

XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Avanços e caminhos para o desenvolvimento da socio-hidrologia no Brasil

*Franciele Maria Vanelli¹; Felipe Augusto Arguello Souza²; Itzayana González Ávila³;
July Dequêch⁴; Bruno Pereira⁵; Leonardo Romero Monteiro⁶; Masato Kobiyama⁷;
Hannah Uruga de Oliveira⁸; Pedro Henrique Augusto Medeiros⁹; Mariana Madruga de Brito¹⁰;
Luana Lavagnoli Moreira¹¹; Eduardo Mario Mendiondo¹²*

RESUMO – A relação entre água e sociedade é um desafio central para atingir a sustentabilidade, assim a socio-hidrologia vem sendo desenvolvida com foco no estudo das interações multidirecionais do sistema acoplado ser humano-água. O presente estudo apresentou o cenário atual da socio-hidrologia no Brasil e abordou alguns temas sob a perspectiva da socio-hidrologia. A revisão sistemática demonstrou que pesquisadores de instituições brasileiras publicaram um maior número de artigos sobre socio-hidrologia em 2020 do que nos anos anteriores. Tendo em vista, que o estudo da socio-hidrologia está em desenvolvimento, a heterogeneidade física e social do Brasil e a diversidade dos atores envolvidos foram destacadas como potencialidades. Alguns desafios também foram destacados: (i) multidimensionalidade do sistema socio-natural, (ii) necessidade de tempo para o desenvolvimento científico, e (iii) estabelecimento de elementos em comum pertencentes à socio-hidrologia. Espera-se que essa discussão estimule o desenvolvimento inter e transdisciplinar da socio-hidrologia na busca por soluções focadas nas interações entre os processos hidrológicos e sociais.

ABSTRACT– The relationship between water and society is a central challenge to achieve sustainability, thus the socio-hydrology has been developed focusing on the study of the multidirectional interactions of the human-water coupled system. The present study presented the current scenario of sociohydrology in Brazil and addressed some themes from sociohydrology perspective. The systematic review demonstrated that researchers from Brazilian institutions published a greater number of articles on sociohydrology in 2020 than in previous years. Considering that the sociohydrology study is under development, highlight the physical and social heterogeneity of Brazil and the diversity of actors involved as potentialities. Some challenges also to highlight: (i) multidimensionality of the socio-natural system, (ii) need for time for scientific development, and (iii) establishment of common elements belonging to socio-hydrology. It is expected that this discussion will stimulate the inter and transdisciplinary development in the search for solutions focused on the interactions between hydrological and social processes.

Palavras-Chave – Heterogeneidade social e física; Processos sociais e hidrológicos; Movimentação acadêmica

1) Doutoranda, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), E-mail: franciele.vanelli@ufrgs.br

2) Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo (USP)

3) Doutoranda, GPDEN, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, IPH, UFRGS

4) Acadêmica em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil (DEC), Centro de Ciências Tecnológicas (CCT), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

5) Doutorando, Doutorando em Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas no Semiárido do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (UFC)

6) Professor, Laboratório de Ciências das Águas (Lacia), DEC, CCT, UDESC

7) Professor, GPDEN, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, IPH, UFRGS

8) Doutoranda, GPDEN, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, IPH, UFRGS

9) Professor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

10) Pesquisadora de Pós-doutorado, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Alemanha.

11) Doutoranda, GPDEN, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, IPH, UFRGS

12) Professor, EESC, USP

INTRODUÇÃO

A relação entre água e sociedade é um desafio central para atingir a sustentabilidade, visto que envolve interações em múltiplas escalas, setores e agentes (Sivapalan *et al.*, 2014, García-Santos *et al.*, 2018). De acordo com Herrera-Franco *et al.* (2021), as interações entre sociedade e água têm sido enfoque de diversos autores (e.g.: Falkenmark, 1979, Sivapalan *et al.*, 2012, Kandasamy *et al.*, 2014 e Ponnambalam & Mousavi, 2020). Nesse sentido, o estudo da socio-hidrologia se desenvolve com o objetivo de entender a dinâmica e a coevolução do sistema acoplado ser humano-água. A Década Científica 2013–2022 *Panta Rhei—Everything Flows* promovida pela *International Association of Hydrological Sciences* (IAHS), cujo tema central são as mudanças na dinâmica hídrica e na sociedade, vem reforçando o estudo da socio-hidrologia (Montanari *et al.*, 2013), ocorrendo o aumento no número de produções científicas sobre o tema desde 2014 (Herrera-Franco *et al.*, 2021).

O crescente interesse no estudo da socio-hidrologia se deve à necessidade de incorporar explicitamente o comportamento e decisões humanas em estudos hidrológicos. Na hidrologia tradicional, os seres humanos são conceituados como um agente externo ao sistema em estudo ou considerados como condições de contorno (Milly *et al.*, 2008; Peel & Blöschl, 2011). No entanto, a sociedade não é estática, assim, a socio-hidrologia indaga a respeito das interações multidirecionais que envolvem água e sociedade como parte de um único sistema dinâmico: “Como a sociedade e a água se modificam mutuamente ao longo do tempo e do espaço?” (Vanelli & Kobiyama, 2019).

