



INTEGRAÇÃO DAS CIÊNCIAS E DAS TECNOLOGIAS PARA REDUÇÃO DE DESASTRES NATURAIS: SÓCIO-HIDROLOGIA E SÓCIO-TECNOLOGIA

DOI: 10.19177/rgsa.v7e02018206-231

Masato Kobiyama¹
Roberto Fabris Goerl²
Leonardo Romero Monteiro³



2º Seminário
Internacional de
**PROTEÇÃO E
DEFESA CIVIL**

Resumo

Devido ao aumento da magnitude e frequência dos desastres naturais, diversos encontros técnico-científicos sobre o gerenciamento de riscos e de desastres (GRD) vêm sendo realizados no Brasil. Paralelamente a isso, associações que tratam o GRD com caráter interdisciplinar foram criadas e também algumas associações científicas já existentes criaram seu comitê que trata do GRD. Isso pode ser visto como integração e expansão das ciências no Brasil. Devido à predominância da ocorrência dos desastres hidrológicos no Brasil e também ao fato no qual as vítimas dos desastres necessitam em primeiro lugar de água, a hidrologia pode ser uma ciência extremamente útil e relevante no GRD. Então, a fim de formar uma hidrologia mais útil no GRD, a sócio hidrologia deve ser avançada. A sócio hidrologia estuda a interação entre a sociedade e os processos hidrológicos. A Década Científica *Panta Rhei* da IAHS enfatizou esta ciência na comunidade internacional dos hidrólogos. O objeto principal da hidrologia tradicional é o ciclo hidrológico enquanto que para a sócio hidrologia deve ser o ciclo hidrossocial ou ciclo sócio hidrológico. Ampliando seu sentido, a socialização e a popularização da hidrologia fazem parte do principal enfoque da sócio hidrologia. O avanço da sócio hidrologia apoia o fortalecimento da sócio tecnologia, que serve para a melhoria da qualidade da vida dos moradores locais. Assim, o conjunto da integração das ciências e tecnologias tal como a sócio hidrologia e sócio tecnologia garante o gerenciamento mais adequado de desastres naturais, de recursos hídricos e de bacias hidrográficas.

Palavras-chave: Sociohidrologia. Sociotecnologia. Ciclo sociohidrológico.

1 Dr. Bacharel em Ciências Especiais. Professor do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: masato.kobiyama@ufrgs.br

2 Dr. Geógrafo. Professor do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina. E-mail: roberto.f.goerl@ufsc.br

3 Dr. Engenheiro Sanitarista e Ambiental. Pesquisador do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: leonardoromeromonteiro@gmail.com

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. esp p. 206-231, jun. 2018.

1. INTRODUÇÃO

Os desastres podem ocorrer em quaisquer locais e em quaisquer momentos no planeta Terra. Como os desastres sempre trazem tristeza, desespero, preocupação, medo, entre outras sensações negativas, a sociedade no mundo inteiro sempre esteve atenta aos desastres na história da humanidade. Estes sentimentos negativos estão principalmente relacionados com as perdas que os desastres provocam na sociedade, sejam elas humanas ou não. Assim, pode-se dizer que a redução de desastres deve ser uma das principais metas de toda a sociedade.

Para trazer o bem estar a cada cidadão e também ao conjunto dos cidadãos (sociedade) é indispensável incentivar a redução dos desastres de todas as maneiras possíveis. Nota-se que, segundo WHO (1946), a saúde é definida como um estado de completo bem-estar físico, mental e social, não sendo apenas a ausência de doença. Kobiyama et al. (2016) comentaram que, sem saúde, cada cidadão e, conseqüentemente a sociedade, não conseguem obter a felicidade e uma boa qualidade de vida. A ação de reduzir os desastres naturais e a ação de melhorar a saúde na sociedade devem ser encaradas como dois lados da mesma moeda.

Nessa circunstância, o presente trabalho trata conceitualmente, em primeiro lugar, da relação entre os desastres naturais (grandes problemas socioambientais) e a hidrologia, introduzindo as informações sobre o IHP-VIII “Segurança hídrica” da UNESCO e a Década Científica da IAHS “*Panta Rhe!*”. Em segundo lugar, o presente trabalho apresenta o movimento institucional de diversas entidades científicas brasileiras em relação às integrações e expansões das ciências. Enfim, apresentando exemplos, explica-se mais detalhadamente a sócio-hidrologia, a sócio-tecnologia e outras ciências com inserção dos aspectos sociais.

2 RELAÇÃO ENTRE DESASTRES NATURAIS E HIDROLOGIA

2.1 Conceito de desastres

Sem exceção todos os cidadãos no mundo convivem com desastres e justamente por isso, cada um deles possui uma certa noção sobre o que é um desastre. Muitas entidades têm apresentado definições relacionadas ao conceito dos desastres, buscando, entre outros objetivos, a sua compreensão e prevenção. Em R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. esp p. 206-231, jun. 2018.

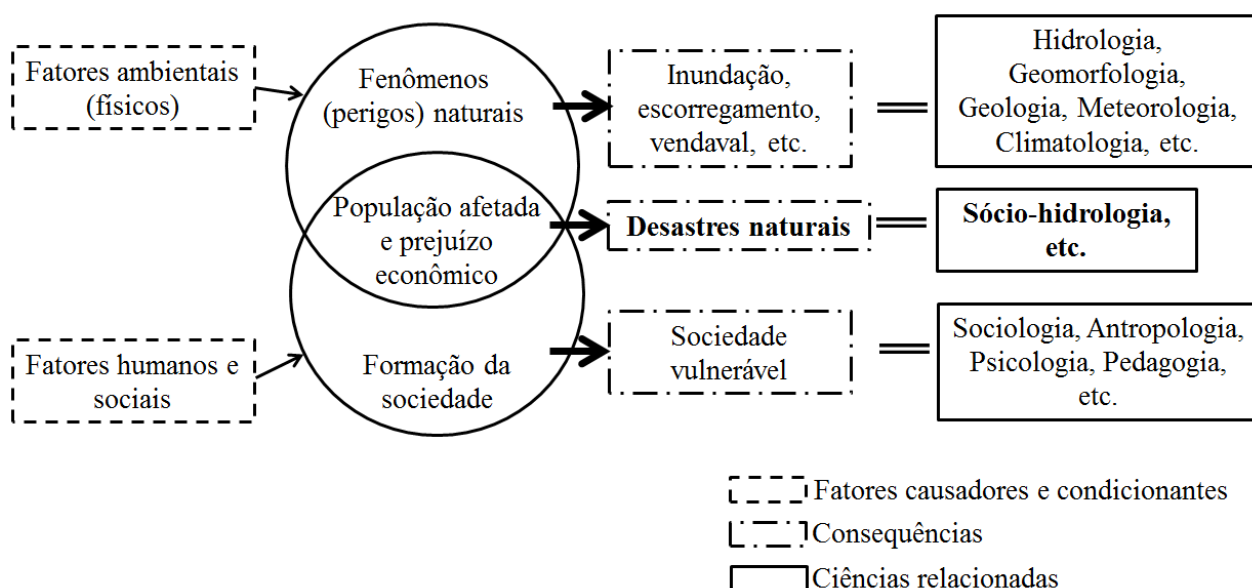
nível internacional, UNISDR (2009) definiu os desastres como um sério distúrbio na funcionalidade de uma comunidade ou sociedade, ocasionando impactos e perdas humanas, econômicas e ambientais, as quais excedem a capacidade da comunidade afetada de se recuperar com seus próprios recursos. No Brasil, para o Ministério da Integração Nacional (2012), um desastre é o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um cenário vulnerável, causando grave perturbação ao funcionamento de uma comunidade ou sociedade, envolvendo extensivas perdas e danos humanos, materiais, econômicos ou ambientais. Neste sentido, os desastres podem ser tratados como grandes problemas socioambientais, já que sempre envolvem um fator humano.

