

USO DA BACIA-ESCOLA NA REDUÇÃO DO RISCO DE DESASTRES: UMA ABORDAGEM SOCIO-HIDROLÓGICA

Masato Kobiyama¹

Franciele Maria Vanelli²

Hannah Uruga Oliveira³

Sofia Melo Vasconcellos⁴

Karla Campagnolo⁵

Mariana Madruga de Brito⁶

Luana Lavagnoli Moreira⁷

1 Introdução

Em todo o globo, perigos, sejam naturais ou tecnológicos, causam impactos econômicos, sociais e/ou ambientais podendo resultar em desastres. Como desastres envolvem a interface entre fatores sociais e naturais, e até mesmo tecnológicos, eles podem ser analisados sobre diferentes perspectivas e múltiplas abordagens. Assim, os desastres são definidos e classificados diferentemente por diversas instituições, como Below, Wirtz e Guha-Sapir (2009), Ministério da Integração Nacional (2016), UN (2016), dentre outros.

De maneira geral, os desastres naturais são definidos como o resultado da ocorrência de evento perigoso decorrente de fenômenos naturais em locais com a presença do ser humano (Figura 1). Caso ocorra um perigo natural e não houver vulnerabilidade no lugar, por exemplo em uma área desabitada, não há ocorrência de desastre natural. Quando não há atividade humana no ambiente, os fenômenos naturais são meros fenômenos, visto que ninguém está suscetível aos perigos.

Utilizando os dados disponíveis no *Emergency Disaster Data Base* (EM-DAT) do *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED), Kobiyama *et al.* (2010a) demonstraram que, dentre todos os tipos de desastres naturais, os desastres hidrológicos (inundações e movimentos de massa úmida) são os que causam mais danos tanto no Brasil quanto no mundo. Entre 2000 e 2010, os desastres relacionados à água, tais como inundações, secas, tempestades, ciclones, tempestades convectivas e tsunamis, corresponderam a 90% de todos os desastres naturais, 96% das pessoas afetadas (2,4 bilhões) e 76% dos prejuízos econômicos (aproximadamente 1 trilhão de dólares) causados por catástrofes naturais em todo o mundo (GOPALAKRISHNAN,

1 Professor, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bolsista do CNPq. E-mail: masato.kobiyama@ufrgs.br.

2 Doutoranda, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bolsista do CNPq. E-mail: franvanelli@yahoo.com.br.

3 Doutoranda, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bolsista da CAPES. E-mail: hannaholiv@gmail.com.

4 Doutoranda, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bolsista da CAPES. E-mail: sofia.m.vasconcellos1009@gmail.com.

5 Doutoranda, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bolsista da CAPES. E-mail: kbcampagnolo@gmail.com.

6 Pesquisadora de pós doutorado, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Alemanha. E-mail: mmdb@outlook.com

7 Doutoranda, Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Bolsista do CNPq. E-mail: lavagnoliluana@gmail.com.

2013; MUNICH RE, 2018). Isso justifica a importância da compreensão da hidrologia na redução dos desastres (KOBAYAMA; GOERL; MONTEIRO, 2018).

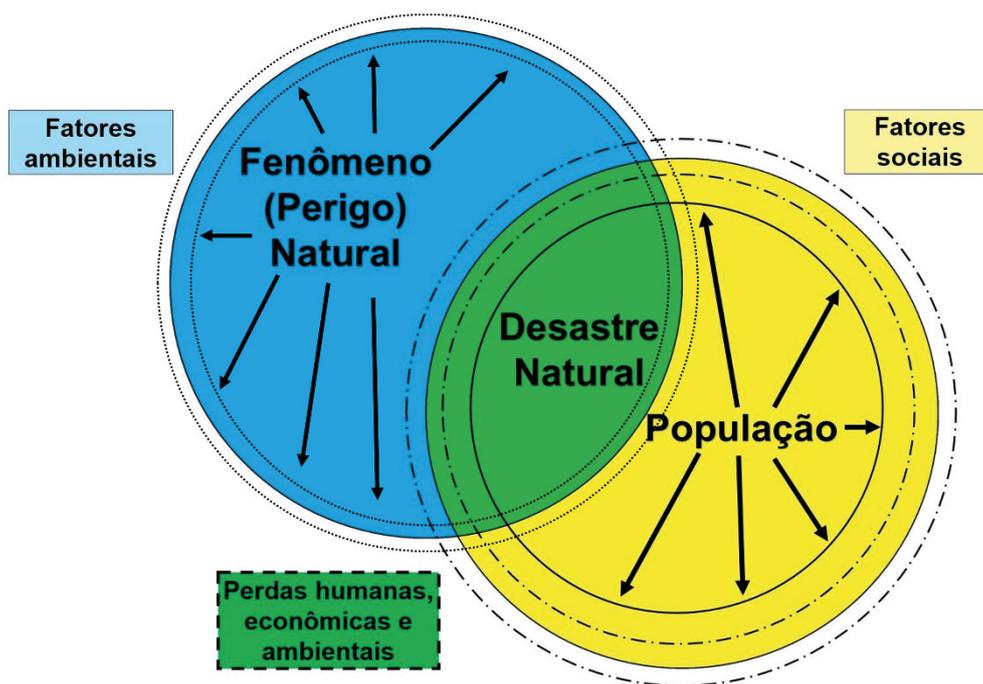


Figura 1. Desastre natural como resultado da interação entre a população e os eventos perigosos decorrentes de fenômenos naturais que gera impactos sociais, econômicos e/ou ambientais.

Além dos desastres diretamente relacionados à água, ela também influencia na ocorrência de outros desastres. De fato, o avanço da geofísica explica que a explosão de vulcões normalmente ocorre devido ao aumento de pressão de vapor de água (WALOWSKI *et al.*, 2015). O movimento abrupto das placas tectônicas na zona de subducção, o qual ocasiona terremotos e tsunamis, é acionado pelo efeito de água na litosfera. Já as secas ocorrem devido à escassez de água por longos períodos. Assim sendo, pode-se dizer que a maioria dos desastres naturais possui relação direta ou indireta à água (GOPALAKRISHNAN, 2013), o que obriga a sociedade avançar seu conhecimento no estudo da água.

O estudo de água pode ser chamado literalmente de “hidrologia”, que é uma combinação de dois termos gregos: ὕδωρ (hydor)=“água” e λόγος (logos)=“estudo”. Essa ciência vem evoluindo ao longo da história humana. A importância de aprofundar conhecimentos sobre a água vai além da compreensão de seus efeitos como causa de desastres. É relevante avançar esse conhecimento também no contexto de gestão de risco e de desastres naturais. Independentemente do tipo de desastre, uma das atividades mais críticas na fase de resposta ao desastre refere-se ao fornecimento de água potável às vítimas.

Dentro deste contexto, o presente capítulo assume como premissas que: (i) ao focar no estudo de desastres naturais é necessário reconhecer a interface entre os fatores sociais e naturais que desencadeiam os mesmos; (ii) os conhecimentos sobre a água são relevantes independentemente do tipo de desastre natural; e (iii) compreender as interações bidirecionais entre a água e a sociedade pode apoiar a gestão integrada dos recursos hídricos e dos desastres naturais. Portanto, o objetivo do presente capítulo é demonstrar a importância da ciência da água com base nos conceitos e aspectos de sociologia, hidrologia e socio-hidrologia. Para avançar ainda mais o conhecimento sobre a água e suas interações, o uso da bacia-escola é indispensável visto que esse instrumento de ciência cidadã incentiva a participação dos cidadãos, reaproximando-

os do ambiente que os cerca e por meio de atividades de educação ambiental realiza uma troca de conhecimentos científicos e populares. Por fim, a combinação e a interação entre os conceitos de bacia-escola, socio-hidrologia e ciência cidadã são discutidas no contexto da gestão integrada de recursos hídricos e de desastres naturais.

2. Sociologia, hidrologia e socio-hidrologia

Ninguém pode ser realmente mestre em qualquer ciência a menos que estude sua história especial (Auguste Comte).

2.1 Sociologia

Não é fácil rastrear o nascimento de uma ideia, uma ciência, e uma disciplina (TAYLOR, 1981). Conforme Stolley (2005), a sociologia está enraizada nas obras de filósofos como Platão (427-347 A.C.), Aristóteles (384-322 A.C.) e Confúcio (551-479 A.C.). Wright (2009) manifesta que uma ciência que trata da sociedade, como está atualmente praticada, foi “inventada” por pessoas práticas que buscavam soluções para os problemas sociais urgentes de sua época. A sociologia era um empreendimento (negócio) aplicado muito antes de ser desenvolvida como uma disciplina científica básica.

O objeto central de estudo da sociologia é a sociedade. Ritzer (2010) define a sociedade como um sistema integrado de estruturas e funções sociais. Segundo Little (2013), a sociedade é um grupo de pessoas cujos membros interagem, residem em uma área definível e compartilham uma cultura. Já para Stolley (2005), uma sociedade consiste em pessoas que interagem e compartilham uma cultura comum.

Neste capítulo, o termo sociedade é definido como o grupo das pessoas que interagem e possuem suas funções e estruturas. Quando essa sociedade perde pessoas e/ou funções e/ou estruturas, ela reconhece a ocorrência de um tipo de desastre e tenta reduzir a consequência danosa. Portanto, é esperado o desenvolvimento de um ramo da sociologia denominado Sociologia de Desastres, com estudos como de Quarantelli (2001), Perry e Quarantelli (2005), Valencio *et al.* (2009), Arcaya, Raker e Waters (2020).

Por sua vez, o termo sociologia também possui diversas definições. Isso resulta do fato que a sociologia é uma disciplina diversa e pluralista (SCOTT, 2006). Giddens e Sutton (2009) definem a sociologia como o estudo científico da vida humana, grupos sociais, sociedades inteiras e o mundo humano. Para Stolley (2005), a sociologia é o estudo científico do desenvolvimento, estrutura, interação e comportamento coletivo das relações sociais. Resumidamente, a sociologia pode ser a ciência da sociedade.

No decorrer do século XIX, a pesquisa social empírica tornou-se um esforço regular e organizado. A maior parte foi centrada na questão social e intimamente ligada a agências governamentais e movimentos de reforma (GOUDSBLOM; HEILBRON, 2015). Na década de 1830, ocorreram duas publicações marcantes na história das ciências sociais: uma de autoria de Adolphe Quetelet e outra de Auguste Comte.

Embora Adolphe Quetelet (1796-1874), astrônomo e estatístico belga, seja raramente mencionado nas histórias modernas do desenvolvimento das ciências sociais, ele é considerado um dos cientistas sociais mais influentes do século XIX (WRIGHT, 2009). Quetelet considerou as crescentes técnicas de estatísticas como a base adequada para estudar a sociedade (GOUDSBLOM; HEILBRON, 2015), e publicou o famoso livro “*Sur l’homme et le développement de ses facultés, ou essai de physique sociale* (= Sobre homem: Ensaio de Física Social)” em 1835. A palavra física é de origem grega e significa natureza, assim a física social pretendia explicar a natureza da sociedade. Essa perspectiva foi motivada pelo contexto histórico e influência da filosofia positivista. Aubin (2014)

considera esse livro como uma das obras fundadoras da sociologia. Camargo (2009) também avalia a contribuição de Quetelet para a sociologia como relevante.