Embora a socio-hidrologia tenha sido proposta como uma ciência interdisciplinar entre a hidrologia e as ciências sociais, Seidl & Barthel (2017) e Xu *et al.* (2018) apontam a predominância de hidrólogos nos estudos da socio-hidrologia e a alarmante falta de integração com cientistas sociais. Segundo Krueger *et al.* (2016) e McMillan *et al.* (2016), existem barreiras metodológicas e filosóficas que dificultam a interdisciplinaridade da hidrologia com as ciências sociais. Isso resulta em estudos com diferentes ênfases: por um lado os hidrólogos enfocam no uso de modelos matemáticos que descrevem as dinâmicas sociais; enquanto os cientistas sociais destacam a importância das estruturas, governança e processos sociais na tomada de decisões. Assim, o avanço do estudo da socio-hidrologia requer transcender a abordagem dicotômica, que separa e opõe as ciências sociais e naturais, de modo que ambas as possibilidades, como por exemplo metodologias quantitativas e qualitativas sejam utilizadas com a mesma ponderação e se complementando (Vanelli *et al.*, 2020). Portanto, evidencia-se que a socio-hidrologia e os aprendizados nesta área ainda estão em fase de desenvolvimento.

Mediante esse cenário, a pluralidade de características naturais e sociais existentes no Brasil oferece uma grande oportunidade para a compreensão do sistema acoplado ser humano-água (Paiva *et al.*, 2019). No entanto, ao comparar as produções científicas do Brasil com outros países, Souza *et al.* (2019) e Vanelli & Kobiyama (2019) constataram que as pesquisas no Brasil envolvendo socio-hidrologia, ainda eram pouco exploradas. Assim, o objetivo do presente trabalho é apresentar o cenário atual da socio-hidrologia no Brasil a fim de evidenciar as potencialidades e os desafios existentes. Além disso, espera-se estimular o desenvolvimento inter e transdisciplinar da socio-hidrologia.

REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE A SOCIO-HIDROLOGIA NO BRASIL

Com o intuito de analisar o movimento acadêmico acerca da socio-hidrologia no Brasil foi realizada uma revisão sistemática das produções científicas, tanto a nível internacional quanto nacional. Para isso, as bases de dados *Web of Science* (WoS), *Scopus* e *Google Acadêmico* foram consultadas, considerando todo o período disponível pelas bases de dados até 2020. Com o intuito de complementar essa busca, pesquisas realizadas por grupos de pesquisas brasileiros e eventos dedicados ao tema também foram consultadas.

Metodologia

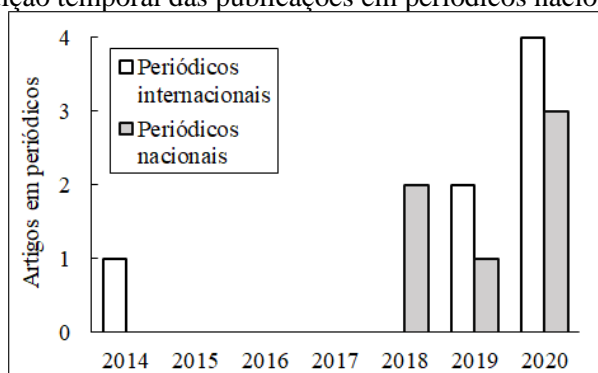
Nas bases de dados *WoS* e *Scopus* foi realizada a busca pelos termos: ("*socio-hydrology*" OR "*sociohydrology*" OR "*socio-hydrological*" OR "*sociohydrological*") nos campos *título*, *resumo* e *palavras-chave do autor*, e aplicado o filtro de país, selecionando *Brasil*. Na busca realizada no *Google Acadêmico* foram utilizados, além dos termos supracitados, os termos: ("socio-hidrologia" OR "socio-hidrologia" OR "socio-hidrológico" OR "socio-hidrológico"), limitando a "Páginas em português". Essa ferramenta realiza a busca pelos termos em toda extensão do documento, e em diversos tipos de documentos. Assim, os resultados dessa consulta foram analisados manualmente de modo a selecionar apenas artigos de periódicos e publicações de anais. Além disso, foram excluídas duplicatas de resultados mencionados nas bases de dados *WoS* e *Scopus*.

A fim de identificar pesquisas sobre o tema no país, também foi realizada uma pesquisa no Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil (DGP) - CNPq. Para isso, foram utilizados os termos de busca em português supracitados, selecionando a busca em "Base corrente". Primeiramente, foi realizada a consulta por Grupo no campo "Nome do grupo". Em seguida, repetiu-se o procedimento realizando a consulta por Linha de Pesquisa. Por fim, foi realizada uma busca simples no *Google* aplicando os termos: "Projeto de pesquisa Sócio-hidrologia"; "Projeto de pesquisa Socio-hidrologia", "Projeto de pesquisa Socio-hidrológico" e "Projeto de pesquisa Sócio-hidrológico".