É importante salientar que inundações, escorregamentos, estiagens entre outros, são fenômenos naturais que ocorrem devido às características (vegetação, clima, topografia, solo, etc.) de determinadas regiões no planeta. Estes fenômenos podem ser considerados perigos naturais quando ocorrem em locais onde o ser humano esteja presente, possuindo a probabilidade de provocar danos humanos e materiais. Caso tais fenômenos causem danos, são tratados como desastres naturais (KOBAYAMA et al., 2012).

2.2. Ciências aplicadas no estudo dos desastres naturais

Aprópria natureza de um desastre permite dizer que eles ocorrem onde existem seres humanos. Em outras palavras, os desastres não existem onde não há sociedade (Figura 1). Por isso, os fatores ambientais (físicos) causam e condicionam a ocorrência de diversos fenômenos naturais potencialmente danosos (perigos naturais) enquanto os fatores humanos e sociais promovem e influenciam a formação das sociedades. No cruzamento de duas esferas, na Figura 1, encontra-se a ocorrência dos desastres naturais.

Figura 1 – Ocorrência de desastres e ciências relacionadas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 1, as ciências que estudam os perigos naturais tais como inundação, escorregamento, vendaval, tsunami, terremoto, entre outros são hidrologia, geomorfologia, geologia, meteorologia, climatologia, geofísica, entre outras. A sociedade vulnerável e seus componentes (seres humanos) devem ser estudados e tratados pelas ciências humanas e sociais como a sociologia, antropologia, psicologia, pedagogia, história, etc. Então, pode ser dito naturalmente que os desastres naturais, localizados no cruzamento das duas esferas da Figura 1, também precisam ser estudados pelo cruzamento das ciências que compõem a sócio-hidrologia.

Os princípios do gerenciamento de riscos e de desastres (GRD) devem ser: (i) aumentar a resistência (ou resiliência) da sociedade contra fenômenos naturais severos; (ii) melhorar a saúde e o bem estar da sociedade; e (iii) entender os processos que desencadeiam os fenômenos naturais. Estes princípios podem ser analogamente compreendidos com os princípios do gerenciamento de um time de futebol (Tabela 1). No caso do GRD, os itens (i) e (ii) podem ser realizados pelas prefeituras municipais e governos estaduais e federal enquanto o item (iii) pelas comunidades científicas tais como universidades e institutos de pesquisas. Nos estudos cujo objetivo é entender os mecanismos dos perigos naturais (fenômenos

severos), precisa-se aplicar a hidrologia, geomorfologia, geologia, meteorologia, climatologia, sismologia, entre outros (Figura 1).

Tabela 1 – Comparação análoga entre o gerenciamento de riscos e de desastres e do time de futebol.

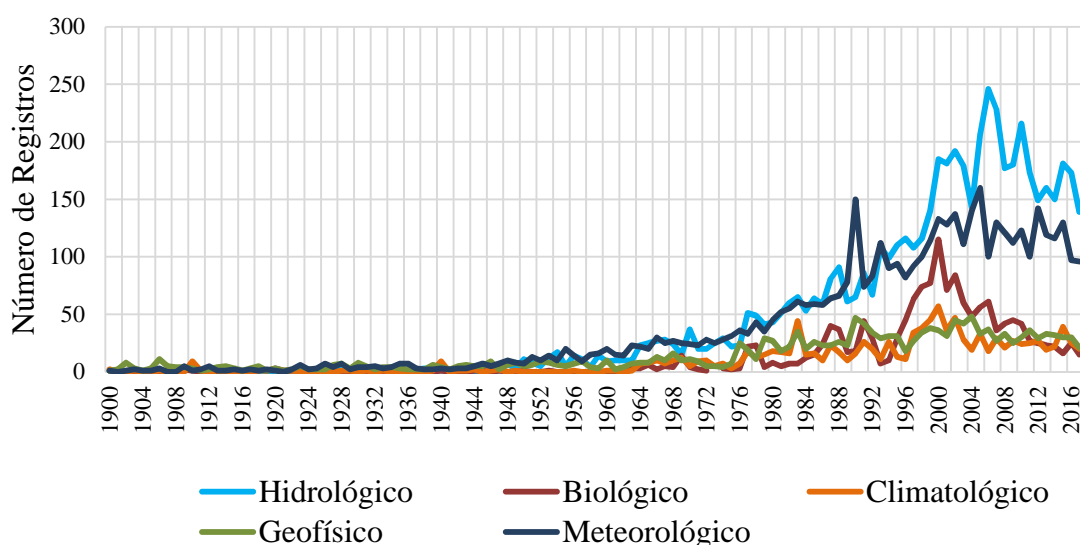
Gerenciamento de risco e de desastres	Gerenciamento do time de futebol
(i) Aumentar a resistência (ou resiliência) da sociedade contra fenômenos naturais severos.	(i) Treinar jogadores.
(ii) Melhorar a saúde e bem estar da sociedade.	(ii) Melhorar a atmosfera do time.
(iii) Entender como acontecem os fenômenos naturais.	(iii) Analisar o adversário.

Fonte: Elaborado pelos autores.

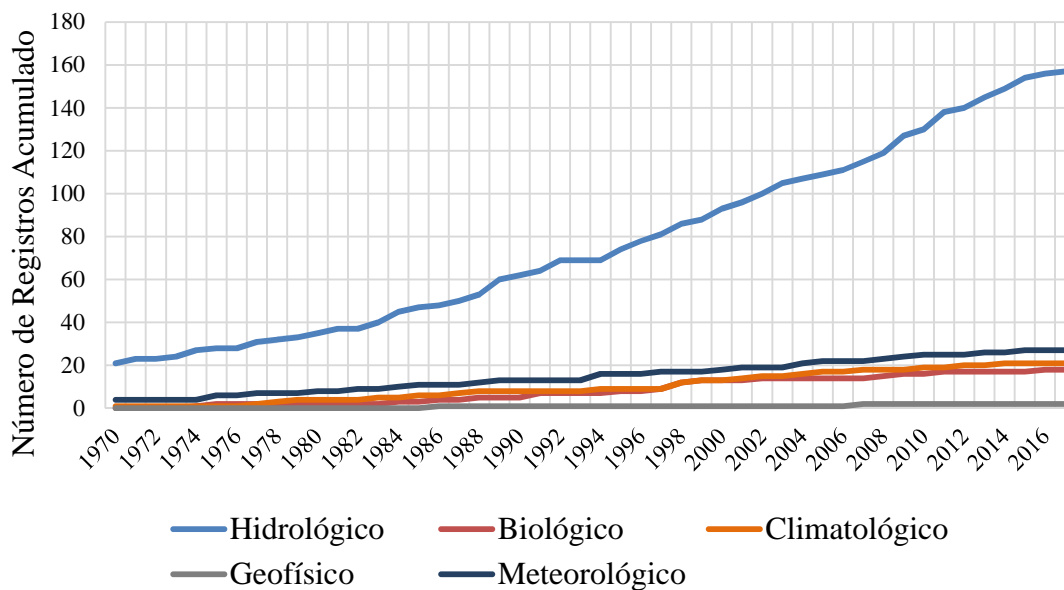
Na análise das ocorrências dos tipos dos desastres naturais disponíveis no sistema *Emergency Events Database*(EM-DAT), observa-se que os desastres hidrológicos são os mais predominantes no mundo e também no Brasil. As Figuras 2a e 2b demonstram o total anual dos desastres registrados no mundo durante o período de 1900 a 2016 e o acumulado de registros de desastres no Brasil, entre 1970 e 2016, respectivamente. Observa-se que os desastres hidrológicos são os mais predominantes, tanto no mundo quanto no Brasil, o que diretamente justifica a importância da compreensão da hidrologia na redução dos desastres.