Auguste Comte (1798-1857) havia inicialmente chamado sua abordagem para o estudo da sociedade de “física social”, apesar da influência pela filosofia positivista, seu estudo era desprovido de elementos quantitativos. No entanto, quando Quetelet adotou o termo “Física Social”, Comte o abandonou por medo de ser considerado apenas um seguidor (GIDDENS; SUTTON, 2009). Assim, Comte criou o termo “sociologia” (JAHODA, 2015). Sendo creditado com a invenção do termo sociologia, Comte é considerado criador de uma espécie de sociologia ou o primeiro sociólogo (WRIGHT, 2009; JAHODA, 2015).

Ao realizar uma série de palestras sobre a Filosofia Positiva, Comte publicou uma obra sobre esse tema com 6 volumes no período de 1830-1842. Nessa ocasião, ele criou o termo sociologia em 1838 (BRANFORD, 1903; TAYLOR, 1981). Para formar a palavra “*sociologie*” em seu livro, Comte juntou um radical latino, um sufixo grego e a grafia francesa. Segundo Osawa (2019) alguns pesquisadores ridicularizaram a criação do termo devido ao uso de expressões de diferentes origens. Assim, em termo de nomes das ciências, inicialmente foi criado a “Física Social”, e logo depois, nasceu o nome Sociologia. Isso implica que na fase inicial do desenvolvimento da sociologia moderna, buscou-se o uso de abordagens quantitativas.

Hoje, as teorias sociológicas são, em muitos casos, ensinadas sem referência à matemática. Entretanto, o avanço das ciências sociais pode ser acelerado se os recursos das duas áreas pudessem ser integrados no desenvolvimento da pesquisa baseada na teoria (ALLEN, 1981). Segundo Edling (2002), a sociologia matemática foi firmemente estabelecida na década de 1960, e desde então, ela vem se desenvolvendo. Uma característica distintiva do uso atual da matemática na sociologia é o movimento em direção a uma síntese entre processo, estrutura e ação.

Skvoretz e Fararo (2011) explicam que a sociologia matemática une a matemática e a sociologia para promover a compreensão científica das estruturas e processos sociais. Dentro da ampla arena da sociologia, está naquele canto definido por uma orientação generalizante, pela crença de que uma ciência das ordens sociais é possível, por um compromisso com uma derivação lógica de regularidades empíricas de axiomas ou suposições formalmente declaradas, e por uma preocupação com a integração e unificação da teoria sociológica.

Assim sendo, pode-se dizer que a sociologia matemática ou a sociologia com abordagem matemática tem grande facilidade de trabalhar junto com quaisquer ciências naturais e engenharias. Dessa forma, métodos quantitativos são cada vez mais comuns na sociologia, onde princípios de metodologia quantitativa interpretativa são utilizados para a triangulação de resultados focando em múltiplas perspectivas, tais como Freese (2007), Babones (2015), De Brito, Evers e Höllermann (2017).

2.2 Hidrologia

No seu livro “História de hidrologia”, Biswas (1970) comenta que é difícil saber quando e onde começou a hidrologia. Entretanto, as primeiras obras da hidrologia podem ser encontradas nas grandes civilizações antigas, às margens dos rios Tigre e Eufrates (Mesopotâmia), Nilo (Egito), Indus (Índia), e Amarelo (China). Desde então, a sociedade vem tentando gerenciar os recursos hídricos com conhecimentos técnicos-científicos relacionados à hidrologia.

Durante o monitoramento de chuva e vazão no rio Sena, em Paris, o advogado francês Pierre Perrault (1608-1680) concluiu que a vazão do rio Sena não resultou da água subterrânea oriunda do mar, mas sim da água da chuva, e publicou o livro “De

l'origine des fontaines" (A origem das fontes) em 1674 (BARONTINI; SETTURA, 2020). Avaliando esse trabalho como o primeiro da hidrologia quantitativa, a UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) considera que a hidrologia moderna científica iniciou em 1674 (NACE, 1969). No entanto, o seu desenvolvimento como ciência quantitativa foi mais intenso a partir da década de 1930 (HORTON, 1931).

Na década de 1950, a crise hídrica foi intensificada, especialmente, devido à escassez de água no mundo. Assim, a UNESCO estabeleceu o Comitê de Zona Árida. Já em 1965, a UNESCO iniciou a Década Internacional de Hidrologia (*International Hydrological Decade* – IHD) com o objetivo geral de acelerar o estudo científico dos recursos e regimes hídricos, a fim de melhorar a conservação, a gestão e o uso da água (NACE, 1969). Antes de iniciar a IHD, a UNESCO definiu:

"A hidrologia é a ciência que lida com a água da Terra, sua ocorrência, circulação e distribuição no planeta, suas propriedades físicas e químicas e sua interação com o ambiente físico e biológico, incluindo suas respostas para a atividade humana. A hidrologia é o campo que cobre a inteira história do ciclo da água na terra." (UNESCO, 1964)

Essa definição de hidrologia inclui "respostas às atividades humanas". Assim, de acordo com Vanelli e Kobiyama (2019), o conceito de hidrologia considera a influência unidirecional da sociedade sobre a água. Entretanto, os autores destacam que essa definição não é clara quanto a influência da água no ser humano, ou seja, não responde a pergunta "Como a sociedade se relaciona com a água?".

Devido ao sucesso da IHD e também à continuação da crise hídrica, a UNESCO iniciou o Programa Internacional de Hidrologia (*International Hydrological Programme* – IHP) em 1975. Atualmente, o IHP está na fase VIII, dedicando-se à segurança hídrica. Segundo Jimenez-Cisneros (2015), a segurança hídrica é a capacidade de uma população para salvaguardar o acesso a quantidades adequadas de água, com qualidade aceitável para a manutenção da saúde humana e dos ecossistemas, em uma base de bacias hidrográficas, para garantir uma proteção eficaz da vida e da propriedade contra os perigos relacionados com a água. É notável então como o IHP se preocupa com a sociedade e que pretende contribuir ao desenvolvimento social.

A fase VIII possui os seguintes temas: (i) desastres relacionadas à água e mudança hidrológica; (ii) água subterrânea no ambiente alterando; (iii) medidas para escassez e qualidade da água; (iv) água e assentamentos humanos do futuro; (v) ecohidrologia e engenharia harmônica para o mundo sustentável; e (vi) educação sobre a água. A partir desses temas, busca-se resolver problemas hídricos em nível internacional e consequentemente garantir a qualidade de vida da população mundial. Portanto, a aplicação da hidrologia vem sendo cada vez mais importante em diversos setores.

Uma das principais comunidades da hidrologia em nível internacional é a Associação Internacional de Ciências Hidrológicas (*International Association of Hydrological Sciences* – IAHS) que é uma das oito associações que integram a União Internacional de Geodésia e Geofísica (*International Union of Geodesy and Geophysics* – IUGG). Inicialmente a IAHS se chamava Associação Internacional de Hidrologia Científica (*International Association of Scientific Hydrology* – IASH) que foi fundada em 1922 e mudou seu nome para o atual em 1971.

A IAHS vem realizando um programa de décadas científicas. O título de *IAHS Scientific Decade 2003–2012* foi "Predições em bacias hidrográficas sem monitoramento (*Predictions in Ungauged Basins* – PUB)" (HRACHOWITZ *et al.*, 2013). Os objetivos dessa década eram: (i) melhorar a capacidade de modelos hidrológicos existentes para prever

em bacias não monitoradas com incerteza reduzida; e (ii) desenvolver modelos novos e inovadores que representam a variabilidade espaço-temporal dos processos hidrológicos e aumentar a confiança nas previsões em tais bacias. Esses objetivos denotam que essa década não se preocupava diretamente com a população e a sociedade. Com base no resultado obtido na Década 2003-2012 e também devido à demanda atual da sociedade, a IAHS definiu a atual Década Científica (2013–2022), com o tema principal é *“Panta Rhei — Everything Flows”*: *Change in hydrology and society* (MONTANARI *et al.*, 2013).

Nessa Década Científica, os principais conceitos são: (i) os seres humanos são uma parte importante do sistema, portanto é necessário estudar o acoplamento bidirecional entre seres humanos e natureza (socio-hidrologia) dentro de um quadro mais abrangente; (ii) a coevolução dos sistemas hidrológicos e conectados (incluindo a sociedade) precisa ser reconhecida e modelada com uma abordagem adequada, a fim de prever sua reação à mudança; (iii) os processos hidrológicos determinam a relação entre o ambiente e os seres humanos, assim a mudança hidrológica é vital para a sociedade, bem como ao próprio ambiente; (iv) tal mudança resulta da forte imposição da variabilidade natural e também dos efeitos induzidos pelo homem (sociedade); (v) avanços na hidrologia estão recentemente limitados pelas técnicas de medição disponíveis, a comunidade deve, portanto, ser proativa na elaboração de estratégias de monitoramento inovadores, buscando vantagens das novas tecnologias e novas gerações de dados; e (vi) a ciência deve necessariamente avançar em uma abordagem interdisciplinar.

Diferente da Década Científica anterior, a atual demonstra a grande disposição de estudar a sociedade, apresentando o nome da ciência socio-hidrologia. Montanari *et al.* (2013) considera a socio-hidrologia como palavra-chave dessa Década. Portanto, pode-se dizer que, tanto na comunidade administrativa, como a UNESCO, quanto na comunidade científica, como IAHS, a hidrologia no mundo vem fortemente investigando a relação entre a sociedade e a água. Observando essa tendência mundial, Kobiyama, Goerl e Monteiro (2018) comentaram a busca pela integração entre a hidrologia e a sociologia, ou expansão da hidrologia em direção às ciências sociais ou ainda a interdisciplinarização da hidrologia.

2.3 Socio-hidrologia

Apesar da influência entre a sociedade e a água ocorrer mutuamente, existem limitações entre as ciências, de modo que as barreiras entre hidrologia e sociologia dificultam a compreensão dessas interações bidirecionais (VANELLI; KOBİYAMA, 2019). Enquanto, o objeto de estudo da hidrologia é a água em termos quantitativos e qualitativos, a sociologia tem a sociedade como objeto de estudo, assim de acordo com Vanelli e Kobiyama (2019) a socio-hidrologia deve avançar com base nos conhecimentos de ambas as ciências para melhor compreensão de seu objeto de estudo.

Respeitando as relações mútuas entre os seres humanos e a natureza na formação do sistema, as ciências sociais também devem se expandir na direção das ciências naturais, como a hidrologia. Corroborando com esta ideia, Sivapalan (2018) comentaram que a hidrologia está evoluindo junto com a evolução do ser humano e da sociedade. Com o intuito de compreender melhor os sistemas hídricos, em 2012, Murugesu Sivapalan, Hubert Savenije e Günter Blöschl convidaram a comunidade científica focada na “hidrologia tradicional” para “uma nova ciência” chamada socio-hidrologia (SIVAPALAN; SAVENIJE; BLÖSCHL, 2012). Estes autores explicaram a diferença entre a hidrologia tradicional e a socio-hidrologia: na hidrologia tradicional as atividades de gestão dos recursos hídricos induzidas pelo homem são prescritas como forças externas na dinâmica do ciclo hidrológico, enquanto que na socio-hidrologia, os seres humanos

e suas ações são considerados parte e parcela da tal dinâmica. Assim, eles propuseram a socio-hidrologia como um conceito que visa entender a dinâmica e a co-evolução dos sistemas hídricos e os seres humanos. Dessa maneira, nos últimos anos pesquisadores têm questionado a confiabilidade e a relevância prática de sofisticados modelos matemáticos usados em hidrologia nas quais as dimensões humanas e suas interações com os recursos hídricos são negligenciadas (MADANI; SHAFIEE-JOOD, 2020).