Resultados

A busca nas bases de dados *WoS* e *Scopus* resultou em sete artigos revisados por pares publicados em periódicos internacionais até 2020. No *Google Acadêmico*, os termos de busca resultaram em 62 itens contendo o termo socio-hidrologia ou afins. Ao selecionar apenas publicações de periódicos e de anais restaram seis artigos em periódicos nacionais e seis trabalhos publicados em anais. A distribuição temporal evidencia que o maior número de artigos em periódicos ocorreu em 2020 (Figura 1). Ao analisar as unidades federativas das instituições ao qual o primeiro autor se vincula, evidencia-se duas publicações em periódicos internacionais associadas à instituições localizadas no Ceará e quatro publicações em periódicos nacionais relacionadas à instituição do Rio Grande do Sul (Figura 2).

Figura 1 – Distribuição temporal das publicações em periódicos nacionais e internacionais.

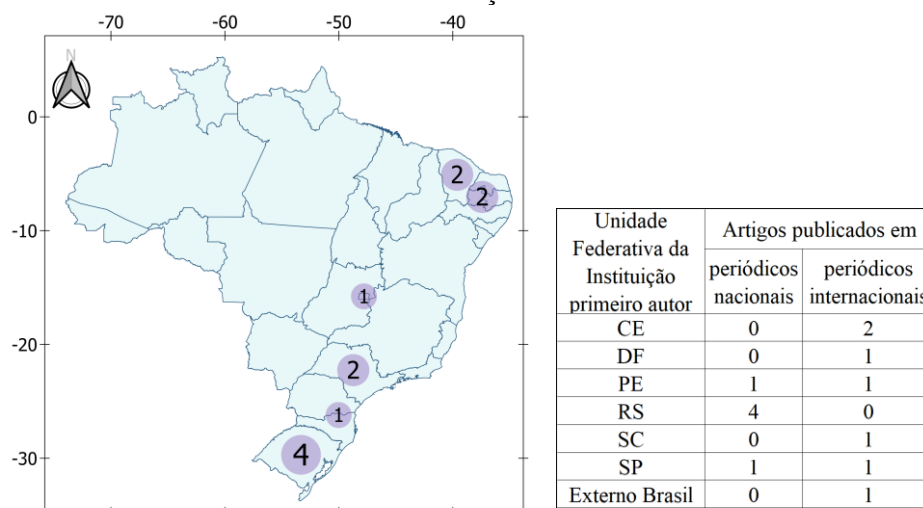


Em comparação com os resultados de Souza *et al.* (2019) e Vanelli & Kobiyama (2019), é possível afirmar que a partir de 2019, a discussão sobre o tema foi fomentada a nível nacional, bem como os pesquisadores brasileiros obtiveram reconhecimento internacional de suas pesquisas envolvendo a socio-hidrologia. Herrera-Franco *et al.* (2021) ao realizarem a análise bibliométrica incluindo termos associados a hidrossociologia, socio-hidrogeologia e afins, indicaram que o Brasil ocupa a 15ª posição entre os países com maior número de publicações, contudo, esse número corresponde a menos de 10% da produção do primeiro colocado, os EUA.

Quanto ao levantamento de pesquisas empregando o termo socio-hidrologia e afins, o banco de dados do DGP não apresentou resultados para grupos de pesquisa e listou apenas duas linhas de

pesquisa (Quadro 1). Já em relação aos projetos de pesquisa, foram listados dois projetos, ambos com início em 2020 (Quadro 1).

Figura 2 – Distribuição espacial considerando a unidade federativa da instituição do primeiro autor. A classe “Externo Brasil” se refere a um artigo listado por ter coautoria de instituição do Brasil, cujo primeiro autor ser vinculado à instituição externa ao Brasil.



Quadro 1 - Resumo dos resultados obtidos da busca por Linha de Pesquisa e Projeto de Pesquisa

Modalidade	Título	Instituição	Estado
Linha de Pesquisa	Socio-Hidrologia	Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	RS
Linha de Pesquisa	Sistemas Socio-Hidrológicos no Ambiente Amazônico	Universidade Federal de Rondônia (UNIR)	RO
Projeto de Pesquisa	Observatório Socio-Hidrológico de Segurança Hídrica para Redução de Riscos de Enchentes e Aumento da Resiliência Comunitária sob Cenários de Mudanças e de COVID-19	Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade São Paulo – (EESC/USP)	SP
Projeto de Pesquisa	Segurança hídrica em bacias críticas sob mudanças: abordagens inovadoras da socio-hidrologia	Universidade Federal da Paraíba (UFPB)	PB