Figura 2 - Ocorrência dos diferentes tipos dos desastres naturais: (a) Registro anual no mundo no período de 1900 – 2016; e (b) registro acumulado no Brasil no período de 1970 – 2016.

(a)



(b)



Fonte: Elaborado pelos autores.

Quando ocorre qualquer tipo de desastre natural, independente do tipo (furacão, terremoto, tsunami, inundação, escorregamento, tornados, etc.), a água potável é uma das principais necessidades básicas das pessoas afetadas. Dessa maneira, o saneamento, em situações de emergência, é um assunto extremamente relevante no GRD, e o gerenciamento de recursos hídricos deve ser feito com base no estudo adequado de hidrologia.

Em suma, o principal fator ambiental causador dos desastres naturais no Brasil é a dinâmica da água. As pessoas afetadas por desastres necessitam, prioritariamente, de água, seja potável, ou ao menos para limpar e desinfetar os locais atingidos. A dinâmica da água na superfície terrestre normalmente está controlada pelos divisores de água, ou seja, divisores de bacias hidrográficas. Esses fatos indicam que os gerenciamentos de desastres naturais, dos recursos hídricos e das bacias hidrográficas devem ser realizados concomitantemente. Em outras palavras, estes três gerenciamentos devem ser tratados como sinônimos no Brasil e a ciência que pode dar maior suporte e integrar esses três gerenciamentos é a hidrologia.

2.3. Hidrologia

A UNESCO apresentou a definição institucional da hidrologia como: “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 história inteira do ciclo da água na Terra” (UNESCO, 1964). Após isso, a UNESCO executou a Década Hidrológica Internacional (*International Hydrological Decade*) no período de 1965 a 1975 e visto a importância deste tema no interesse entre as nações, a partir de 1975, vem realizando o Programa Hidrológico Internacional (*International Hydrological Programm- IHP*) no qual hoje estamos na fase VIII (JIMENEZ-CISNEROS, 2015). Nesta fase, tendo a segurança hídrica como a meta principal, encontram-se diversos temas muito relevantes, por exemplo: Tema 1 - “Desastres relacionados à água e mudança hidrológica” e o Tema 6 - “Educação sobre a água: chave para segurança hídrica”. Com essas colocações, entende-se que a UNESCO pretende reduzir os desastres relacionados à dinâmica da água e também melhorar a educação sobre a água, visto que a educação é parte fundamental da segurança hídrica, de acordo com a fase VIII.

Por outro lado, promovendo sua década científica internacional (*Panta Rhei: Everything flows*), a Associação Internacional de Ciências Hidrológicas (*International Association of Hydrological Sciences- IAHS*), que é a principal associação científica na área da hidrologia no mundo, vem se dedicando às pesquisas sobre mudanças na hidrologia e sociedade desde 2013 até 2022 (MONTANARI et al., 2013). Os conceitos principais de *PantaRhei* são: (i) Os seres humanos são uma parte importante do sistema. É necessário estudar o bidirecional acoplamento entre seres humanos e natureza (sociohidrologia) dentro de um quadro mais abrangente. (ii) 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 na hidrologia e sociedade. (iii) Os processos hidrológicos determinam a relação entre o ambiente e os seres humanos. A mudança hidrológica é vital para a sociedade, bem como para o próprio ambiente. (iv) Tal mudança é resultado da forte imposição da variabilidade natural e também dos efeitos induzidos

pelo homem (sociedade). (v) A ciência, no futuro, deve necessariamente se basear em uma abordagem interdisciplinar.

Observa-se claramente que a Década Científica *PantaRhei* evidência a sócio-hidrologia, divulgando-a e popularizando-a. Assim, hoje, na comunidade internacional da hidrologia, enfatiza-se a integração entre a hidrologia e a sociologia, ou uma expansão da hidrologia à direção das ciências sociais, ou ainda a interdisciplinarização da hidrologia. Respeitando o bidirecionamento 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) comentou que a hidrologia está evoluindo junto com a evolução do ser humano e da sociedade.

3. INTEGRAÇÃO E EXPANSÃO DAS CIÊNCIAS NO BRASIL

3.1. Integração institucional das ciências

Um dos encontros científicos marcantes na área do GRD no Brasil foi o I Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais (I SIBRADEN). O I SIBRADEN foi organizado e realizado em 2004, pelo grupo interdisciplinar (Grupo de Estudo de Desastres Naturais – GEDN) da Universidade Federal de Santa Catarina. Devido às formações dos membros do GEDN na época do evento, o I SIBRADEN tratou primordialmente dos fenômenos naturais e seus consequentes desastres (GEDN, 2004), faltando discussões dos aspectos humanos e sociais.

Após o I SIBRADEN ocorreram diversas edições deste simpósio. Entretanto, no sentido da integração das ciências a fim de reduzir o risco e os desastres no Brasil, deve-se destacar o I Congresso Brasileiro de Redução de Riscos de Desastres – CBRRD que foi realizado em Curitiba, 2016. Neste encontro científico houve uma visível integração tanto científica quanto institucional de diversos temas relacionados aos desastres. O II CBRRD ocorreu no Rio de Janeiro, em 2017. Paralelamente, ao evento nasceram duas associações brasileiras que trabalham para a redução de risco de desastres: a Associação Brasileira de Redução de Riscos de Desastres (ABRRD) e a Associação Brasileira de Pesquisa Científica, Tecnologia e Inovação em Redução de Risco de Desastres (ABP-RRD). A fim de discutir as prioridades da pesquisa em RRD no Brasil e, em especial, no Sul do Brasil, a

segunda associação realizou o 1º Congresso Regional Sul da ABP-RRD em Florianópolis, 2018.

Essas realizações dos eventos científicos de caráter interdisciplinar e as criações de diversas associações voltadas ao GRD no Brasil demonstram uma tendência nacional da integração das ciências, das tecnologias, e até das instituições no Brasil.

3.2. Expansão institucional das ciências

O movimento científico e institucional para integração das ciências e tecnologias a fim de propiciar um adequado GRD tem estimulado os cientistas a se dedicarem a tal assunto no século XXI.

A matemática é uma ciência fundamental para toda a humanidade. Sem dúvida alguma, os matemáticos vêm contribuindo significativamente ao desenvolvimento da sociedade, participando na história da humanidade, inclusive no GRD (e.g. GORDON, 1999). A Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional – SBMAC criou, em 2016, um novo Comitê: “Matemática computacional aplicada a pesquisas relacionadas a desastres naturais”.

Incentivado com esse movimento da SBMAC, um grupo dos hidrólogos do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) propôs a criação da Comissão Técnica que trata dos desastres naturais e seu gerenciamento dentro da Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH. No fim do ano de 2017, a ABRH que tinha 8 Comissões Técnicas (Ambientes Costeiros, Engenharia de Sedimentos, Águas Urbanas, Hidrologia Subterrânea, Energia, Gestão de Recursos Hídricos, Semi-Árido, e Hidrometria) aprovou essa proposta, criando a Comissão Técnica de Desastres – CTD. Na ABRH, cada Comissão geralmente realiza o Encontro Nacional de seu assunto. Seguindo essa tradição, o CTD está organizando o I Encontro Nacional de Desastres (END). O I END-ABRH será realizado no IPH/UFRGS em julho de 2018.