Na comunidade internacional da hidrologia, a publicação de Sivapalan, Savenije e Blöschl (2012) é considerada o ponta pé inicial da popularização da socio-hidrologia. Entretanto, criticando Sivapalan, Savenije e Blöschl (2012), Sivakumar (2012) comentou que, a socio-hidrologia não é uma nova ciência e sim apenas a renomeação da ciência hidro-sociologia que Falkenmark (1979) propôs na década de 1970. De fato, o comentário de Sivakumar (2012) é bem qualificado, pois Falkenmark (1979) definiu a hidro-sociologia como o estudo de interações do sistema água-humano.

Existem diversos trabalhos que discutem as semelhanças e diferenças entre a socio-hidrologia e a hidro-sociologia, por exemplo, Sivakumar (2012) e Pande e Sivapalan (2017). Para estudar a socio-hidrologia, Pande e Sivapalan (2017) enfatizaram a necessidade de considerar as interações bidirecionais entre os sistemas água - ser humano para interpretar e compreender enigmas, paradoxos e consequências não intencionais que surgem no contexto do gerenciamento dos sistemas acima mencionados. Esta característica, segundo estes autores, distingue a socio-hidrologia de outras disciplinas relacionadas, como a hidro-sociologia e a hidro-economia, que também estudam explicitamente os mesmos sistemas.

Essa discussão em relação à diferença científica se assemelha bastante com a discussão feita no caso da eco-hidrologia e hidro-ecologia (KUNDZEWICZ, 2002; ZALEWSKI, 2002). Como Kundzewicz (2002) apresentou, a eco-hidrologia e a hidro-ecologia são conceitualmente iguais, pois ambas as ciências tratam das interações entre os processos hidrológicos e ecológicos.

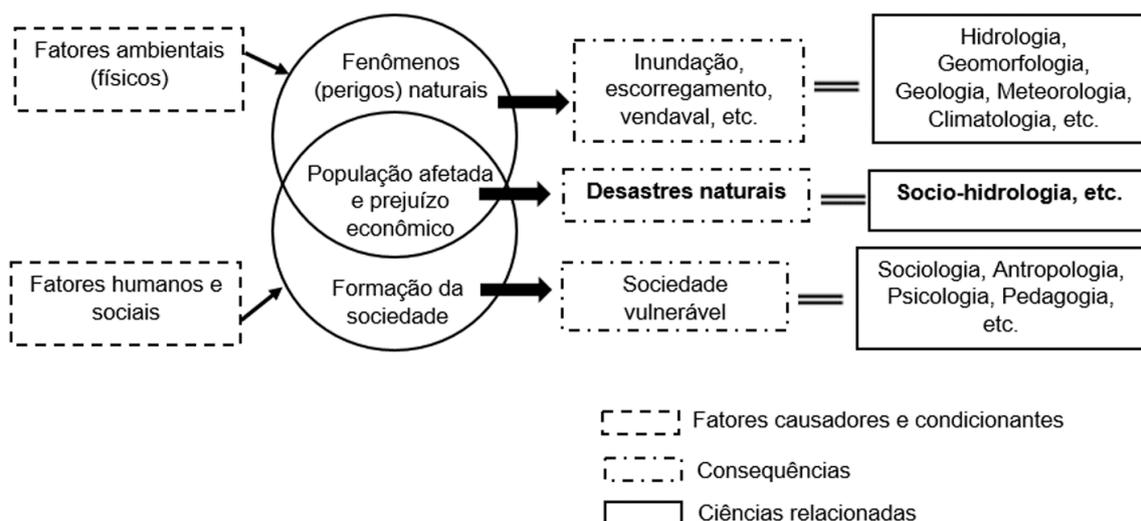
Com base neste exemplo, pode-se dizer que a ciência em si é importante, entretanto o nome dado a ela não é muito relevante, pois a existência dela independe dos conceitos. Assim, embora a discussão sobre semelhança ou diferença entre nomes como eco-hidrologia e hidro-ecologia ou socio-hidrologia e hidro-sociologia forneça uma melhor compreensão dos conceitos, a discussão em si não gera novidade científica. Então, o presente estudo continua usando o termo socio-hidrologia.

Embora existam diferentes conceitos e metas relacionados à socio-hidrologia, o seu princípio deve ser os estudos sobre a interação entre a sociedade e a água, e também a coevolução dos sistemas da sociedade e da água. Entretanto, essa consideração está em um sentido estrito. Ampliando seu sentido, a importância da socialização da hidrologia deve receber mais atenção na comunidade científica. Para tal socialização é fundamental popularizar a hidrologia na sociedade, fazendo com que a sociedade tenha consciência de como a dinâmica da água afeta a sua rotina e desenvolvimento. Além disso, é importante obter metas sociais em cada ciência. Então, no caso da hidrologia, sua meta principal poderia ser reduzir os problemas socioambientais, ou seja, os desastres (KOBİYAMA; GOERL; MONTEIRO, 2018).

A Figura 2 demonstra o mecanismo da ocorrência de desastres naturais e as funções de várias ciências. O estudo da hidrologia tradicional, geomorfologia, dentre outras ciências naturais é fundamental para a compreensão dos processos físicos que desencadeiam os perigos naturais. Da mesma maneira, a compreensão dos fatores que tornam uma sociedade vulnerável à esses perigos, torna essencial o estudo da sociologia, antropologia, dentre outras ciências sociais. Considerando os desastres naturais resultado da interação entre os fatores sociais e naturais, as ciências e os métodos inter

e transdisciplinares, como a socio-hidrologia, que abrangem tanto os aspectos físicos como os sociais são os mais adequados para o estudo dos desastres naturais.

Assim, além de estudar a interação entre a sociedade e a água e a coevolução dos sistemas da água e da sociedade, como a meta da socio-hidrologia de senso-estrito, os hidrólogos precisam socializar esta ciência na comunidade local onde ocorrem frequentemente desastres naturais. A socialização da hidrologia afeta diretamente no sistema água-homem, pois, com conhecimento, as pessoas terão um comportamento mais adequado com relação a água.

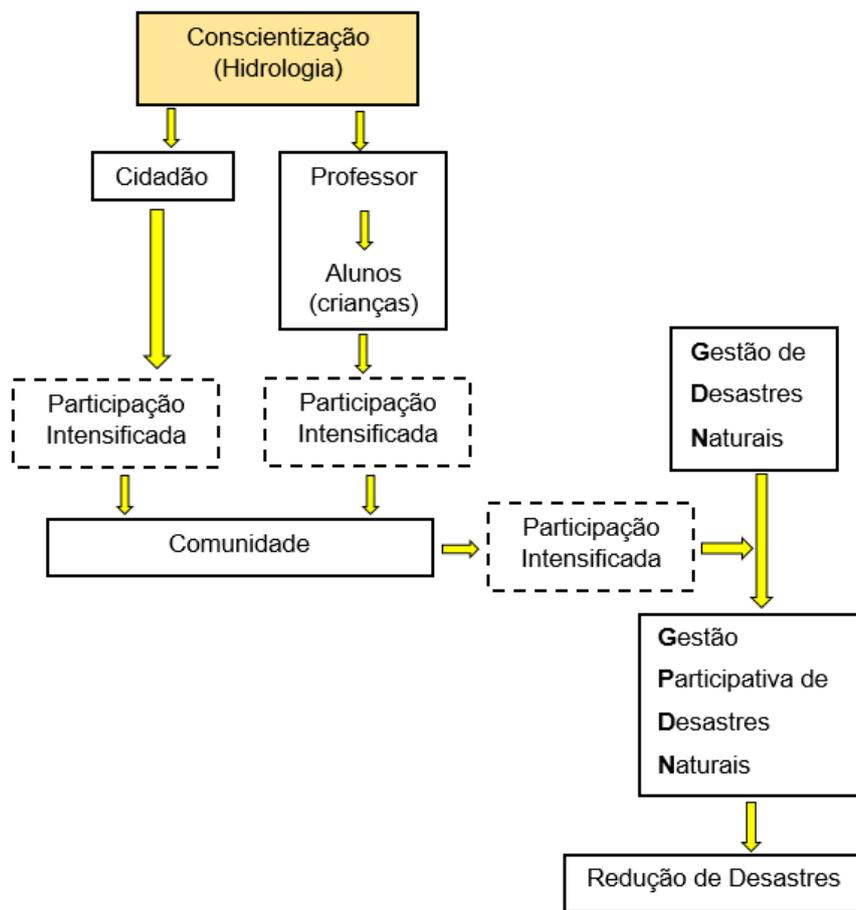


Fonte: Kobiyama, Goerl e Monteiro (2018).

Figura 2. Ocorrência de desastres e ciências relacionadas.

Um dos exemplos da socialização da hidrologia no contexto de gerenciamento de desastres naturais é o projeto de extensão universitária, intitulado “Aprender hidrologia para prevenção de desastres naturais”, o qual tem sido executado pelo Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN) (www.ufrgs.br/gpden) do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) desde 2013. O referido projeto é uma continuação do mesmo projeto realizado pelo Laboratório de Hidrologia (LabHidro) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) no período de 2006-2012 (KOBİYAMA *et al.*, 2007b, 2009b, 2010b).

As atividades principais desse projeto são: (i) produzir materiais didáticos para o entendimento e a aplicação da hidrologia pelas comunidades para prevenção de desastres naturais; e (ii) realizar cursos, encontros, e seminários junto com prefeituras, escolas, associações, etc., a fim de conscientização sobre a importância da hidrologia na sociedade. Por meio da popularização e socialização da hidrologia na comunidade, este projeto pretende fortalecer a comunidade em termo de conhecimentos técnico-científicos sobre a água. A comunidade fortalecida poderá opinar a entidades públicas, conseguindo realizar uma verdadeira gestão participativa de risco e de desastres (Figura 3).



Fonte: Kobiyama *et al.* (2009b).

Figura 3. Efeito da conscientização na gestão participativa de desastres naturais.

Kuraji (2007) traçou um panorama da história e da situação atual da hidrologia florestal no Japão e no mundo, e explicou suas características e limitações. Mostrando a situação atual em que a hidrologia florestal não consegue responder às diversas demandas que a sociedade exige, o autor enfatizou a necessidade de se criar uma nova ciência, provisoriamente chamada de Socio-hidrologia Florestal. Também definiu a socio-hidrologia Florestal como a ciência que possui conhecimentos em ciências naturais e ciências humanas/sociais, os constrói de forma inter e transdisciplinar, valoriza as experiências de campo e realiza a produção de conhecimento com base na comunicação com a política, as comunidades e os cidadãos.