Quanto aos eventos científicos, dentre os seis trabalhos encontrados foram identificados trabalhos publicados em anais de quatro eventos: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (SBRH) nas edições número 22 e 23, na segunda edição do Encontro Nacional de Desastres e na quinta edição do Simpósio sobre Sistemas Sustentáveis. No XXIV SBRH em 2021, ocorre a primeira sessão técnica no Brasil dedicada à socio-hidrologia. Além disso, os autores do presente estudo têm se reunido mensalmente, de maneira informal e voluntária, desde março de 2021. Os encontros realizados na modalidade remota têm o intuito de discutir e fomentar o desenvolvimento da socio-hidrologia. Interessados em participar dessas reuniões podem contatar a primeira autora do presente trabalho.

Visto que o presente estudo concentrou sua busca no termo socio-hidrologia, pesquisas relevantes, inclusive de áreas sociais vinculados à temática de água, sem citação desse termo não foram incluídas no levantamento. Portanto, é importante enfatizar que as delimitações das bases de dados e dos termos de busca podem subestimar o real número de pesquisadores e de produções científicas sobre o tema no Brasil. Finalmente, ressalta-se no ano de 2021 já ocorreram publicações sobre o tema (e.g. Frota *et al.*, 2021; Oneda & Barros, 2021; Souza *et al.*, 2021), porém optou-se pela análise dos anos completos.

CAMINHOS PARA O DESENVOLVIMENTO

Ao analisar os resultados elencados pela revisão sistemática se constata diferentes enfoques dos estudos, bem como das metodologias aplicadas, escala espacial, componentes físicos e sociais descritos e/ou representados. A socio-hidrologia apresenta grande relevância em uma ampla gama de áreas, que embora tenham heterogeneidades entre si, se interligam e integram o mesmo sistema dinâmico ser humano-água.

Assim, a fim de exemplificar alguns caminhos para o desenvolvimento da socio-hidrologia no Brasil, foram elencados alguns temas: rios transfronteiriços, uso da água pelo setor agrícola; desastres e educação. O intuito foi apresentar algumas temáticas para estimular o debate sobre os desafios e as potencialidades da socio-hidrologia. Ressalta-se que os temas elencados a seguir não representam uma lista exaustiva, apenas exemplificam alguns temas sob a perspectiva da socio-hidrologia. Outros temas poderiam ser abordados, tais como abastecimento de água potável, mercado de água virtual, serviços ecossistêmicos, qualidade da água, conflitos do uso da água, governança hídrica, dentre outros.

Socio-hidrologia e rios transfronteiriços

Rios que cruzam fronteiras internacionais compõem quase 300 bacias hidrográficas no mundo (McCracken & Wolf, 2019). As interações multidirecionais observadas em rios transfronteiriços, como por exemplo Rio Columbia, Rio Mekong e Rio Nilo (Lu *et al*, 2021; Wei *et al*, 2020; Cherry *et al*, 2020) evidenciam que a posição geográfica, a conjuntura geopolítica e a sazonalidade dos processos hidrológicos são aspectos determinantes no estabelecimento de cooperação entre as comunidades que se situam tanto à jusante quanto à montante destes rios.

Dentre as bacias hidrográficas brasileiras que extrapolam os limites do território nacional, as maiores são a Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas e a do Rio da Prata (Brasil, 2013a). As bacias transfronteiriças também podem ser interpretadas como rios que cruzam as unidades federativas (ANA, 2015), como por exemplo, o rio Paraíba do Sul, cujas nascentes são em Minas Gerais e São Paulo e sua foz no estado do Rio de Janeiro, e o rio São Francisco, que nasce na região Sudeste e encontra o oceano na região Nordeste do Brasil. Por vezes, as bacias hidrográficas cruzam os limites dos municípios e, nestes casos, os impactos da gestão dos rios às comunidades à jusante e à montante também devem ser considerados. Isto é ainda mais crucial frente ao novo marco de saneamento (Brasil, 2020), com a necessidade de compatibilidade entre os Planos de Saneamento Básico com os Planos de Bacias Hidrográficas e com os Planos Diretores Municipais.

Ilustrativamente, a operação de um reservatório na bacia do Rio São Francisco, em uma abordagem socio-hidrológica, além de considerar processos que afetam o balanço hídrico no reservatório e as vazões disponíveis à sua jusante, outros processos sociais podem ser analisados conjuntamente, como a operação de vazões de saída para fins ecológicos e as pressões ambientais envolvidas, transferências para outros reservatórios e os conflitos pelo uso entre comunidades situadas à montante e à jusante dos rios, a partir de uma ótica de normas sociais e cooperação de setores usuários (Fehr & Fischbacher, 2004). Além disso, a mudança na relação da comunidade com o sistema hidrológico em decorrência do alagamento da área do reservatório, impactando nos valores culturais associados à região, como por exemplo, o efeito nas atividades recreativas deveriam ser analisados.