Cada associação/sociedade científica no Brasil poderia criar um comitê/comissão que trata de desastres e seu gerenciamento. Isto geraria um grande avanço técnico-científico no GRD. Além disso, tal criação aumentaria o interesse e a dedicação dos cientistas na temática dos desastres naturais.

3.3. Expansão científica na direção da sociedade

Após a realização do RIO92, o mundo inteiro se direcionou para a preservação do meio ambiente e da biodiversidade. Com esse movimento internacional, surgiram diversas eco-ciências e eco-tecnologias. A eco-hidrologia, a eco-engenharia, a eco-sociologia entre outras, são exemplos típicos dessa tendência mundial.

Convencionalmente, trata-se da sociedade e do meio ambiente (ou natureza), como os dois principais componentes do sistema do nosso planeta. Justamente por isso, comumente estão sendo usados termos como “problema socioambiental”, “desenvolvimento socioambiental”, etc. Devido ao conceito principal de desastres, isto é, “Desastres não existem onde não tem sociedade”, o aspecto social tem sido cada vez mais destacado no contexto de gerenciamento de desastres naturais. As ações do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (*United Nations Development Programme – UNDP*) e da Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres (*United Nations International Strategy for Disaster Reduction – UNISDR*) para reduzir o risco e a vulnerabilidade demonstram tal tendência mundial da preocupação dos aspectos sociais.

Assim sendo, no caso do GRD, as ciências e as tecnologias tanto no mundo quanto no Brasil estão se direcionando para a construção de uma sociedade mais saudável, mais resiliente e menos vulnerável. Justamente por isso, analogamente às “eco-”, vêm surgindo diversas sócio-ciências e sócio-tecnologias.

Tais surgimentos de novas ciências e tecnologias resultaram da mudança dos pensamentos e interesses que atuais cientistas e tecnólogos possuem. Tradicionalmente há a hidrologia, a geomorfologia, a tecnologia, entre outros. Hoje, está começando a se popularizar a sócio-hidrologia (SIVAKUMAR, 2012; PANDE e SIVAPALAN, 2017; SIVAPALAN, 2018), a sócio-geomorfologia (ASHMORE, 2015; MOULD et al., 2018) e a sócio-tecnologia (HELLER, 1997; SHARPLES et al., 2002).

Introduzindo as definições de ciência, tecnologia, pesquisa e desenvolvimento, Klemeš (1988), comentou que a atividade básica para o avanço da ciência é a pesquisa, enquanto que, para o avanço da tecnologia é o desenvolvimento. O mesmo autor ainda compara a ciência e a tecnologia afirmando que o trabalho do cientista é fazer pesquisa, buscar a verdade, enquanto que o trabalho do tecnólogo é promover o desenvolvimento, fazer as verdades. R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. esp p. 206-231, jun. 2018.

estabelecidas pela ciência funcionarem para o benefício do homem. Isto fortemente afirma que a tecnologia baseada na ciência é superior àquela sem a ciência. A sócio-tecnologia deve ser, portanto, desenvolvida, a exemplo da sócio-hidrologia, sócio-geomorfologia, entre outras.

4. SÓCIO-HIDROLOGIA E SÓCIO-TECNOLOGIA

Para a melhor compreensão dos conceitos de sócio-hidrologia e sócio-tecnologia, dois exemplos são apresentados e discutidos. A ideia de gerenciamento integrado entre as diferentes esferas que envolvem os desastres também é apresentada.

4.1. Exemplo desócio-hidrologia

Na comunidade internacional da hidrologia, a publicação de Sivapalan et al. (2012), é considerado como o ponta pé inicial da popularização da sócio-hidrologia. Os mesmos autores consideraram esta ciência como uma nova ciência, definindo-a como estudo sobre o acoplamento bidirecional do sistema água-humano. Sendo papel fundamental na Década Científica *Panta Rhei* (MONTANARI et al., 2013), a sócio-hidrologia tem sido objeto relevante da comunidade da hidrologia em nível internacional. Entretanto, criticando Sivapalan et al. (2012), Sivakumar (2012), comentou que, a sócio-hidrologia não é uma nova ciência e sim apenas a renomeação da ciência hidro-sociologia que Falkenmark (1979) propôs. De fato, o comentário de Sivakumar (2012) é bem qualificado.

No ponto de vista de sociologia, Falkenmark (1979) definiu a hidro-sociologia como o estudo de interações do sistema água-humano. Definindo a sócio-hidrologia como a ciência das pessoas e da água, Sivapalan et al. (2012), enfatizaram que ela visa entender a dinâmica e coevolução do sistema água-homem. Estes autores explicaram a diferença entre a hidrologia tradicional e a sócio-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 sócio-hidrologia, os seres humanos e suas ações são considerados parte e parcela da tal dinâmica.

Existem diversos trabalhos que discutem a diferença e a semelhança entre a sócio-hidrologia e a hidro-sociologia, por exemplo, Sivakumar (2012) e Pande e R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. esp p. 206-231, jun. 2018.

Sivapalan (2017). Entretanto essa discussão se assemelha bastante com aquela 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 dados.

Aqui vale a pena lembrar um episódio com o pai da física nuclear, Ernest Rutherford. Ele se dedicou apaixonadamente à física a sua vida inteira. Além disso, ele dizia “Toda a ciência é física ou colecionamento de selos”. Para ele, a sua atividade científica era o estudo da física, acreditando que os outros cientistas também pensavam que ele era físico. Entretanto, em 1908, ele recebeu o Prêmio Nobel de Química. Ao receber este prêmio, Rutherford fez um comentário bem conhecido, isto é: “Eu tenho lidado com muitas transformações diferentes com vários períodos de tempo, mas o mais rápido que encontrei foi a minha própria transformação em um momento, de físico para químico.” (JARLSKOG, 2008). Esse episódio claramente demonstra que a definição de uma ciência não é simples, pois a natureza é somente uma e ela interliga todos os conhecimentos.

Assim, embora a discussão sobre semelhança ou diferença entre nomes como eco-hidrologia e hidro-ecologia ou sócio-hidrologia e hidro-sociologia traz uma melhor compreensão dos conceitos, a discussão em si não gera novidade científica. Então, o presente trabalho continua usando o termo sócio-hidrologia, corroborando com a sócio-engenharia, a sócio-tecnologia, etc.

Para estudar a sócio-hidrologia, Pande e Sivapalan (2017), enfatizaram a necessidade de considerar os *feedbacks* bidirecionais entre os sistemas água-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 sócio-hidrologia de outras disciplinas relacionadas, como a hidro-sociologia e a hidro-economia, que também estudam explicitamente os mesmos sistemas.

Embora existam diferentes conceitos e metas relacionados à sócio-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 R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. esp p. 206-231, jun. 2018.