Com base nessa definição da socio-hidrologia florestal, Kuraji (2007) propôs alguns papéis importantes dessa ciência a fim de melhorar ecossistemas florestais e fluviais: (i) apoiar os cientistas no estudo dos serviços ecológicos florestais e fluviais, no estabelecimento de suas teorias e na publicação de seus livros; (ii) promover aos cientistas a inovação de práticas adequadas de manejo florestal e fluvial de forma a obter serviços ecológicos; (iii) oferecer aos tomadores de decisão muitas informações úteis sobre o manejo florestal-fluvial por ter seus serviços ecológicos; e (iv) construir o manejo comunitário participativo da floresta e do rio através da conexão entre as cabeceiras e os residentes a jusante, promovendo mais as ciências humanas/sociais. Salienta-se aqui que essas ideias já tinham sido apresentadas em Kuraji (2003), mesmo não utilizando o nome de socio-hidrologia. A visão de Kuraji (2003, 2007) sobre a socio-hidrologia é que esta deve ser baseada na sociedade comum, e não na comunidade

científica. Já que o nome da ciência possui o termo “socio-”, a ciência deve ser avaliada no ponto de vista de cidadãos.

Considerando a manifestação de Kuraji (2003, 2007), a socio-hidrologia pode ser definida como uma ciência que estuda as interações entre a sociedade (comportamentos, estruturas e funções sociais) e a água (os processos hidrológicos) e que se populariza e se socializa à sociedade. Com base na frase famosa do 16º presidente norte-americano Abraham Lincoln em Gettysburg (Pennsylvania, EUA) em 1863, “*Government of the People, by the People, and for the People*”, pode-se dizer que a socio-hidrologia tem que ser uma ciência da sociedade, pela sociedade e para a sociedade. Esse pensamento possibilitará obter a verdadeira socio-hidrologia.

Existem diversas críticas científicas contra a socio-hidrologia. Madani e Shafiee-Jood (2020) apresentaram os estudos populares e consolidados na comunidade científica: sistemas humanos e naturais acoplados (*coupled human and natural systems* - CHANS) e sistema socioecológico (*socio-ecological system* - SES) e também demonstraram muitos estudos antigos que tratavam as interações do sistema humano-água. Com isso, esses autores questionam a socio-hidrologia em diversos aspectos: o que a torna uma ciência, quais são suas contribuições efetivas, quais são os limites de estudo, dentre outros questionamentos. A crítica construtiva de Madani e Shafiee-Jood (2020) avançará ainda mais a socio-hidrologia e aumentará a popularidade dessa ciência.

Comentando quais questões modernas relacionadas com recursos hídricos forçaram a adaptação de pontos de vista das ciências exatas em direção a um contexto interdisciplinar, McCurley e Jawitz (2017) analisaram a tendência internacional das diversas áreas da hidrologia por meio do uso do termo “Hidrologia Hifenizada (*Hyphenated hydrology*)”, onde seu destaque foi a socio-hidrologia.

Na literatura, além da socio-hidrologia, existem diversas hidrologias com aspectos sociais, por exemplo, hidromitologia e etno-hidrologia (BACK, 1981), socio-ecohidrologia (FALKENMARK; FOLKE, 2002), hidroeconomia (HAROU *et al.*, 2009), e hidropsicologia (SIVAKUMAR, 2011). Também há com as ciências exatas, por exemplo, astro-hidrologia (MAGGI; PALLUD, 2012), eco-hidrologia (KUNDZEWICZ, 2002), hidroclimatologia (MATHER, 1991), hidro-geologia (HOWDEN; MATHER, 2012), hidrogeomorfologia (SCHEIDEGGER, 1972), e hidro-meteorologia (PECK, 1978).

Cada ciência está avançando e naturalmente criando suas sub-áreas, o que é bastante similar à tendência da hidrologia. No entanto, observa-se que muitas ciências e tecnologias vêm sendo direcionadas para a questão social. Isso causa uma tendência de ter ciência hifenizada com o termo “socio-”. Por exemplo, socio-ecologia (KEPPELER; PEREIRA, 2003), socio-geomorfologia (ASHMORE, 2015; MOULD; FRYIRS; HOWITT, 2018), socio-hidráulica (KOBAYAMA; GOERL; MONTEIRO, 2018) e a socio-tecnologia (HELLER, 1997; SHARPLES *et al.*, 2002)

2.4 Unidade ideal na hidrologia e socio-hidrologia

Bakker (2002), que tentou propor diversas maneiras da mercantilização de água na Espanha, apresentou o conceito do ciclo hidrossocial (*hydrosocial cycle*) que consiste na consideração de uma complexa rede de tubulações, legislações de água, medidores de água, consumidores, que representam a sociedade, bem como precipitação, evaporação e vazão no rio (ciclo hidrológico convencional).

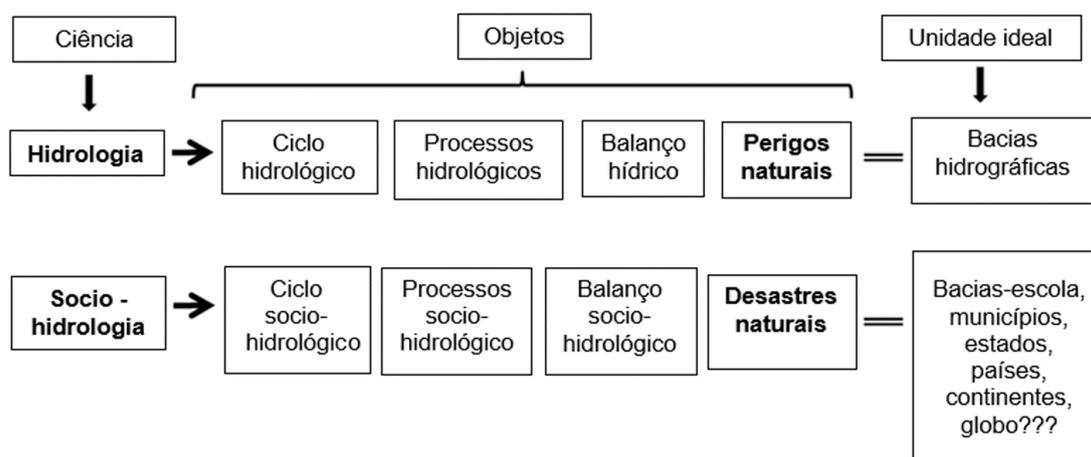
Avançando ainda mais o conceito do ciclo hidrossocial, Swyngedouw (2009), Budds, Linton e McDonnell (2014) e Linton e Budds (2014) definiram o ciclo hidrossocial como um processo socionatural pelo qual a água e a sociedade se formam e se refazem no espaço e no tempo, e propuseram o uso desse ciclo como uma ferramenta analítica

para investigar as relações entre a água e a sociedade. Então, a socio-hidrologia deve utilizar o conceito do ciclo hidrossocial ao invés do ciclo hidrológico. Nota-se que esse conceito foi criado por pesquisadores da área de ciências sociais. Se tal conceito nascesse a partir da hidrologia, poderia nascer o termo “ciclo socio-hidrológico” (KOBİYAMA; GOERL; MONTEIRO, 2018).

No caso do estudo tradicional do ciclo hidrológico pela hidrologia, a bacia hidrográfica, a qual Kobiyama, Mota e Corseuil (2008) definiram como uma região sobre a terra, onde o escoamento superficial em qualquer ponto converge para um único ponto fixo (exutório), é a unidade ideal de análise do mesmo. Em nível de bacia hidrográfica, o balanço hídrico pode ser calculado.

Considerando que a socio-hidrologia enfoca nas interações bidirecionais do sistema água - ser humano, deve-se repensar se as delimitações físicas são suficientes. As estruturas políticas, como legislações, as culturas, as estruturas sociais, instituições econômicas, dentre outros aspectos que se relacionam com a sociedade, possuem suas próprias delimitações. Essas delimitações, inclusive podem ser distintas entre si: a delimitação territorial político-administrativa – bairro, município, estado, país – pode, por exemplo, apresentar distintas bacias hidrográficas e diferentes grupos étnicos.

A inclusão do ser humano como endógeno ao sistema hídrico exige criar outra unidade ideal no estudo do ciclo socio-hidrológico da socio-hidrologia. Essa unidade não necessariamente é o município, nem estado nem país e, caso necessário, pode ser continente ou até o globo. Os pesquisadores precisam urgentemente discutir a unidade ideal da socio-hidrologia e do ciclo socio-hidrológico (KOBİYAMA; GOERL; MONTEIRO, 2018). No entanto, o envolvimento da sociedade considerando os limites das bacias hidrográficas também é necessário. Neste caso, a bacia-escola (KOBİYAMA *et al.*, 2009a) desempenha um papel importante na socio-hidrologia. Assim, a hidrologia tradicional e a socio-hidrologia tratam dos diferentes objetos e, conseqüentemente, das suas unidades ideais (Figura 4).



Fonte: Kobiyama *et al.* (2018).

Figura 4. Comparação entre a hidrologia e a socio-hidrologia.

No planejamento de recursos hídricos, a estimativa do balanço hídrico é essencial. No caso da socio-hidrologia, o balanço hídrico também deve ser investigado. Entretanto, caso se queira mensurar ou estabelecer parâmetros quantitativos para o balanço de massa e energia na unidade de análise socio-hidrológica, deve-se adotar outra unidade de medida ao invés do milímetro ou m³ ou outras unidades tradicionalmente utilizadas na hidrologia.

Nessa situação, a introdução do conceito de eMergia proposto por Odum (1996) pode ser uma das alternativas para calcular o balanço socio-hidrológico já que, segundo Odum, Brown e Brandt-Williams (2000), a eMergia é uma medida universal da prosperidade real do trabalho da natureza e da sociedade feita em uma base comum. Visto que nem a unidade de análise nem os parâmetros de mensuração estão estabelecidos, necessita-se ainda de muitas pesquisas científicas a fim de avançar a socio-hidrologia (KOBİYAMA; GOERL; MONTEIRO, 2018).

3 Bacia-escola

3.1 Conceito e histórico

De acordo com a revisão de Kobiyama *et al.* (2019b), a primeira pessoa a empregar o termo “bacia-escola” foi o Prof. Dr. Geraldo Silveira no ano 2000, em uma proposta de projeto científico na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). No entanto, somente em Silveira (2001) que o conceito de bacia-escola foi explorado com maior detalhamento e definido como uma ferramenta didática para formação da população quanto aos aspectos hidrológicos.

Após os trabalhos pioneiros do professor Geraldo Silveira, diversos pesquisadores no Brasil iniciaram a utilizar esse termo em pesquisas científicas e projetos de extensão. Pela sua relevância, Mendiondo (2002b) inseriu a estratégia de bacia-escola na Gestão Ambiental Integrada de Águas Urbanas como um conceito inovador para solucionar problemas de drenagem urbana.