Socio-hidrologia no setor agrícola

As políticas de recursos hídricos voltadas ao setor agrícola, geralmente, focam na promoção de técnicas de irrigação mais eficientes, aumentando a produtividade da água, de modo a reduzir o consumo unitário por quantidade produzida de alimento e permitir uma segurança hídrica

multissetorial (Gesualdo *et al.*, 2021). No entanto, embora as medidas adotadas possam funcionar no curto prazo, consequências inesperadas podem reduzir, ou mesmo anular, os efeitos esperados das ações que pretendem melhorar o balanço entre disponibilidade e demanda hídrica no longo prazo (Di Baldassarre *et al.*, 2019). Paradoxalmente, a melhoria da produtividade da água por irrigantes pode não produzir o efeito desejado de aumentar a disponibilidade hídrica na escala de bacia hidrográfica. O *paradoxo da eficiência da irrigação*, descrito por Grafton *et al.* (2018), ocorre porque o excesso de água em sistemas de irrigação pouco eficientes retorna ao sistema, não se constituindo efetivamente em perda na grande escala. Por outro lado, o uso mais eficiente da água pode, até mesmo, aumentar o consumo total, seja pela mudança para culturas mais intensivas em água ou devido ao aumento da área irrigada induzido pela maior disponibilidade hídrica (Gesualdo *et al.*, 2021).

Outras consequências inesperadas têm sido observadas no sistema ser humano-água, sejam diretamente provocados pela atividade agrícola ou intensificados por ela. Medeiros & Sivapalan (2020) estudaram como a política da açudagem melhorou as condições de convivência com as secas na bacia do Rio Jaguaribe e Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará, mas produziu consequências que têm afetado negativamente o balanço entre oferta e demanda. O armazenamento de água aumentou a segurança hídrica na região, mas possibilitou o desenvolvimento de atividades econômicas que promoveram um aumento da demanda, o chamado *efeito da oferta* ou *demand induzida*. Além disso, o aumento no tempo de residência da água na bacia associado às altas taxas de evaporação da região (até 3.000 mm/ano) promoveram o acúmulo de sedimentos e nutrientes causando o *efeito da qualidade da água*. Outra consequência inesperada que envolve o setor agrícola se refere ao *balanço de pêndulo* (tradução livre do termo *pendulum swing*) entre desenvolvimento agrícola e proteção ambiental (Kandasamy *et al.*, 2014). Isso pode resultar em mudanças comportamentais da sociedade e, até mesmo, alterar o processo de decisão sobre uso da água e a própria política de recursos hídricos, como ocorrido na bacia de Murrumbidgee, na Austrália.

Socio-hidrologia e desastres

Perigos naturais, tais como inundações, movimentos de massa, secas, terremotos, entre outros, tornam-se desastres quando afetam negativamente o funcionamento da sociedade, causando perdas humanas, materiais, econômicos e/ou ambientais (UNISDR, 2016). Assim, os desastres são resultantes da interação negativa entre as condicionantes sociais e um evento perigoso, ou seja, os fatores sociais (organização social) e naturais (fenômenos naturais) se influenciam mutuamente ao longo do tempo e do espaço podendo causar perdas e impactos negativos (Vanelli *et al.*, 2020). Assim, a vulnerabilidade e a exposição das sociedades e dos sistemas socioecológicos são determinantes dos efeitos adversos dos desastres (Cardona *et al.*, 2012; de Brito *et al.*, 2018). Isso explica que eventos perigosos de mesma magnitude causem impactos distintos em diferentes sociedades. Além disso, os impactos decorrentes dos desastres podem também reforçar vulnerabilidades existentes e causar efeitos em cascata que interagem entre si modificando, inclusive, o próprio evento perigoso (de Brito, 2021). Assim, enquanto a magnitude do fenômeno natural pode ser avaliada a partir de fatores físico-ambientais, a magnitude de risco do desastre deve ser avaliada pela combinação dos fatores físicos e sociais.

Nesse contexto, Vanelli & Kobiyama (2021) argumentam que a socio-hidrologia possui muitos paralelos com os estudos de desastres associados à perigos naturais, não somente com os desastres relacionados à água. Os autores justificam que a água é relevante para todos os tipos de desastres naturais na resposta ao desastre e não somente como causa direta ou indireta. Além disso, eles argumentam que o desenvolvimento interdisciplinar da socio-hidrologia contribui para compreensão de como reduzir os impactos negativos decorrentes das interações social-natural, reduzindo o risco de desastres. Portanto, tendo em vista que a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), prevê “desenvolver consciência nacional acerca dos riscos de desastre” e “orientar as comunidades a adotar comportamentos adequados de prevenção e de resposta em situação de desastre e promover a

autoproteção” (Brasil, 2012), o avanço da socio-hidrologia baseado em interações internas à comunidade acadêmica (ciências naturais e sociais) e interações externas com a sociedade pode apoiar o setor de Proteção e Defesa Civil.