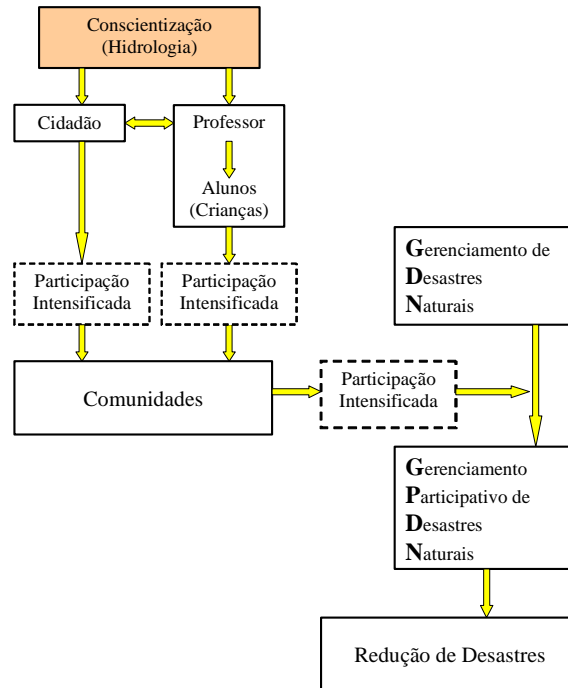
socialização da hidrologia deve receber mais atenção na comunidade científica. Para tal socialização é fundamental popularizar a hidrologia na sociedade, fazendo com que a sociedade tenha consciência de como a dinâmica da água afeta a sua rotina e desenvolvimento. Além disso, é importante obter metas sociais em cada ciência. Então, no caso da hidrologia, sua meta principal poderia ser reduzir os problemas socioambientais, ou seja, os desastres.

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 dasócio-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. 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 projetoé uma continuação do mesmo projeto realizado pelo Laboratório de Hidrologia (LabHidro) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)no período de 2006-2012(KOBIYAMA et al., 2007, 2009b, 2010b).

As atividades principais desse projeto de extensão universitária 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 comunidadeem termo de conhecimentos técnico-científicos sobre a água. A comunidade fortalecida poderá opinar a entidades públicas, conseguindo realizar o verdadeiro gerenciamento participativo de risco e de desastres (Figura 3).

Figura 3—Efeito da conscientização no gerenciamento participativo de desastres naturais.



Fonte: Kobiyama et al. (2009b)

Dentro do contexto geral do referido projeto, o GPDEN anualmente e voluntariamente vem oferecendo o curso de capacitação “Mapeamento de áreas de risco para prevenção de desastres hidrológicos com ênfase em modelagem hidrogeomorfológica”. No ano de 2017 foi realizada sua quarta edição, com 40 participantes (com 130 inscritos). O objetivo principal deste curso é fornecer aos técnicos do setor de gerenciamento de desastres naturais e aos pesquisadores interessados na temática dos desastres naturais conhecimentos necessários para o mapeamento de áreas de risco, com ênfase em desastres hidrológicos (inundação, escorregamento e fluxo de detritos). Isso faz parte da socialização da hidrologia e essa ação pode ser enquadrada dentro do conceito da sócio-hidrologia.

Comentando quais questões modernas relacionadas com recursos hídricos forçaram a adaptação de pontos de vista das ciências exatas e/ou de engenharia 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*)”. Na literatura, além da sócio-hidrologia, existem diversas hidrologias com aspectos sociais, por exemplo, hidromitologia e etno-hidrologia (BACK, 1981; GARTIN et al., 2010), hidroeconomia (HAROU et al., 2009), e hidropsicologia (SIVAKUMAR, 2011).

Acompanhando a tendência mundial na qual a hidrologia começou enfatizar a sócio-hidrologia, a comunidade da hidráulica no Brasil também poderia começar a realizar a sócio-hidráulica. Azevedo Netto et al. (1998) definiram que a hidráulica é o estudo do comportamento de água e de outros líquidos em repouso e em movimento. Para reduzir os desastres naturais relacionados à água, o conhecimento da hidráulica é de extrema importância. Cada cidadão precisa saber pela prática e/ou pela teoria a grandeza da pressão hidrostática e a velocidade do fluxo da água em canais e também nas ruas, para assim saber as decisões que devem ser tomadas em um evento drástico de inundação. Então, a socialização da hidráulica deve ser urgente no Brasil. Além disso, cientistas da hidráulica precisam saber as interações entre a água e a sociedade não somente no canal fluvial, mas também nas suas planícies adjacentes. Assim, naturalmente logo surgirá a sócio-hidráulica no Brasil.

Um exemplo marcante de sócio-hidráulica pode ser observado quando se retifica e se aprofunda um rio em grandes centros urbanos como em Porto Alegre/RS (Figura 4). A relação do sistema água-homem é extremamente importante tanto para o homem quanto para a água. Na Figura 4a, pode-se observar que o Arroio Dilúvio era utilizado para navegação e certamente para lazer e fonte de alimento. Já na Figura 4b, observa-se que o mesmo rio, após o afastamento de uma interação mais efetiva com a sociedade, transformou-se em um canal sem propósito, a não ser drenar a água, perdendo inclusive seu potencial paisagístico. Assim, tem-se que a sócio-ciência não é importante unicamente para o GRD e sim para o gerenciamento por completo de um município, estado e país.

Figura 4: Fotografias do Arroio Dilúvio em Porto Alegre/RS: (a) 1930 e (b) 2016.

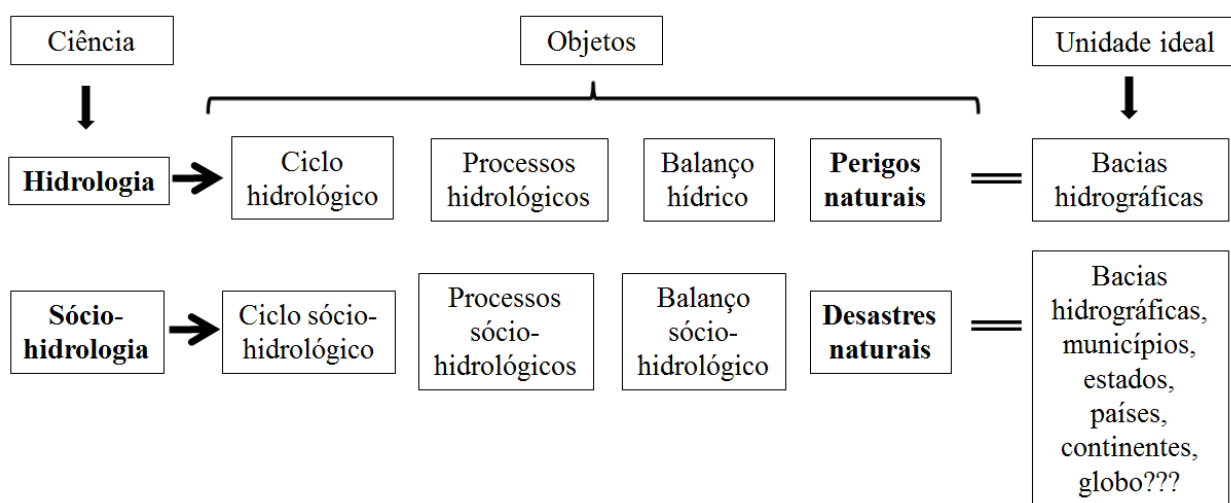


Fonte: (a) PATRI (2018); (b) GOMES (2018)

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, etc. (sociedade) bem como precipitação, evaporação e vazão no rio (ciclo hidrológico convencional). Avançando ainda mais o conceito do ciclo hidrossocial, Swyngedouw (2009), Buddset al. (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 sócio-hidrologia deve utilizar o conceito do ciclo hidrossocial no lugar 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 sócio-hidrológico”.