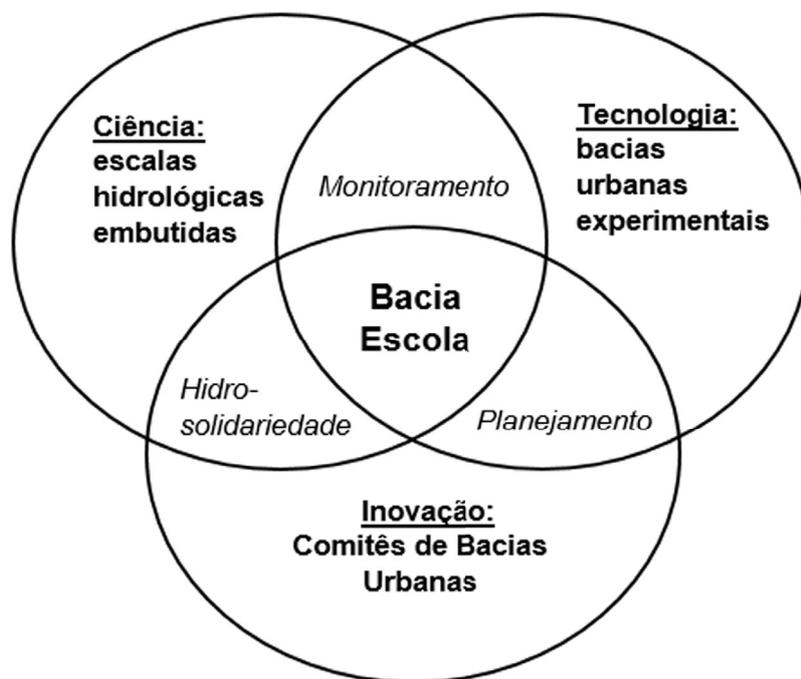
Segundo Mendiondo (2002a), a bacia-escola é um conceito mais amplo quando comparada às bacias experimentais, pois se torna uma infraestrutura de apoio. Nesse sentido, a pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico no campo dos recursos hídricos urbanos abrem as possibilidades de participação social. Para esse autor, o principal objetivo da bacia-escola era o avanço da ciência e da tecnologia. Portanto, Mendiondo (2002b) mencionou que o desenvolvimento de bacia-escola abre a oportunidade de apoiar pesquisas e projetos que atendam às demandas sociais em face do controle dos recursos hídricos urbanos.

Mendiondo (2002a) apresentou a ideia dos três principais componentes da bacia-escola: ciência, tecnologia e inovação, conforme ilustrado na Figura 5. Salienta-se que nessa ideia, a combinação da inovação (Comitê de bacia) com a ciência gera a hidro-solidariedade induzida pelos setores da sociedade de trechos de jusante e de montante. De acordo com Falkenmark e Folke (2002), a hidro-solidariedade é definida como a reconciliação dos conflitos de interesse com um equilíbrio solidário dos interesses dos meios de vidas humanos, a qual envolve a ligação das atividades a montante e a jusante na bacia hidrográfica e também a ética. Desenvolvendo ainda mais as atividades do seu grupo, Esteves e Mendiondo (2003) relataram estratégias metodológicas para implantação de 14 bacias-escola com objetivo de gerenciar a drenagem urbana.

Para avançar o conhecimento científico sobre hidrologia florestal, o LabHidro/UFSC estabeleceu várias bacias experimentais com uma empresa de reflorestamento do sul do Brasil. Nesse caso, um dos principais objetivos do projeto do LabHidro/UFSC era usar essas bacias experimentais para a educação ambiental da população local. Assim, Kobiyama *et al.* (2007a) definiram, como bacia-escola, qualquer bacia experimental que sirva para pesquisas científicas e atividades de educação ambiental.

Ao adotar a definição mencionada acima, Kobiyama, Mota e Corseuil (2008) e Kobiyama *et al.* (2009a) relataram a implementação de uma rede de bacias-escola na região do Alto Rio Negro, na divisa entre os estados do Paraná e de Santa Catarina. Os objetivos da implementação de tal rede foram: (i) verificar qual o melhor uso do

solo para a gestão dos recursos hídricos; (ii) compreender efeito do tamanho da bacia sobre processo chuva-vazão; (iii) analisar a influência da operação de uma barragem na vazão jusante; e (iv) divulgar resultados à população local.



Fonte: Mendiondo (2002a).

Figura 5. Componentes de Ciência, Tecnologia e Inovação na Bacia Escola, e os seus principais derivados: monitoramento, planejamento e hidro-solidariedade.

Em contraste com o termo bacia-escola, o conceito de rede de bacias hidrográficas não é novo. Ao justificar os estudos de bacias e o sistema de monitoramento de longo prazo para a investigação dos efeitos hidrológicos da floresta, Whitehead e Robinson (1993) relataram alguns exemplos europeus de redes de bacias. Além disso, O'Connell *et al.* (2007) introduziram o programa de pesquisa Hidrologia de Bacia e Gestão Sustentável (*Catchment Hydrology and Sustainable Management – CHASM*) que contém a rede de bacias no Reino Unido e que adota um projeto experimental multi-escala comum. No entanto, essas redes parecem ser estabelecidas apenas para fins de pesquisa científica. O conceito de tais redes é, portanto, bastante distinto do conceito de bacia-escola, onde a rede de abrangência escolar contribui não só para as pesquisas científicas, mas também para as atividades de educação ambiental. Essa ideia de combinar pesquisa científica com educação ambiental foi apresentada à comunidade europeia por Haigh (2009).

Embora alguns trabalhos apresentem o termo bacia-escola em seu título, o conceito não foi aplicado no seu desenvolvimento. Por exemplo, Barros, Mendiondo e Wendland (2007) realizaram um mapeamento de áreas de inundação para discutir o Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de São Carlos/SP, colocando o termo bacia-escola no título do trabalho, porém não apresentaram este termo no corpo do texto.

Considerando a discussão acima, redefinimos a bacia-escola como uma região geográfica que inclui diversos instrumentos de medição e, além de útil às pesquisas científicas, pode ser um local para atividades didáticas servindo ao aprendizado de ciências, educação e qualquer tipo de formação intelectual a todos os cidadãos. No contexto da hidrologia, essa região geográfica seria bacia experimental. Entretanto, na abordagem

socio-hidrológica, onde pode-se tratar a transposição de bacias hidrográficas, nem sempre pode tratar os exutórios. Com essa flexibilidade em termo de definição, pode-se ter a alta potencialidade de considerar que a bacia-escola seja a unidade ideal para a socio-hidrologia. Para Menciondo (2002b) a bacia-escola gera uma possibilidade de participação social, aproximando as pesquisas sobre recursos hídricos das demandas da população.

Para apresentar o conceito de bacia-escola fora do Brasil, Kobiyama *et al.* (2007a) utilizou o termo “*school catchment*” para a bacia-escola. Em inglês, a bacia hidrográfica pode ser escrita em três palavras: *basin*, *catchment*, e *watershed*. Portanto, o termo bacia-escola pode ser traduzido em inglês como: *school basin*, *school catchment*, e *school watershed*.

3.2 Implementação de bacias-escola

O primeiro passo para construção de uma bacia-escola é a criação da bacia experimental. Para ser uma bacia experimental é necessário que a mensuração dos parâmetros ambientais (ou hidrológicos) seja contínuo, independente do intervalo temporal do registro. Geralmente, os equipamentos de registro automático são instalados para monitoramento, possibilitando o registro em um intervalo de tempo curto (em geral, minutos). Se a aquisição desses equipamentos não for viável em virtude do custo, o monitoramento manual pode ser realizado com medições ou observações frequentes. Nesse caso, o intervalo do registro será mais longo (dias, semanas, meses, anos).

Na hidrologia e gestão dos recursos hídricos, o monitoramento da chuva e da vazão é considerado essencial, pois esses dados permitem uma análise simplificada do balanço hídrico. No Brasil, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA é responsável pela Rede Hidrometeorológica Nacional, porém conforme análise realizada por Kobiyama *et al.* (2019b), bacias com maior área de drenagem (larga escala) são mais monitoradas do que bacias com pequena área de drenagem (pequena escala). Para obter as bacias experimentais correspondentes a pequenas áreas e, portanto, para sua consolidação, é necessário implementar mais monitoramento em pequena escala. A localização da estação fluviométrica para monitoramento da vazão é usualmente considerada o exutório da bacia experimental.

Quando a bacia hidrográfica de interesse é pequena e plana, a estação pluviométrica próximo ao exutório consegue representar o balanço hídrico de forma simplificada. No entanto, caso a bacia seja muito grande e/ou tenha um ambiente montanhoso, a construção dessa estação no topo da bacia (região das cabeceiras) é mais desejada. Os procedimentos necessários para tal instalação podem ser vistos em WMO (2008) e ANA (2011).

Na simples comparação entre chuva e vazão, a chuva pode ser considerada mais importante para a educação em hidrologia e para a gestão dos recursos hídricos, tanto por sua importância quanto por sua fácil mensuração. Os dados medidos de chuva podem auxiliar o entendimento do clima na região, o estabelecimento de um sistema de alerta, o mapeamento de áreas de risco e construção, como barragens, pontes, estradas, portos, diques e assim por diante. Além disso, os registros das chuvas podem ser muito úteis para os estudos hidrológicos, como estimativas das vazões máximas e da frequência das cheias. Como as cheias são totalmente dependentes do clima, a medição da chuva é indispensável para minimizar seus danos. Os radares meteorológicos podem ser eficazes para países de território extenso como o Brasil. No entanto, possuem um custo muito elevado. Portanto, a maneira mais fácil de medir é realizando a medição manual.

Essas atividades de medição de chuva realizadas pela comunidade contribuirão certamente para a conscientização sobre a medição em si, recursos hídricos, ou desastres naturais fazendo parte da educação ambiental e do treinamento para os cidadãos.

Apesar da importância da medição da chuva, o número de estações pluviométricas ainda não é satisfatório no Brasil (MELATI; MARCUZZO, 2015; CRISTALDO *et al.*, 2017; PAULA *et al.*, 2018). É necessário organizar as comunidades, com base na iniciativa dos cidadãos, para unir esforços no sentido de aumentar o número de estações pluviométricas com medição diária de precipitação (KOBİYAMA *et al.*, 2006). Portanto, em primeiro lugar, é ideal que todas as escolas primárias e secundárias tenham um pluviômetro e realizem a mensuração todos os dias. Assim, a escola pode ensinar hidrologia aos alunos, demonstrando os aparelhos disponíveis, que são comumente doados por empresas agrícolas, bem como a forma correta de instalação e manutenção do sistema de coleta e registro dos dados.

Hoje, a qualidade da água de grandes rios que abastecem com água potável a muitos municípios está comprometida. Nesta situação, os municípios são obrigados a buscar pequenas bacias onde as coberturas de vegetação natural são preservadas. Além disso, muitas áreas urbanas nas cidades sofreram inundações, que são frequentemente consideradas do tipo inundações bruscas. Devido aos valores curtos de tempo de concentração (T_c) em razão das grandes taxas de ocupação do solo, bem como ao pequeno tamanho da bacia, as inundações que ocorrem nas áreas urbanas muitas vezes têm as características de inundações bruscas (KOBİYAMA; GOERL, 2007).

Assim, para gerenciar os mananciais, reduzir desastres de inundações bruscas e/ou urbanas, e utilizar bacias montanhosas para ecoturismo e recreação, é necessário criar diversas pequenas bacias experimentais. Após isso, as comunidades podem utilizá-las também para educação e treinamento. Assim, elas se tornam pequenas bacias-escola. Com base na ideia de E.F. Schumacher "*Small is beautiful*", o tamanho pequeno das bacias-escola certamente serve para a ciência e a educação com mais eficiência (KOBİYAMA; MICHEL; ENGSTER, 2016).

3.3 Utilização

Nas bacias-escola, chuvas e vazões podem ser observadas a olho nu. A observação ocular juntamente com a confirmação de valores de monitoramento certamente aumenta a capacidade de percepção dos habitantes de aprendizagem/treinamento, bem como aumenta sua consciência. A própria observação do nível da água permite que as pessoas reconheçam diretamente a quantidade de água. Esses dados de observações baseadas na comunidade contribuem para o sistema de monitoramento e alerta e podem apoiar a decisão dos habitantes em relação a evacuação antecipada da área, por exemplo.