Socio-hidrologia e educação

“A socio-hidrologia tem que ser uma ciência da sociedade, pela sociedade e para a sociedade” (Kobiyama *et al.*, 2020). A educação é o processo de aperfeiçoamento dos indivíduos para o convívio pleno em sociedade, logo é o meio de estabelecer trocas entre qualquer conhecimento com os indivíduos. Assim, tendo em vista o papel fundamental da participação social no desenvolvimento da socio-hidrologia, não pode existir socio-hidrologia sem educação. Além disso, é necessário estimular abordagens mais interdisciplinares tanto em práticas formais quanto não formais.

No Brasil, o processo educacional formal se concretiza pela Educação Básica composta por ensino infantil, fundamental I e II, e médio e, pela Educação Superior referente ao bacharelado, licenciatura ou formação tecnológica (Brasil, 2013b). O ensino da socio-hidrologia pode ser vinculado à Educação Ambiental nos currículos tanto da Educação Básica quanto da Educação Superior conforme as Diretrizes Nacionais do Ensino Básico (Brasil, 2013b). Levando em consideração a disciplinaridade do ensino, a socio-hidrologia também pode ser tratada na disciplina de Ciências do Ensino Fundamental I e Geografia no Ensino Fundamental II e Médio. No Ensino Superior evidencia-se a importância da criação de disciplinas específicas focadas em socio-hidrologia. Além disso, *aspectos de aprendizagem ativa, foco na prática, interdisciplinaridade, avaliação formativa* (MEC/CNE/CES, 2019), dentre outros, possibilitam uma melhor inserção da socio-hidrologia dentro e fora da sala de aula.

Além disso, existem atividades relacionadas a educação não formal, ou seja, sem necessidade de vínculo com o processo de escolarização, que oportunizam a troca de conhecimentos com os diferentes membros da sociedade. Para exemplificar podem ser citados projetos desenvolvidos por universidades para aproximar pesquisadores e comunidade, como por exemplo, Kobiyama *et al.*, (2020) e Mendiondo *et al.*, (2020). A socio-hidrologia também pode auxiliar na difusão de práticas de governança das águas pelos atores e instâncias do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) por meio do acompanhamento de suas ações promovida pelo Observatório das Águas (OGA, 2021) e Plano Nacional de Segurança Hídrica (ANA, 2019). Nesse sentido, a Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRHidro) criou a Comissão de Ensino, a fim de integrar aspectos educacionais a outras comissões onde a socio-hidrologia pode colaborar, dentre elas a Comissão de Águas Urbanas e a Comissão de Desastres.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apresentou o cenário atual da socio-hidrologia no Brasil demonstrando a movimentação acadêmica acerca do tema. Os resultados da revisão sistemática apontam um maior número de publicações em 2020 em relação aos anos anteriores, denotando que o debate sobre a socio-hidrologia adentrou a nível nacional, bem como houve o reconhecimento de pesquisas brasileiras a nível internacional. Esse crescimento também é observado pela inclusão de sessões acerca do tema em conferências brasileiras, ocorrendo em 2021 a primeira sessão técnica dedicada ao tema no SBRH. No entanto, o número de resultados em relação a linhas de pesquisa e projetos com o termo socio-hidrologia foi baixo. Como limitação do presente estudo, salienta-se que pesquisas relevantes sem citação dos termos de busca não foram incluídas no levantamento, podendo repercutir na subestimativa do número real de produções científicas e de pesquisadores sobre o tema no Brasil.

É fundamental esclarecer que embora a socio-hidrologia ainda esteja em fase de consolidação, o seu enfoque está bem delimitado ao estudo das interações entre a sociedade e o sistema hidrológico, entendido como um sistema integrado e dinâmico ao longo do tempo e do espaço. A heterogeneidade

social e física do Brasil e das perspectivas dos atores envolvidos representam potencialidades para o desenvolvimento da socio-hidrologia. Além disso, destacam-se alguns desafios: (i) Os aspectos multidimensionais associados ao sistema socio-natural tornam o estudo da socio-hidrologia complexo; (ii) Tal complexidade requer tempo para o desenvolvimento científico da socio-hidrologia, pois é necessário compreender os processos, descrevê-los em variáveis, testar correlações, para então representar os processos; (iii) Esse desenvolvimento científico cujo objeto de estudo se refere às interações entre sociedade e sistema hidrológico requer conhecimento proveniente tanto das ciências sociais, quanto das ciências naturais, assim é necessária a integração das abordagens dicotômicas entre ambas as ciências (metodologias, dados, linguagem, ...) estabelecendo elementos em comum pertencentes à socio-hidrologia. Espera-se que o presente estudo contribua para o debate construtivo sobre a socio-hidrologia e estimule o envolvimento de mais atores, desde profissionais e pesquisadores das ciências naturais e sociais, educadores, gestores públicos, agentes comunitários e cidadãos (desenvolvimento inter e transdisciplinar da socio-hidrologia), na busca por soluções focadas nas interações entre os processos hidrológicos e sociais.