No caso do estudo tradicional do ciclo hidrológico pela hidrologia, a bacia hidrográfica é a unidade ideal de análise do mesmo. Em nível de bacia hidrográfica o balanço hídrico pode ser calculado. No caso do estudo do ciclo sócio-hidrológico, a transposição de bacias deve ser considerada, não se esquecendo das pequenas bacias que formam os loteamentos do município. A presença de diversas ações antrópicas exige criar outra unidade ideal no estudo do ciclo sócio-hidrológico da sócio-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 para o estudo do ciclo sócio-hidrológico da sócio-hidrologia. Além disso, o envolvimento da sociedade com as bacias hidrográficas também é necessário. Neste caso, a bacia-escola (KOBAYAMA et al., 2009a) desempenha um papel importante na sócio-hidrologia. Assim, a hidrologia tradicional e a sócio-hidrologia tratam dos diferentes objetos e consequentemente das suas unidades ideais (Figura 5).

Figura 5 – Comparação entre a hidrologia e a sócio-hidrologia.



Fonte: Elaborado pelos autores.

No planejamento de recursos hídricos, a estimativa de balanço hídrico é essencial. No caso da sócio-hidrologia, o balanço hídrico deve ser investigado também. Entretanto, caso se queira mensurar ou estabelecer parâmetros quantitativos para o balanço de massa e energia na unidade de análise sócio-hidrológica, deve-se adotar outra unidade de medida ao invés do milímetro ou m³ ou outras unidades tradicionalmente utilizadas na hidrologia. Nessa situação, a R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. esp p. 206-231, jun. 2018.

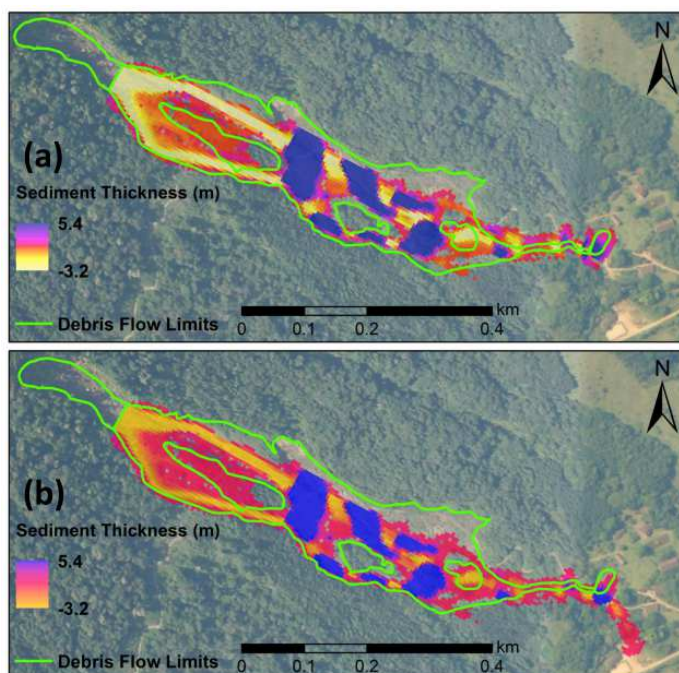
introdução do conceito de eMergia proposto por Odum (1996) pode ser uma das alternativas para calcular o balanço sócio-hidrológico já que, segundo Odum et al. (2000), a eMergia é uma medida universal da prosperidade real do trabalho da natureza e da sociedade feita em uma base comum. Visto que nem a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

4.2. Exemplo da sócio-tecnologia

Como mencionado acima, a sócio-tecnologia poderia ser melhor estabelecida, com base na sócio-hidrologia, sócio-geomorfologia, sócio-hidráulica, entre outras. Aqui, apresenta-se um exemplo da aplicação da sócio-tecnologia no GRD.

Em novembro de 2008, a chuva intensa e a sua elevada acumulação provocaram uma tragédia no Vale do Itajaí. Em específico, no município de Rio dos Cedros ocorreram muitos escorregamentos, fluxos de detritos, etc. (KOBAYAMA et al., 2010a). Em uma das ocorrências de fluxo de detritos, um reservatório artificial para criação de peixes armazenou muitos sedimentos advindos do fluxo de detritos e, conseqüentemente, evitou o alcance do fluxo até a casa dos agricultores que construíram o reservatório. Então, aplicando o modelo Kanako-2D proposto por Nakatani et al. (2008), Michel et al. (2015) demonstraram uma boa efetividade deste reservatório na redução de desastres associados ao fluxo de detritos. A Figura 6 demonstra que, caso não houvesse o reservatório, o fluxo de detritos fluiria além da sua área de deposição em direção a casa, situada à jusante do reservatório. Neste caso, o reservatório salvou a vida da família.

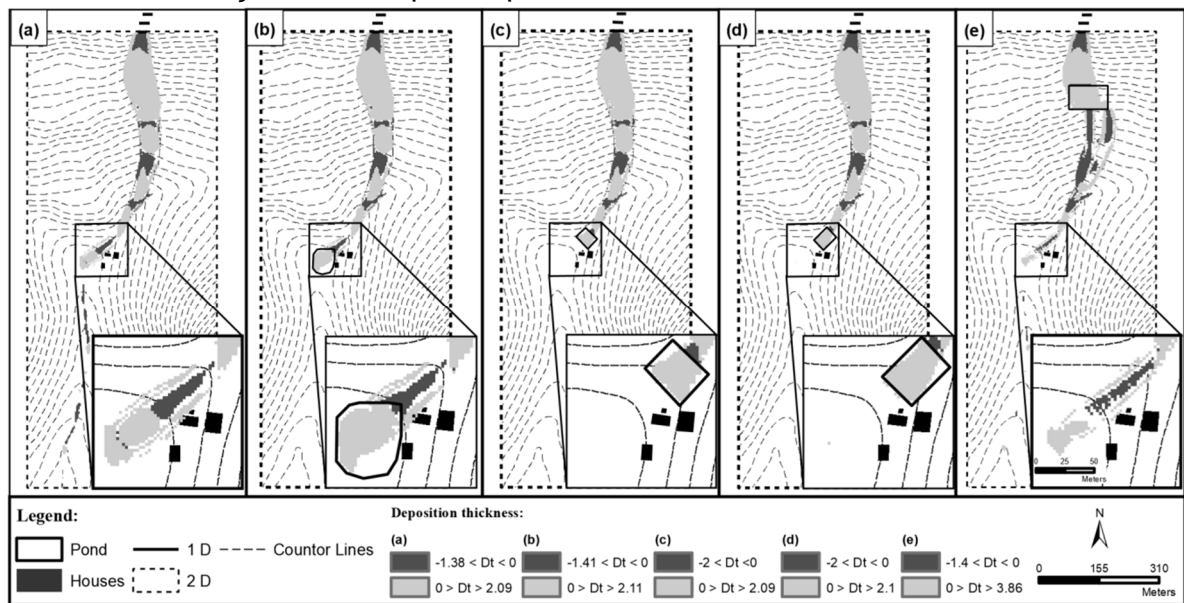
Figura 6 – Simulação dos fluxos de detritos ocorridos na bacia do rio Cunha, Rio dos Cedros/SC, com o Kanako-2D: (a) Com reservatório; e (b) Sem reservatório.



Fonte: Michel et al. (2015).

Na bacia do rio Böni (2,27 km²) localizada na divisa entre os municípios de São Vendelino e Alto Feliz/RS, em dezembro de 2000, ocorreu fluxo de detritos relacionado à chuva intensa, causando vários danos materiais e a morte de 4 pessoas. No local do percurso (transporte e deposição) desse fenômeno, os moradores locais construíram um reservatório artificial para criação de peixes após a sua ocorrência. Então, aplicando o Kanako-2D, Kobiyama et al. (2018) avaliaram a efetividade deste reservatório artificial no armazenamento dos sedimentos transportados pelo fluxo de detritos, bem como simularam o efeito da localização e do tamanho do reservatório na propagação do fluxo (Figura 7).

