, M. S., & Ghahesifard, M. (2022). Sustainability assessment of water management at river basin level: concept, methodology and application. *Journal of Environmental Management*, 316, 115201. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115201>
- Sharma, S., Kanaujia, A., Banerjee, S., & Malik, S. (2022). Review of water crisis and managerial scope in India. *Ecology Environment and Conservation*, 28, 74-79. <http://doi.org/10.53550/EEC.2022.v28i08s.013>
- Silva, J. C. C., Lima, A. M. M., Holanda, B. S., Moreira, F. S. A., & Cavalcante, J. C. (2021). Sustainability index in the municipal district of the Marapanim river watershed (Pará/Brazil). *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 10(1), e18300.
- Singh, R. (2023). Water resources planning under (deep) uncertainty. In *Oxford research encyclopedia of environmental science*. Oxford: Oxford University Press. <http://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.628>
- Sood, A., & Ritter, W. F. (2011). Desenvolver uma estrutura para medir a sustentabilidade de bacias hidrográficas usando o modelo hidrológico/qualidade da água. *Journal of Water Resource and Protection*, 3, 788-804.
- Souza, M. T., Silva, M. D., & Carvalho, R. (2010). Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein*, 8, 102-106.
- Sugahara, C. R., Ferreira, D. H. L., & Mendes, J. P. (2023). Análise dos indicadores de sustentabilidade para a gestão da segurança hídrica nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 12(1), e12164. <http://doi.org/10.59306/rgsa.v12e12023e12164>
- Sullivan, A., White, D. D., Larson, K. L., & Wutich, A. (2017). Towards water sensitive cities in the Colorado River Basin: a comparative historical analysis to inform future urban water sustainability transitions. *Sustainability*, 9(5), 761. <http://doi.org/10.3390/su9050761>
- Tan, Y., Dong, Z., Guzman, S. M., Wang, X., & Yan, W. (2021). Identifying the dynamic evolution and feedback process of water resources nexus system considering socioeconomic development, ecological protection, and food security: A practical tool for sustainable water use. *Hydrology and Earth System Sciences*, 25(12), 6495-6522. <http://doi.org/10.5194/hess-25-6495-2021>
- Tangworachai, S., Wong, W., & Lo, F. (2023). Determinants of water consumption in Thailand: sustainable development of water resources. *Studies in Economics and Finance*, 40(5), 950-970.
- Vidal-Lamolla, P., Molinos-Senante, M., Oliva-Felipe, L., Alvarez-Napagao, S., Cortés, U., Martínez-Gomariz, E., Noriega, P., Olsson, G., & Poch, M. (2024). Assessing urban water demand-side management policies before their implementation: an agent-based model approach. *Sustainable Cities and Society*, 107, 105435. <http://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105435>
- Wu, Y., Giri, S., & Qiu, Z. (2016). Understanding the spatial distribution of hydrologic sensitive areas in the landscape using soil topographic index approach. *International Soil and Water Conservation Research*, 4(4), 278-283. <http://doi.org/10.1016/j.iswcr.2016.10.002>
- Wutich, A., Demyers, C., Bausch, J. C., White, D. D., & Sullivan, A. (2020). Stakeholders and social influence in a shadow network: implications for transitions toward urban water sustainability in the Colorado River basin. *Ecology and Society*, 25(1), art28. <http://doi.org/10.5751/ES-11451-250128>
- Yao, L., Su, Z., & Hou, S. (2022). Robust programming for basin-level water allocation with uncertain water availability and policy-driven scenario analysis. *Complex and Intelligent Systems*, 8(6), 4453-4473. <http://doi.org/10.1007/s40747-021-00415-9>
- Yigzaw, W., & Hossain, F. (2016). Water sustainability of large cities in the United States from the perspectives of population increase, anthropogenic activities, and climate change. *Earth's Future*, 4(12), 603-617. <http://doi.org/10.1002/2016EF000393>

Contribuições dos autores:

Mayara Pereira Carolino: desenvolveu a pesquisa.

Wesley Belo Aleixo Barbosa: auxiliou a construção da análise bibliométrica e na discussão dos dados.

Genival Barros Júnior: auxiliou e direcionou o desenvolvimento da pesquisa.