AGRADECIMENTOS – A primeira autora agradece ao CNPq pelo apoio financeiro para desenvolvimento da pesquisa. Autores também agradecem ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas - Fase 2 (INCTMC2), coordenado pelo CEMADEN/MCTI, com apoio de CNPq 465501/2014-1, FAPESP 2014/50848-9 e CAPES 16/2014, ao PROEX/PPGSHS pelo suporte em bolsas.

REFERÊNCIAS

- ANA. (2015). “Portaria Nº 149, de 26 de março de 2015”. Lista de Termos para o Thesaurus de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20150406034300_Portaria_149-2015.pdf>
- ANA. (2019) Plano Nacional de Segurança Hídrica. Disponível em: <https://pnsh.ana.gov.br/>
- BRASIL. (2012). *Lei Nº 12.608 de 2012*. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nos 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Brasília: 2012.
- BRASIL. (2013a). Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República Federativa do Brasil. “Água e Desenvolvimento Sustentável - Recursos Hídricos Fronteiriços e Transfronteiriços do Brasil”. Brasília, DF, 2013. [acesso em 10 maio 2021]. Disponível em: <http://estatico.cnpq.br/portal/premios/2013/pjc/imagens/noticias/publicacao_agua_sae.pdf>
- BRASIL. (2013b). Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Conselho Nacional da Educação. Câmara Nacional de Educação Básica, 2013.
- BRASIL. (2020) *Lei Nº 14.026 Novo Marco do Saneamento*. Brasília-DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm>
- CARDONA, O. D., et al. (2012). “Determinants of risk: exposure and vulnerability, in *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation - a special report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*”, pp. 65–108., 2012.
- CHERRY, C., et al. (2020). “Scenario Analysis of Cooperation Dynamics on the Columbia River under Changing Conditions using Socio-Hydrological Modelling” in *Anais de EGU General Assembly 2020, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-12073*.
- DE BRITO, M. M. (2021). “Compound and cascading drought impacts do not happen by chance: A proposal to quantify their relationships”. *Science of the Total Environment*, 778.

- DE BRITO, M. M., EVERS, M., ALMORADIE, A. D. S. (2018). “*Participatory flood vulnerability assessment: a multi-criteria approach*”. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 22, pp. 373–390.
- DI BALDASSARRE, G., *et al.* (2019). “*Sociohydrology: Scientific challenges in addressing the sustainable development goals*”. *Water Resources Research* (55), pp. 6327– 6355.
- FALKENMARK, M. (1979). “*Main problems of water use and transfer of technology*”. *GeoJournal*, (3), pp. 435–443.
- FEHR, E., FISCHBACHER, U (2004) Social norms and human cooperation, *Trends in Cognitive Sciences* 8(4), doi: 10.1026/j.tics.2004.02.007
- GARCÍA-SANTOS, G., DE BRITO, M.M., HOLLERMANN, B., TAFT, L., ALMORADIE, A., EVERS, M. (2018). “*Methodology to explore emergent behaviours of the interactions between water resources and ecosystem under a pluralistic approach*”. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 379, pp. 83–87, doi: 10.5194/piahs-379-83-2018.
- GESUALDO G. C. *et al.* (2021). “*Unveiling water security in Brazil: current challenges and future perspectives*”, *Hydrological Sciences Journal*, 66(5), pp. 759-768.
- FROTA, R. L. *et al.* (2021). “*Network socio-hydrology: a case study of causal factors that shape the Jaguaribe River Basin, Ceará-Brazil*”, *Hydrological Sciences Journal*, 66 (6), pp. 935-950.
- GRAFTON, R.Q., *et al.* (2018). “*The paradox of irrigation efficiency*”. *Science*, 361(6404), 748.
- HERRERA-FRANCO, G., *et al.* (2021). “*Worldwide Research on Socio-Hydrology: A Bibliometric Analysis*”. *Water*, 13(9), 1283.
- KANDASAMY, J., *et al.* (2014). “*Socio-hydrologic drivers of the pendulum swing between agricultural development and environmental health: a case study from Murrumbidgee River basin, Australia*”. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(3), pp. 1027-1041.
- KOBIYAMA, M., *et al.* (2020). “*Uso da bacia-escola na redução do risco de desastres: uma abordagem socio-hidrológica*” in *Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano*. Org. Junior, L.M., *et al.* 2. ed. São Paulo: CPS, 2020. 865.
- KRUEGER, T. *et al.* (2016). “*A transdisciplinary account of water research*”. *WIREs Water*, 3(3), pp. 369–389.
- LU, Y., *et al.* (2021). “*Socio-hydrologic modeling of the dynamics of cooperation in the transboundary Lancang–Mekong River*”, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 25, pp. 1883–1903.
- MARIANO, D. J. K.; ALVES, C. DE M. A. (2020). “*The application of role-playing games and agent-based modelling to the collaborative water management in peri-urban communities*”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 25(25).
- MCCRACKEN, M.; WOLF, A. T. (2019). “*Updating the Register of International River Basins of the world*”. *Int. J. Water Resour. Dev.*, 35, pp. 732–782,
- MCMILLAN, H. *et al.* (2016). “*Panta Rhei 2013-2015: Global perspectives on hydrology, society and change*”. *Hydrological Sciences Journal*, 61(7), pp. 1174–1191.
- MEC/CNE/CES. (2019). “*Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia*”. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528>>
- MEDEIROS, P.; SIVAPALAN, M. (2020). “*From hard-path to soft-path solutions: slow–fast dynamics of human adaptation to droughts in a water scarce environment*”. *Hydrological Sciences Journal*, 65(11), pp. 1803-1814.
- MENDIONDO, E M *et al* (2020) Academia-Comunidade-WOW! – Waters for Our World, Pró-Reitoria da Graduação, USP. <https://prg.usp.br/academia-comunidade-wow-waters-for-our-world/>
- MILLY, P. C. D., *et al.* (2008). “*Stationarity Is Dead: Whither Water Management?*” *Science*, 319(5863), pp. 573–574.
- MONTANARI, A. *et al.* (2013). “*Panta Rhei-Everything Flows: Change in hydrology and society-The IAHS Scientific Decade 2013-2022.*” *Hydrological Sciences Journal*, 58(6), pp. 1256–1275.
- OGA (2021) Observatório de Águas. Disponível em: <https://observatoriodasaguas.org/>