Figura 7– Áreas de deposição do fluxo de detritos na bacia do rio Böni com 5 diferentes condições de tanque de peixe.



Fonte: Kobiyama et al. (2018)

Esses dois trabalhos demonstram preocupação e a aplicação da tecnologia voltada aos moradores locais, considerando a realidade das áreas rurais, onde não há muito apoio técnico-financeiro contra fluxos de detritos. Segundo Huebl e Fiebiger (2005) e Takahashi (2007), no caso de medidas estruturais contra fluxo de detritos, normalmente são construídas barragens de grade, barragens tipo SABO, canais de concretos, entre outros. Essas obras necessitam de recursos financeiros elevados, que nem sempre trazem muitos benefícios aos moradores e funcionam como um seguro, que será utilizado apenas quando ocorrer o desastre. No caso das regiões rurais com condição financeira bem reduzida, precisam-se considerar alternativas tecnológicas baratas e de elevado custo-benefício para os moradores locais. Isso é papel da sócio-tecnologia. Portanto, a construção de reservatórios artificiais para diversos fins, como os tanques de peixe com o objetivo de reduzir desastres associados a fluxo de detritos pode ser considerada como um dos bons exemplos de sócio-tecnologia.

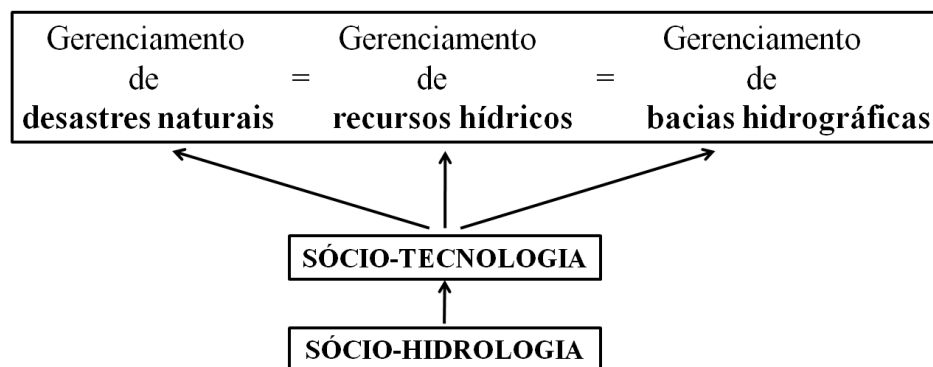
4.3. Gerenciamento integrado

No item 2.2, mencionou-se que os gerenciamentos de desastres naturais, de recursos hídricos e de bacias hidrográficas devem ser realizados de maneira

concomitante. Além disso, foi dito que a hidrologia é fundamental para tal gerenciamento integrado.

Entretanto, cada assunto relacionado ao gerenciamento, seja desastres, seja recursos hídricos, seja bacias, está sempre associado à sociedade. Portanto, com base nas discussões acima apresentadas, a aplicação da sócio-hidrologia é mais adequada do que a hidrologia clássica. Então, a sociedade precisa aplicar a sócio-hidrologia que auxilia o desenvolvimento da sócio-tecnologia. Com a aplicação simultânea da sócio-hidrologia e sócio-tecnologia, o gerenciamento integrado de ao menos três itens será executado gerando uma resposta mais efetiva para a sociedade (Figura 8).

Figura 8 – Gerenciamento integrado de desastres naturais, de recursos hídricos e bacias hidrográficas.



Fonte: Elaborados pelos autores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A expansão e a integração das ciências, pode trazer novidades, até o avanço científico. Um dos conceitos mais importantes na hidrologia é a hierarquização fluvial de Horton-Strahler. Essa técnica foi estabelecida por Strahler (1952), que modificou o método proposto por Horton (1945). Surpreendentemente, este conceito da hidrologia foi aplicado no estudo dos caminhos do ar no sistema respiratório com ênfase no pulmão, na área de medicina, por Hsiaet al. (2010). Este é um bom exemplo da expansão da ciência.

Nos gerenciamentos de desastres naturais, de recursos hídricos e de bacias hidrográficas, dois recursos devem ser considerados primordialmente: recursos

hídricos e recursos humanos. A ciência que trata simultaneamente esses dois recursos pode ser a sócio-hidrologia.

Assim, os sociólogos que se preocupavam com a escassez e o excesso de água começaram a discutir a hidro-sociologia. Um pouco mais tarde, os hidrólogos que se interessaram na interação entre a sociedade e a água começaram a estudar a sócio-hidrologia. Esses dois diferentes termos decorrem da mesma história que a eco-hidrologia e a hidro-ecologia passaram. Os hidrólogos e os sociólogos tratam de um assunto em comum, isto é, a interação entre a sociedade e a água com diferentes abordagens, sendo que os primeiros a investigam com ferramentas mais quantitativas enquanto os segundos com aquelas mais qualitativas. Para avançar ainda mais esta ciência (sócio-hidrologia e hidro-sociologia), é necessário ampliar a discussão e a verdadeira cooperação entre os dois lados, focando em esforços bidirecionais.

Com base no verdadeiro estabelecimento da sócio-hidrologia, obteve-se a sócio-tecnologia. A tecnologia que considera a melhoria da qualidade de vida dos moradores locais é desejada. Assim, a integração das ciências e das tecnologias, como o surgimento da sócio-hidrologia e sócio-tecnologia, vai certamente contribuir para o gerenciamento de risco e dos desastres naturais.

INTEGRATION OF SCIENCES AND TECHNOLOGIES FOR NATURAL DISASTER REDUCTION: SOCIO-HYDROLOGY AND SOCIO-TECHNOLOGY

ABSTRACT

Due to the increase in the magnitude and frequency of natural disasters, several technical and scientific meetings on risk and disaster management (RDM) have been carried out in Brazil. In parallel with it, interdisciplinary associations dealing with RDM have been created and also some existing scientific associations have set up their committee dealing with the RDM. This can be seen as integration and expansion of science in Brazil. Due to the predominant occurrence of hydrological disasters in Brazil as well as the fact that the disasters' victims need water at first, hydrology can be an extremely useful and relevant science in the RDM. In order to make hydrology more useful in RDM, socio-hydrology must be advanced. Socio-hydrology studies the interaction between society and hydrological processes. The IAHS *Panta Rhei* Scientific Decade has placed this science more strongly in the international community of hydrologists. The main object of the traditional hydrology is the hydrological cycle while for socio-hydrology it must be the hydrosocial cycle or socio-

hydrological cycle. Expanding its meaning, the socialization and popularization of hydrology should also be the main focus of socio-hydrology. The advancement of socio-hydrology supports the strengthening of socio-technology that serves to improve the life quality of local residents. Thus, the integration of sciences and technologies such as socio-hydrology and socio-technology ensures an integrated management of natural disasters, water resources and watersheds.

Keywords: Socio-hydrology. Socio-technology. Socio-hydrological cycle.

REFERÊNCIAS

ASHMORE, P. Towards a sociogeomorphology of rivers. **Geomorphology**, v.251, p.149–56, 2015.

AZEVEDO NETTO, J.M.; FERNANDEZ, M.; ARAUJO, R.; ITO, A.E. **Manual de hidráulica. 8 ed.** São Paulo: EditoraEdgardBlücher, 1998. 669p.

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.

BUDDS, J.; LINTON, J.; McDONNELL, R. The hydrosocial cycle. **Geoforum**, v.57, p.167-169, 2014.

FALKENMARK, M. Main problems of water use and transfer of technology. **GeoJournal**, v.3, n.5, p.435–443, 1979.