A hidrometria em campo também aumenta a percepção. Para os habitantes locais, a velocidade do fluxo superficial pode ser medida diretamente com um método de flutuador. A percepção da velocidade é muito importante para que um cidadão decida andar ou correr no meio do fluxo da água nas estradas durante inundações bruscas. Se um cidadão tem conhecimento do índice de perigo proposto por Stephenson (2002), ou seja, $IP = v \cdot h$ onde IP é o índice de perigo; v é a velocidade do fluxo; e h é a profundidade da água, e se ele pode reconhecer os valores de v e h , ele é capaz de saber se pode cruzar ou não o fluxo de água em uma estrada vicinal, por exemplo.

De acordo com Paul *et al.* (2018), muitos projetos envolvem respostas a inundações de rios com base em comunidades, tendo uma abordagem preventiva ou fornecendo observação e mitigação em tempo real. No entanto, na maioria desses projetos, o papel dos cientistas é voltado apenas à coleta de dados, em vez de aproveitar todo o potencial da coeração de conhecimento acionável e do treinamento adequado dos participantes.

Utilizando aparelhos muito simples ou até muito caros e sofisticados, os hidrólogos e geomorfólogos de campo geralmente medem vários parâmetros ambientais. Porém, os habitantes locais têm potencial para oferecer soluções oportunas e de baixo custo

para a coleta de dados em bacias (STARKEY *et al.*, 2017). Tal monitoramento com base na participação dos habitantes certamente avançará o uso da bacia-escola.

Segundo Wagener *et al.* (2007), educadores de hidrologia são necessariamente influenciados por sua formação e experiência ao projetar aulas de hidrologia e, portanto, requerem novas ferramentas e recursos educacionais para educar a próxima geração de hidrólogos interdisciplinares. Neste sentido, a bacia-escola será extremamente útil para esses educadores.

Na literatura, observa-se que várias iniciativas para o ensino de hidrologia foram feitas em vários níveis e países. Por exemplo, escola primária na Finlândia (HAVU-NUUTINEN; KÄRKKÄINEN; KEINONEN, 2011), escola secundária em Israel (BENZVI-ASSARF; ORION, 2005), escola secundária na Suíça (REINFRIED; TEMPELMANN; AESCHBACHER, 2012), níveis de graduação em 43 países (WAGENER *et al.*, 2012), nível de pós-graduação (BLÖSCHL *et al.*, 2012), e qualquer cidadão na Holanda (MINKMAN; VAN DER SANDEN; RUTTEN, 2017) onde foi demonstrada a importância da participação da comunidade para a gestão dos recursos hídricos. Embora esses exemplos não utilizarem bacias-escola, seu uso certamente aumentará o desempenho desse ensino.

O uso da bacia-escola possibilita fornecer as informações locais aos seus moradores contra desastres naturais, fortalecendo a gestão. Os dados obtidos pelo monitoramento em bacias-escola podem contribuir ao monitoramento continental e global. É amplamente dito que as mudanças climáticas vêm intensificando os desastres que a sociedade mundial tem enfrentado. Isso implica que a gestão de risco de desastres requer uma abordagem global. Considerando ambas as abordagens local e global, pode-se dizer que o uso da bacia-escola possui alta potencialidade de contribuir à abordagem “glocal”. Embora o conceito de “glocal” é mais utilizado na área de economia (SWYNGEDOUW, 2004), ele pode e deve ser extremamente importante na socio-hidrologia, e conseqüentemente na gestão de risco de desastres.

4 Ciência cidadã

O envolvimento da comunidade na geração de novos conhecimentos sobre o meio ambiente refere-se à ciência cidadã (BUYTAERT *et al.*, 2014). Outros termos também podem ser usados, por exemplo, *crowdsourcing* e informação geográfica voluntária (*volunteered geographical information - VGI*). Isso depende do grau de envolvimento e da técnica adotada (STARKEY *et al.*, 2017).

Visto que a bacia-escola é construída para todos os cidadãos, seu uso é adequado para a ciência cidadã. Em outras palavras, a bacia-escola é considerada uma ferramenta muito adequada para aplicação da ciência cidadã na hidrologia. O morador local aprende sobre hidrologia e sua participação nas atividades de coleta de dados é incentivada. Assim, o aumento do envolvimento da comunidade gera mais informações sobre aquela bacia. Além da melhoria da percepção dos cidadãos, pode ajudá-los a reconhecer precocemente os desastres naturais (consciência do risco). De acordo com Buytaert *et al.* (2014), o conceito e o potencial da ciência cidadã só recentemente receberam crescente atenção científica, apesar de ser parte intrínseca do processo de geração do conhecimento científico.

A Figura 6 mostra a diferença e semelhança entre a hidrologia e a socio-hidrologia. Especialmente para reduzir os desastres naturais, fica ainda mais necessário aumentar o monitoramento de vários fenômenos ambientais e hidrológicos. Assim, uma ciência cidadã com a participação da comunidade nesse monitoramento e registros torna-se indispensável. A bacia-escola pode ser uma ferramenta de ciência cidadã para aumentar o envolvimento da comunidade, engajando os cidadãos a aprender ciências por meio de atividades de educação ambiental e também trocando conhecimentos científicos e populares, de modo a reaproximá-los do ambiente que os cerca. A longo prazo, as pessoas envolvidas podem ter maior facilidade em identificar uma situação de perigo iminente.

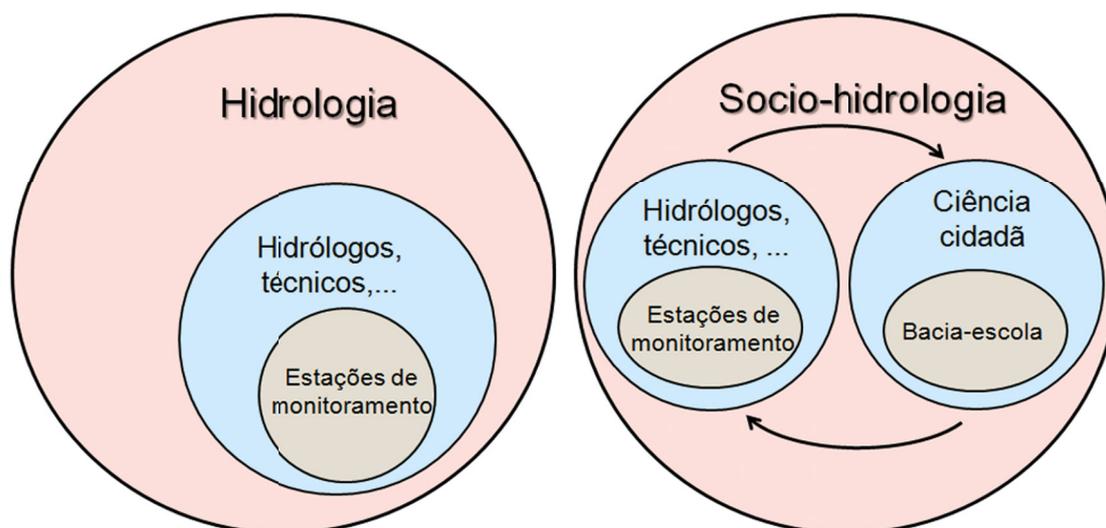


Figura 6. Comparação entre a hidrologia e a socio-hidrologia com ênfase em ciência cidadã e bacia-escola. Fonte: Kobiyama *et al.* (2019a).

Assim sendo, pode-se dizer que bacias-escola, ciência cidadã e socio-hidrologia são inseparáveis e são as palavras-chave no desenvolvimento sustentável (Figura 7).

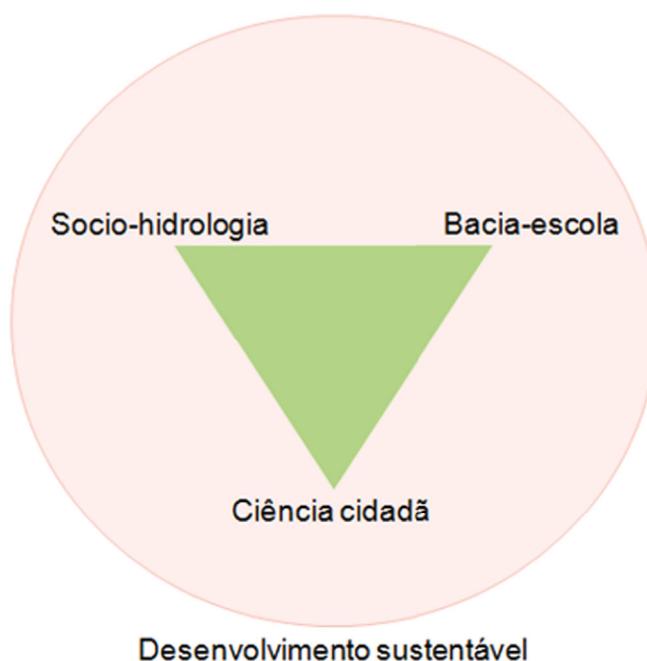


Figura 7. Interação entre socio-hidrologia, bacia-escola e ciência cidadão para o desenvolvimento sustentável.

5 Gestão integrada com base na bacia-escola

Construindo bacias-escola, realizando estudos de socio-hidrologia e difundindo a ciência cidadã nas comunidades locais, a população pode auxiliar na redução dos desastres naturais, especialmente, hidrológicos (KOBİYAMA *et al.*, 2019a).

A gestão de desastres naturais, recursos hídricos e bacias hidrográficas deve ser realizada de forma integrada, que pode ser apoiada pela socio-hidrologia, cuja base é a construção e uso da bacia-escola (KOBİYAMA *et al.*, 2018). Santos *et al.* (2011) relataram a

construção da bacia-escola do Rio Catu, localizada 70 km ao norte de Salvador-BA, a fim de criar uma conexão entre o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), usuários dos dados coletados, fabricantes de equipamentos, comunidade científica, e sociedade local. Consequentemente, essa bacia-escola possui as características para integrar diversos elementos, setores, abordagens, entre outros. Isso pode ser uma das essências de ser “escola”.

Uma escola é para todos os cidadãos e, analogicamente, uma bacia-escola, também. Isso significa que a bacia-escola precisa da participação dos cidadãos e vice-versa. Recentemente, as inundações, especialmente as inundações bruscas, têm causado sérios danos às comunidades e sua redução requer observação e monitoramento dos cidadãos (STARKEY; PARKIN, 2015; STARKEY *et al.*, 2017). Esses autores mencionaram que pequenas bacias hidrográficas, que sofrem de inundações bruscas, ainda permanecem sem monitoramento no Reino Unido e demonstraram como úteis e bem-sucedidos foram as observações de chuva o nível do rio e inundações bruscas, com base na comunidade, para a modelagem e a gestão da bacia.

Assim, a gestão integrada dos recursos hídricos e desastres naturais pode ser estabelecida com a bacia-escola como ferramenta de ciência cidadã. Segundo Silvertown (2009), ciência cidadã não é um conceito novo e tem se tornado mais comum nas ciências naturais. Embora essa ciência cidadã esteja se popularizando, ainda há um pequeno número de trabalhos no Brasil (CUNHA *et al.*, 2017).