- ONEDA, T. M. S.; BARROS, V. G. (2020). “On stormwater management master plans: comparing developed and developing cities”, *Hydrological Sciences Journal*, 66(1), pp. 1-11.
- PAIVA, R. C. D. *et al.* (2020). “Advances and challenges in the water sciences in Brazil: a community synthesis of the XXIII Brazilian Water Resources Symposium”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 25(50).
- PEEL, M. C.; BLÖSCHL, G. (2011). “Hydrological modelling in a changing world”. *Progress in Physical Geography*, 35(2), pp. 249–261. doi:10.1177/0309133311402550
- PONNAMBALAM, K.; MOUSAVI, S.J. CHNS. (2020). “Modeling for Study and Management of Human–Water Interactions at Multiple Scales”. *Water*, 12.
- ROOBAVANNAN, M., *et al.* (2017). “Role of sectoral transformation in the evolution of water management norms in agricultural catchments: A sociohydrologic modeling analysis”. *Water Resources Research*, 53(10), pp. 8344-8365.
- SEIDL, R.; BARTHEL, R. (2017). “Linking scientific disciplines: Hydrology and social sciences”. *Journal of Hydrology*, 550, 441-452.
- SIVAPALAN, M.; *et al.* (2014). “Socio-hydrology: Use-inspired water sustainability science for the Anthropocene”. *Earth’s Future*, 2, pp. 225–230
- SIVAPALAN, M.; SAVENIJE, H. H. G.; BLÖSCHL, G. (2012). “Socio-hydrology: A new science of people and water”. *Hydrological Processes*, 26(8), pp. 1270–1276.
- SOUZA, F. A., *et al.* (2019). “Why should brazilian researchers join sociohydrological research opportunities?” In *Anais de Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 23., Foz do Iguaçu, 2019.
- SOUZA, F. A., *et al.* (2021) “Blue and grey urban water footprints through citizens’ perception and time series analysis of Brazilian dynamics”, *Hydrological Sciences Journal*, 66(3), pp. 408-421.
- UNISDR. (2016). *Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction*. United Nations General Assembly, 41(December), pp. 1–44.
- VANELLI, F. M., KOBİYAMA, M. (2019). “Situação atual da socio-hidrologia no mundo e no Brasil” In *Anais de Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 23., Foz do Iguaçu, 2019.
- VANELLI, F. M.; MONTEIRO, L. R.; KOBİYAMA, M. (2020). “Dicotomias associadas aos desastres” In *Anais de Encontro Nacional de Desastres*, 2., Rio de Janeiro (online), 2020.
- VANELLI, F. M.; KOBİYAMA, M. (2021). “Potential of sociohydrology for studying natural disasters”, in *Anais de EGU General Assembly 2021*, online, 19–30 Apr 2021, EGU21-6553.
- WEI, J., GHOREISHI, M., SOUZA, F., LU, Y., AND TIAN, F. (2020). “Socio-hydrological approach to understand conflict and cooperation dynamics in transboundary rivers”, in *Anais de EGU General Assembly 2020*, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-7148,
- XU, L., GOBER, P., WHEATER, H. S., KAJIKAWA, Y. (2018). “Reframing socio-hydrological research to include a social science perspective”. *Journal of Hydrology*, 563, 76-83.