GARTIN, M.; CRONA, B.; WUTICH, A.; WEDTERHOFF, P. Urban ethnohydrology: Cultural knowledge of water quality and water management in a desert city. **Ecology and Society**, v.15, issue4, art. 36, 2010.

GEDN I SIBRADEN (**Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais: Riscos geoambientais relacionados a episódios pluviiais intensos**) – Programa. Florianópolis: GEDN, 2004. 104p.

GOMES, F. **Arroio Dilúvio acumula lixo e incomoda moradores de Porto Alegre, 2016.** Disponível em: <<http://www.poa24horas.com.br/arroio-diluvio-acumula-lixo-e-incomoda-moradores-de-porto-alegre/>>. Acesso em: 03 abr. 2018.

GORDON, W. **The mathematics of natural catastrophes.** London: Imperial College Press, 1999. 292p.

HAROU, J.; PULIDO-VELAZQUEZ, M.; ROSENBERG, D.E.; MEDELLÍN-AZUARA, J.; LUND, J.R.; HOWITT, R.E. Hydroeconomic models: concepts, design, applications, and future prospects. **Journal of Hydrology**, v.375, p.627–643, 2009.

HELLER, F. Sociotechnology and the Environment. **Human Relations**, v.50, n.5, p.605-624, 1997.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrological approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v.56, p.275-370, 1945.

HSIA, C.C.W.; HYDE, D.M.; OCHS, M.; WEIBEL, E.R. An Official Research Policy Statement of the American Thoracic Society/European Respiratory Society: Standards for Quantitative Assessment of Lung Structure. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v.181, n.4, p.394–418, 2010.

HUEBL, J.; FIEBIGER, G. Debris-flow mitigation measures. In: JACOB, M.; HUNGR, O. (org.) **Debris-flow hazards and related phenomena**. Berlin: Springer-Verlag, 2005. p. 445-487.

JARLSKOG, C. Lord Rutherford of Nelson, his 1908 Nobel Prize in Chemistry, and why he didn't get a second Prize. **Journal of Physics: Conference Series**, v.136, 2008. 012001 doi:10.1088/1742-6596/136/1/012001

JIMENEZ-CISNEROS, B. Responding to the challenges of water security: the Eighth Phase of the International Hydrological Programme, 2014–2021. **IAHS Publ.**, n.366, p.10-19, 2015.

KLEMEŠ, V. A hydrological perspective. **Journal of Hydrology**, v.100, p.3-28, 1988.

KOBIYAMA, M.; ROCHA, T.V.; GIGLIO, J.N.; MOTA, A.A. Ensino de hidrologia para prevenção de desastres naturais como projeto de extensão universitária no estado de Santa Catarina, Brasil. In XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (2007:São Paulo) São Paulo: ABRH, **Anais**, 2007. CD-rom 13p.

KOBIYAMA, M.; CHAFFE, P.L.B.; ROCHA, H.L.; CORSEUIL, C.W.; MALUTTA, S.; GIGLIO, J.N.; MOTA, A.A.; SANTOS, I.; RIBAS JUNIOR, U.; LANGA, R. 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.; MOTA, A.A.; GIGLIO, J.N.; MICHEL, G.P.; GOERL, R.F.; CORSEUIL, C.W. Aprender hidrologia para prevenção de desastres naturais. In X Congreso Iberoamericano de Extensión Universitaria (2009: Montevideu) Montevideu: Universidad de La República, **Anais**, 2009b. 13p. CD-rom.

KOBIYAMA, M.; CHAFFE, P.L.B.; GOERL, R.F.; GIGLIO, J.N.; REGINATTO, G.M.P. Hydrological disasters reduction: lessons from hydrology. In: SENS, M.L.; MONDARDO, R.I. (Org.). **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: 28º Seminário de Extensão Universitária da Região Sul. (2010: Florianópolis). Florianópolis: UDESC. **Anais**, 2010b. 6p.

KOBIYAMA, M.; MICHEL, G.P.; GOERL, R.F. Relação entre desastres naturais e floresta. **Revista Geonorte**, v.1, n.6, p.17–48, 2012.

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. (Org.) **Planejamento e gestão territorial: Hidrografia e sustentabilidade**. Florianópolis: Insular, 2016. p.13-42.

KOBIYAMA, M.; MICHEL, R.D.L.; PAIXÃO, M.A.; MICHEL, G.P. Small fish-pond design for debris flow disaster measure with Kanako-2D. In: INTERPRAEVENT 2018 (2018: Toyama) **Proceedings**, 2018. (noprelo)

KUNDZEWICZ, Z.W. Ecohydrology – seeking consensus on interpretation of the notion. **Hydrological Sciences Journal**, v.47, n.5, p.799-804, 2002.

LINTON, J.; BUDDS, J. The hydrosocial cycle: Defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water. **Geoforum**, v.57, p.170-180, 2014.

McCURLEY, K.L.; JAWITZ, J. W. Hyphenated hydrology: Interdisciplinary evolution of water resource science. **Water Resources Research**, v.53, p.2972–2982, 2017.

MICHEL, G.P.; KOBIYAMA, M.; GOERL, R.F. Effectiveness analysis of small artificial reservoir for reducing sediment delivery due to debris flow with KANAKO model. In: 6th International Conference on Debris-Flow Hazard Mitigation, (2015: Tsukuba), **Proceedings**, 2015. p.119.

MINISTÉRIO DA INEGRACÃO NACIONAL **Instrução normativa No. 01, de 24 de agosto de 2012**. Brasília: Diário Oficial da União 169 e 170, 2012.

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.

NAKATANI, K.; WADA, T.; SATOFUKA, Y.; MIZUYAMA, T. Development of “Kanako 2D (Ver.2.00),” a user-friendly one- and two-dimensional debris flow simulator equipped with a graphical user interface. **International Journal of Erosion Control Engineering**, v.1, n.2, p.62-72, 2008.

ODUM, H.T. 1996. **Environmental Accounting: Energy and Environmental Policy Making**. New York: John Wiley and Sons, 1996. 370p.

ODUM, H.T.; BROWN, M.T.; BRANDT-WILLIAMS, S. **Handbook of energy evaluation Folio 1: Introduction and global budget**. Gainesville: Center for Environmental Policy, University of Florida, 2000.16p.

PANDE, S.; SIVAPALAN, M. Progress in socio-hydrology: a meta-analysis of challenges and opportunities. **WIRES Water**, v.4, 18p. 2017. doi: 10.1002/wat2.1193

PATRI, A. **Porto Alegre, Recanto do Riacho Arroio Dilúvio próximo à Ponte de Pedra, 1940**. Disponível em: <<http://prati.com.br/fotosantigas/fotos-antigas-porto-alegre#>>. Acesso em: 03 abr. 2018.

SHARPLES, M.; JEFFERY, N.; DU BOULAY, J.B.H.; TEATHER, D.; TEATHER, B.; DU BOULAY, G.H. 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.

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.

STRAHLER, A.N. Hypsometric (Area-altitude) analysis of erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v.63, p.1117-1142, 1952.

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.

TAKAHASHI, T. **Debris flow: mechanics, prediction and countermeasures**. London: Taylor & Francis Group, 2007. 448p.

UNESCO **International Hydrological Decade, Intergovernmental Meeting of Experts, Final Report**. Paris: UNESCO, 1964. 51p. (UNESCO/NS/188)

UNISDR **UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction**. Geneva: UNISDR, 2009. 30p.

WHO – World Health Organization **Constitution of the World Health Organization. Basic Documents**. Geneva: WHO, 1946. 19p.

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.