Considerações finais

No presente capítulo foi apresentado uma revisão bibliográfica do contexto histórico dos temas sociologia, hidrologia, socio-hidrologia e bacia-escola. A importância de integrar os aspectos físicos e sociais que desencadeiam os desastres naturais a partir do uso de conceitos como socio-hidrologia foi ressaltada como crucial para melhor compreender esses processos, visando mitigar danos futuros. Ademais, foram elencados tópicos relacionados à definição, uso e potencialidades de bacia-escola, além da relação entre gestão integrada, bacia-escola e ciência cidadã. Em resumo, pode-se dizer que a bacia-escola promove a ciência cidadã em uma comunidade, o que consolida a gestão integrada de recursos hídricos e desastres naturais.

Considerando que o sucesso da gestão depende da educação para todos os cidadãos, a educação na socio-hidrologia em todos os níveis deve ser mais valorizada. A preocupação especial com a educação em (socio-)hidrologia não é recente, por exemplo, Hufschmidt (1967) já discutia a importância das ciências sociais no ensino de recursos hídricos, propondo uma ação interdisciplinar (entre sociologia, ciências naturais e engenharias) de longo prazo para tratar dos principais problemas e questões políticas desta área. Para realizar uma gestão adequada dos recursos hídricos e também dos desastres naturais, as relações, interações e interfaces entre a educação em socio-hidrologia, a bacia-escola e a ciência cidadã devem ser discutidas de forma mais ampla.

Esses aspectos tornam-se ainda mais relevantes quando se leva em consideração que, em geral, cada desastre ocorre localmente. Isso demonstra a forte regionalidade da gestão de riscos, obrigando a sociedade a ter a adotar uma abordagem local. Dessa maneira e também com base na mensagem “Salve sua vida com suas próprias forças”, a qual Sawaji (2012) relatou em relação à tragédia do Japão em 2011, fica claro que cada cidadão deve ser envolvido na gestão de risco de desastres e deve aprender e se preparar para situações de desastre. Para adquirir esse conhecimento local, o papel da bacia-escola torna-se ainda mais relevante. Ao mesmo tempo, as influências globais devem ser consideradas, visto que apesar das heterogeneidades locais, os sistemas estão interconectados e entrelaçados, com múltiplas interações.

Referências

- ALLEN, D.E. Mathematical Sociology. **International Review of Modern Sociology**, v. 11, n. 1/2, p. 81-126, 1981.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Orientações para elaboração do relatório de instalação de estações hidrométricas**. Brasília: ANA, 2011. 37 p.
- ARCAYA, M.; RAKER, E. J.; WATERS, M. C. The Social Consequences of Disasters: Individual and Community Change. **Annual Review of Sociology**, v. 46, n. 1, 2020.
- ASHMORE, P. Towards a sociogeomorphology of rivers. **Geomorphology**, v. 251, p. 149–56, 2015.
- AUBIN, D. Principles of Mechanics that are Susceptible of Application to Society: An unpublished notebook of Adolphe Quetelet at the root of his social physics. **Historia Mathematica**, v. 41, p. 204–223, 2014.
- BABONES, S. Interpretive Quantitative Methods for the Social Sciences. **Sociology**, v. 50, n. 3, p. 453–469, 2015.
- BACK, W. Hydromythology and ethnohydrology in the new world. **Water Resources Research**, v. 17, n. 2, p. 257–287, 1981.
- BAKKER, K. From State to Market?: water *mercantilización* in Spain. **Environment and Planning A**, v. 34, p. 767-790, 2002.
- BARONTINI, S.; SETTURA, M. Beyond Perrault's experiments: repeatability, didactics and complexity. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 24, p. 1907–1926, 2020.
- BARROS, R.M.; MENDIONDO, E.M.; WENDLAND, E. Cálculo de áreas inundáveis devido a enchentes para o Plano Diretor de Drenagem Urbana de São Carlos (PDDUSC) na bacia escola do Córrego do Gregório. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 2, p. 5-17, 2007.
- BELOW, R.; WIRTZ, A.; GUHA-SAPIR, D. **Disaster Category**: classification and peril terminology for operational purposes. Brussels: CRED / Munich: MunichRe Foundation, 2009. 19 p.
- BEN-ZVI-ASSARF, O.; ORION, N. A study of junior high students' perceptions of the water cycle. **Journal of Geoscience Education**, v. 53, p. 366–373, 2005.
- BISWAS, A.K. **History of hydrology**. New York: North-Holland Publishing Company, 1970. 336 p.
- BLÖSCHL, G. *et al.* Promoting interdisciplinary education – the Vienna Doctoral Programme on Water Resource Systems. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 16, p. 457–472, 2012.
- BRANFORD, V.V. On the origin and use of the word "sociology," and on the relation of sociological to other studies and to practical problems. **The American Journal of Sociology**, v. 9, n. 2, p. 145-162, 1903.
- BUDDS, J.; LINTON, J.; McDONNELL, R. The hydrosocial cycle. **Geoforum**, v. 57, p. 167-169, 2014.
- BUYTAERT, W. *et al.* Citizen science in hydrology and water resources: opportunities for knowledge generation, ecosystem service management, and sustainable development. **Frontiers in Earth Science**, v. 2, p. 1–21, 2014.
- CAMARGO, A.P.R. Sociology of statistics: possibilities of a new field of investigation. **História, Ciências, Saúde**, Manguinhos, v. 16, n. 4, p. 903-925, 2009.
- CRISTALDO, M.F. *et al.* Analysis and Distribution of the Rainfall Monitoring Network in a Brazilian Pantanal Region. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 199-205, 2017.
- CUNHA, D.G.F. *et al.* Citizen science participation in research in the environmental sciences: key factors related to projects' success and longevity. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v. 89, suppl. 3, p. 2229-2245, 2017.
- DE BRITO, M.M.; EVERS, M.; HÖLLERMANN, B. Prioritization of flood vulnerability, coping capacity and exposure indicators through the Delphi technique: A case study

- in Taquari-Antas basin, Brazil. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 24, p. 119-128, 2017.
- EDLING, R.C. Mathematics in sociology. **Annual Review of Sociology**. v. 28, p. 197–220, 2002.
- ESTEVES, R.L.; MENDIONDO, E.M. **Estratégias Metodológicas da Bacia Escola para o Gerenciamento Ambiental da Drenagem Urbana**. São Carlos: USP/EESC/DHS, 2003. 58 p. (Relatório final do PIBIC).
- FALKENMARK, M. Main problems of water use and transfer of technology. **GeoJournal**, v. 3, n. 5, p. 435–443, 1979.
- FALKENMARK, M.; FOLKE, C. The ethics of socio-ecohydrological catchment management: towards hydrosolidarity. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 6, n. 1, p. 1-9. 2002.
- FREESE, J. Replication Standards for Quantitative Social Science. **Sociological Methods & Research**, v. 36, n. 2, p. 153–172, 2007.
- GIDDENS, A.; SUTTON, P.W. Sociology. 6th ed. **Cambridge: Polity Press**, 2009. 1183 p.
- GOUDSBLOM, J.; HEILBRON, J. Sociology, History of. **International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences, 2nd edition**, v. 22, p. 989-995, 2015.
- GOPALAKRISHNAN, C. Water and disasters: a review and analysis of policy aspects. **International Journal of Water Resources Development**, v. 29, n. 2, p. 250-271. 2013.
- HAIGH, M. Headwater control: An agenda for the future. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE LAND CONSERVATION – LANDCON, 1., 2009, Tara Mountain. **Proceedings [...]**. Tara Mountain, 2009. 9 p.
- HAROU, J. *et al.* Hydroeconomic models: concepts, design, applications, and future prospects. **Journal of Hydrology**, v. 375, p. 627–643, 2009.
- HAVU-NUUTINEN, S.; KÄRKKÄINEN, S.; KEINONEN, T. Primary school pupils' perceptions of water in the context of STS study approach. **International Journal of Environmental & Science Education**, v. 6, n. 4, p. 321-339, 2011.
- HELLER, F. Sociotechnology and the Environment. **Human Relations**, v. 50, n. 5, p. 605-624, 1997.
- HORTON, R. E. The field, scope, and status of the science of hydrology. **Eos Trans. AGU**, v. 12, n. 1, p. 189-202, 1931.
- HOWDEN, N.; MATHER, J. (eds.). **History of Hydrogeology**. Leiden: CRC Press, 2012. 418 p.
- HRACHOWITZ, M. *et al.* A decade of Predictions in Ungauged Basins (PUB) — A review. **Hydrological Sciences Journal**, v. 58, p. 1198–1255, 2013.
- HUFSCHMIDT, M.M. The role of universities in water resources education: The social sciences. **Water Resources Research**, v. 3, p. 3–9, 1967.
- JIMENEZ-CISNEROS, B. Responding to the challenges of water security: the Eighth Phase of the International Hydrological Programme, 2014–2021. **IAHS Publication**, v. 366, p. 10-19, 2015.
- KEPPELER, P.M.; PEREIRA, M.E. (eds.). **Primate Life Histories and Socioecology**. Chicago: University of Chicago Press, 2003. 416 p.
- KOBIYAMA, M.; GOERL, R.F. Quantitative method to distinguish flood and flash flood as disasters. **SUISUI Hydrological Research Letters**, v. 1, p. 11-14, 2007.
- KOBIYAMA, M. *et al.* **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006. 109 p.
- KOBIYAMA, M. *et al.* Forest hydrology project (UFSC–MOBASA) for water resources management in Rio Negrinho City, Santa Catarina, Brazil. **IAHS Publication**, v. 315, p. 250-257, 2007a.
- KOBIYAMA, M. *et al.* Ensino de hidrologia para prevenção de desastres naturais como projeto de extensão universitária no estado de Santa Catarina, Brasil. *In*: SIMPÓSIO

- BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: ABRH, 2007b. CD-rom.
- KOBIYAMA, M.; MOTA, A.A.; CORSEUIL, C.W. **Recursos hídricos e saneamento**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2008. 160 p.
- KOBIYAMA, M. *et al.* Implementation of school catchments network for water resources management of the Upper Negro River region, southern Brazil. *In*: TANIGUCHI, M.; BURNETT, W.C.; FUKUSHIMA, Y.; HAIGH, M.; UMEZAWA, Y. (eds.). **From headwaters to the ocean: hydrological changes and watershed management**. London: Taylor & Francis Group, 2009a. p. 151-157.
- KOBIYAMA, M. *et al.* Aprender hidrologia para prevenção de desastres naturais. *In*: CONGRESO IBEROAMERICANO DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA, 10., 2009, Montevidéo). **Anais [...]**. Montevidéo: Universidad de La República, 2009b. 13 p.
- KOBIYAMA, M. *et al.* Hydrological disasters reduction: lessons from hydrology. *In*: SENS, M.L.; MONDARDO, R.I. (orgs.). **Science and technology for environmental studies: experiences from Brazil, Portugal and Germany**. Florianópolis: Federal University of Santa Catarina, 2010a. p. 49-72.
- KOBIYAMA, M.; MONTEIRO, L.R.; MICHEL, G.P. Aprender Hidrologia para Prevenção de Desastres Naturais. *In*: SEMINÁRIO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA DA REGIÃO SUL, 28., 2010, Florianópolis). **Anais [...]**. Florianópolis: UDESC, 2010b. 6p.
- KOBIYAMA, M.; MICHEL, G.P.; ENGSTER, E.C. Ruralização para a gestão de recursos hídricos em área urbana: aplicação de hidrologia. *In*: LADWIG, N.I.; SCHWALM, H. (orgs.). **Planejamento e gestão territorial: hidrografia e sustentabilidade**. Florianópolis: Insular, 2016. p. 13-42.
- KOBIYAMA, M.; GOERL, R.F.; MONTEIRO, L.R. Integração das ciências e das tecnologias para redução de desastres naturais: socio-hidrologia e socio-tecnologia. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. esp, p. 206-231, 2018.
- KOBIYAMA, M.; VANELLI, F. M.; MOREIRA, L. L.; MENEZES, D.; GODOY, J. V. Z. Aplicação de hidrologia na gestão de riscos e de desastres hidrológicos. *In*: CASTRO, D. (org.). **Ciclo das Águas na bacia hidrográfica do rio Tramandaí**. Porto Alegre: Sapiens, 2019a. p. 135-140.
- KOBIYAMA, M. *et al.* School catchment for hydrology education and water resources management at local community level. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 23., 2019, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu, 2019b. 10 p.
- KUNDZEWICZ, Z.W. Ecohydrology: seeking consensus on interpretation of the notion. **Hydrological Sciences Journal**, v. 47, p. 799-804, 2002.
- KURAJI, K. Proposal of the second mode hydrology. **Journal of Japan Society of Hydrology and Water Resources**, v. 16, p. 454-455, 2003. (em japonês com título inglês)
- KURAJI, K. Expectation from society for forest hydrological sciences: towards establishment of forest sociohydrology. *In*: EDITING COMMITTEE OF FOREST HYDROLOGY (ed.), **Forest hydrology: exploring the fate of water in forest ecosystem**. Tokyo: Morikita Publishing Company, 2007. p. 309-327. (em japonês com título inglês)
- LINTON, J.; BUDDS, J. The hydrosocial cycle: defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water. **Geoforum**, v. 57, p. 170-180, 2014.
- LITTLE, W. **Introduction to Sociology**. 1st Canadian Edition. Rice University, 2013. 707 p.
- MADANI, K.; SHAFIEE-JOOD, M. Socio-Hydrology: A New Understanding to Unite or a New Science to Divide? **Water**, v. 12, n. 7, 26 p. 2020.
- MAGGI, F.; PALLUD, C. The rise of hydrological science off Earth. **Journal of Hydrology**, v. 416-417, p. 12-18, 2012.
- MATHER, J.R. A history of hydroclimatology. **Physical Geography**, v. 12, n. 3, p. 260-273, 1991.
- MCCURLEY, K.L.; JAWITZ, J. W. Hyphenated hydrology: Interdisciplinary evolution of

- water resource science. **Water Resources Research**, v. 53, p. 2972–2982, 2017.
- MELATI, M.D.; MARCUZZO, F.F.N. Espacialização da recomendação de novas estações pluviométricas na sub-bacia 87 segundo os critérios de densidade da Organização Mundial de Meteorologia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSOREAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa, 2015. p. 27-34.
- MENDIONDO, E.M. **Bacia escola e sociedade na conservação da água urbana**. São Carlos: SHS/EESC/USP, 2002a. 16 p.
- MENDIONDO, E.M. **Plano de Pesquisa**: “Sistema de alerta antecipado de cheias como estratégia da bacia escola para gerenciamento ambiental integrado das águas urbanas”. São Carlos: SHS/EESC/USP, 2002b, 28 p.
- MINISTÉRIO DA INEGRAÇÃO NACIONAL. Instrução Normativa nº 2, de 20 de dezembro de 2016. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2016. p. 245.
- MINKMAN, E.; VAN DER SANDEN, M.; RUTTEN, M. Practitioners’ viewpoints on citizen science in water management: a case study in Dutch regional water resource management. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 21, p. 153–167, 2017.
- MONTANARI, A. *et al.* “PantaRhei-Everything Flows”: change in hydrology and society: the IAHS scientific decade 2013–2022. **Hydrological Sciences Journal**, v. 58, p. 1256-1275, 2013.
- MOULD, S.A.; FRYIRS, K.; HOWITT, R. Practicing sociogeomorphology: Relationships and dialog in river research and management. **Society & Natural Resources**, v. 31, p. 106-120, 2018.
- MUNICH RE. **Water and disasters**. 2018. Disponível em: <https://www.munichre.com/topics-online/en/climate-change-and-natural-disasters/natural-disasters/floods/interview-han-seung-soo.html>. Acesso em: 10 mar. 2020.
- NACE, R.L. **Water and man**: a world view. Paris: UNESCO, 1969. 46 p.
- O’CONNELL, P.E. *et al.* Catchment hydrology and sustainable management (CHASM): an integrating methodological framework for prediction. **IAHS Publication**, v. 309, p. 53-62, 2007.
- ODUM, H.T. **Environmental accounting**: emergy and environmental policy making. New York: John Wiley & Sons, 1996. 370 p.
- ODUM, H.T.; BROWN, M.T.; BRANDT-WILLIAMS, S. **Handbook of emergy evaluation Folio 1**: Introduction and global budget. Gainesville: Center for Environmental Policy, University of Florida, 2000. 16 p.
- OSAWA, M. **História da sociologia**. Tokyo: Kodansha, 2019. 638 p. (em japones).
- PANDE, S.; SIVAPALAN, M. Progress in socio-hydrology: a meta-analysis of challenges and opportunities. **WIREs Water**, v. 4, 18 p. 2017.
- PAUL, J.D. *et al.* Citizen science for hydrological risk reduction and resilience building. **WIREs Water**, v. 5, e 1262, 2018.
- PAULA, S.C. *et al.* Influence of the rain gauge network on the performance of a hydrological lumped model applied at different basin scales. **Brazilian Journal of Water Resources**, v. 23, e 45, 2018.
- PECK, E.L. Hydrometeorology. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 59, n. 5, p. 609-612, 1978.
- PERRY, R. W., QUARANTELLI, E. L. **What is a disaster?**: New answers to old questions. USA: International Research Committee on Disasters, 2005.
- QUARANTELLI, E. L. Statistical and conceptual problems in the study of disasters. **Disaster Prevention and Management**, v. 10, n. 5, p. 325-338, 2001.
- REINFRIED, S.; TEMPELMANN, S.; AESCHBACHER, U. Addressing secondary school students’ everyday ideas about freshwater springs in order to develop an instructional tool to promote conceptual reconstruction. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 16, p. 1365–1377, 2012.
- RITZER, G. **Sociological theory. 8th ed.** New York: McGraw-Hill, 2010. 827 p.

- SAWAJI, O. Education and disaster reduction. **The Japan Journal**, v. 8, n. 11, p. 6-10, 2012.
- SCHEIDEGGER, A.E. Hydrogeomorphology. **Journal of Hydrology**, v. 20, p. 193–215, 1972.
- SCOTT, J. (ed.) **Sociology: The Key Concepts**. London: Taylor & Francis, 2006. 211 p.
- SHARPLES, M. *et al.* Socio-cognitive engineering a methodology for the design of human-centred technology. **European Journal of Operational Research**, v. 136, n. 2, p. 310-323, 2002.
- SILVEIRA, G.L. Modelagem de um programa de monitoramento hidrológico com controle por produto. **Revista ABRH Notícias** v. 5, p. 14-18, 2001.
- SILVERTOWN, J. A new dawn for citizen science. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 24, p. 467–471, 2009.
- SIVAKUMAR, B. Hydropsychology: The human side of water research. **Hydrological Sciences Journal**, v. 56, n. 4, p. 719–732, 2011.
- SIVAKUMAR, B. Socio-hydrology: not a new science, but a recycled and re-worded hydrosociology. **Hydrological Processes**, v. 26, p. 3788–3790, 2012.
- SIVAPALAN, M. From engineering hydrology to Earth system science: milestones in the transformation of hydrologic science. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 22, p. 1665–1693, 2018.
- SIVAPALAN, M.; SAVENIJE, H.H.; BLÖSCHL, G. Socio-hydrology: a new science of people and water. **Hydrological Processes**, v. 26, p. 1270–1276, 2012.
- SKVORETZ, J.; FARARO, T.J. Mathematical sociology. **Sociopedia.isa**, 2011. 14 p.
- STARKEY, E.; PARKIN, G. **Community Involvement in UK Catchment Management**. Marlow: Foundation for Water Research, 2015. 63 p.
- STARKEY, E. *et al.* Demonstrating the value of community-based ('citizen science') observations for catchment modelling and characterization. **Journal of Hydrology**, v. 548, p. 801–817, 2017.
- STEPHENSON, D. Integrated flood plain management strategy for the Vaal. **Urban Water**, v. 4, n. 4, p. 423–428, 2002.
- STOLLEY, K.S. **The basics of sociology**. Westport: Greenwood Press, 2005. 302 p.
- SWYNGEDOUW, E. Globalisation or 'Glocalisation'? Networks, Territories and Rescaling. **Cambridge Review of International Affairs**, v. 17, n. 1, p. 25-48, 2004.
- SWYNGEDOUW, E. The political economy and political ecology of the hydro-social cycle. **Journal of Contemporary Water Research & Education**, Issue 142, p. 56-60, 2009.
- TAYLOR, L.A. A brief history of sociology. **International Review of Modern Sociology**, v. 11, n. 1/2, p. 1-23, 1981.
- UN. **Report of the open ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction**. New York: UN, 2016. 41 p.
- UNESCO **International Hydrological Decade, Intergovernmental Meeting of Experts, Final Report**. Paris: UNESCO, 1964. 51 p. (UNESCO/NS/188)
- VALENCIO, N. *et al.* (orgs.). **Sociologia dos desastres: construção, interfaces e perspectivas no Brasil**. São Carlos: RiMa Editora, 2009. 280 p.
- VANELLI, F. M.; KOBİYAMA, M. Situação atual da Socio-Hidrologia no mundo e no Brasil. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 23., 2019, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu, 2019.
- WAGENER, T. *et al.* Taking the pulse of hydrology education. **Hydrological Processes**, v. 21, p. 1789–1792, 2007.
- WAGENER, T. *et al.* It takes a community to raise a hydrologist: the Modular Curriculum for Hydrologic Advancement (MOCHA). **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 16, p. 3405–3418, 2012.
- WALOWSKI, K. J.; *et al.* Slab melting beneath the Cascade Arc driven by dehydration of altered oceanic peridotite. **Nature Geoscience**, v. 8, n. 5, p. 404-409, 2015.

WHITEHEAD, P.G.; ROBINSON, M. Experimental basin studies - an international and historical perspective of forest impacts. **Journal of Hydrology**, v. 145, p. 217-230, 1993.

WMO. **Guide to Hydrological Practices**. Geneva: WMO, 2008. 296 p. v. 1: Hydrology: from measurement to hydrological information. (WMO, n. 168).

WRIGHT, J.D. The Founding Fathers of Sociology: Francis Galton, Adolphe Quetelet, and Charles Booth or What Do People You Probably Never Heard of Have to Do with the Foundations of Sociology? **Journal of Applied Social Science**, v. 3, n. 2, p. 63-72, 2009.

ZALEWSKI, M. Ecohydrology: the use of ecological and hydrological processes for sustainable management of water resources. **Hydrological Sciences Journal**, v. 47, n. 5, p. 823-832, 2002.

