

# REGULAÇÃO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

**TEODORICO ALVES SOBRINHO**  
ORGANIZADOR



© 2023 - Teodorico Alves Sobrinho

## TÍTULO

REGULAÇÃO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

### ORGANIZADOR

Teodorico Alves Sobrinho

### ELABORAÇÃO DOS ORIGINAIS

Coordenadores dos projetos no programa  
Comissão ANA-CAPEs de Acompanhamento do  
Programa Pró-Recursos Hídricos

### REVISÃO

Eva Mercedes Martins Gomes

### DIAGRAMAÇÃO

Ricardo Barbosa Porto

### CAPA E INFOGRÁFICOS

Raquel de Faria Godoi Silva

### EDIÇÃO, PROJETO GRÁFICO

Editora Oeste

### PUBLICAÇÃO DA



Editora  
**Oeste**

[www.editoraoeste.com.br](http://www.editoraoeste.com.br)

[contato@editoraoeste.com.br](mailto:contato@editoraoeste.com.br)

ISBN 978-854558448-3

Depósito Legal na Biblioteca Nacional

Impresso no Brasil

livro disponível em:

<https://www.editoraoeste.com.br/145-prorecursos>

### ILUSTRAÇÕES DA CAPA

©2011 CIAT/NeilPalmer. (CC BY-SA 2.0) | <https://www.flickr.com/photos/ciat/5641025611/in/album-72157631668947220/>.

Boris1968 | <https://www.freeimages.com/photo/reflecting-trees-in-pantanal-1554972>.

Fairmont Butte, California | <https://www.freeimages.com/photo/aerial-view-of-fairmont-butte-california-2063262>.

Itaipu International (CC BY 2.0) | <https://www.flickr.com/photos/hydropower/5915176674/in/set-72157627144851872>.

Alexandre Saraiva Carniato | <https://www.pexels.com/photo/person-in-red-and-white-shirt-standing-on-water-5597772/>.

Creative Vix. (CC0 1.0) | <https://www.pexels.com/photo/person-pouring-water-photography-9749/>.

Porto de Santos (SP) (CC BY-NC-SA 2.0) | <https://www.flickr.com/photos/pacgov/6006197603>.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

---

R344

Regulação e gestão de recursos hídricos no Brasil / Teodorico Alves Sobrinho (Organizador);  
Raquel de Faria Godoi Silva (Ilustradora). – Campo Grande: Oeste, 2023.

392 p., il., fotos.; 15 X 22 cm

ISBN 978-85-45584-48-3

1. Engenharia sanitária. 2. Gestão. 3. Previsões climáticas. 4. Hidrologia. I. Alves Sobrinho,  
Teodorico (Organizador). II. Silva, Raquel de Faria Godoi (Ilustradora). III. Título.

CDD 628

---

Índice para catálogo sistemático

I. Engenharia sanitária

TEODORICO ALVES SOBRINHO  
ORGANIZADOR

# REGULAÇÃO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL



Editora  
**Oeste**

Campo Grande  
2023

**Influência da floresta na dinâmica  
hidrossedimentológica de bacias  
montanhosas no sul do Brasil**

*Masato Kobiyama*

*Claudia Weber Corseuil*

*Irani dos Santos*

*Nilzo Ivo Ladwig*

Devido aos efeitos das mudanças climáticas e à exploração territorial sem o adequado planejamento, o Brasil vem sofrendo cada vez mais desastres hidrológicos. Locais mais afetados por tragédias são as bacias montanhosas, as quais são caracterizadas geralmente pela presença de floresta. O objetivo deste estudo foi construir bacias-escola e compreender a relação entre os processos hidrogeomorfológicos e sedimentológicos, características da vegetação (especificamente floresta) e desastres hidrológicos, em bacias montanhosas no Sul do Brasil, no contexto de gestão integrada de recursos hídricos e de desastres. As observações de campo confirmaram que existe forte complexidade e alta heterogeneidade das dinâmicas de água, sedimento e detritos lenhosos, que reforça a necessidade de conduzir o monitoramento em bacias-escola. Houve dificuldades de compreender tais dinâmicas, mas a metodologia computacional empregada para o mapeamento de áreas susceptíveis aos movimentos de massas (escorregamento e fluxo de detritos) e à inundação brusca avançou com a combinação de dois modelos SHALSTAB e KANAKO e com aquela de HEC-HMS e HEC-RAS, respectivamente. Como consequência da execução do Projeto, foram produzidas 15 dissertações de mestrado, 7 teses de doutorado, cerca de 100 artigos em periódicos nacionais e internacionais, entre outros.

*Palavras-chave:* região montanhosa; fluxo de detritos; bacia-escola; floresta; gestão integrada de recursos hídricos e de desastres.

Com dados globais, Kobiyama, Michel e Goerl (2012) mostraram graficamente o aumento considerável dos desastres naturais a partir da década de 1950 e dos prejuízos econômicos a partir da década de 1970, no século XX. Na atualidade, os desastres naturais estão noticiados com maior frequência pela mídia. Por isso, a preocupação da sociedade vem se tornando cada vez maior. Embora existam diversas discussões sobre terminologias relacionadas a “desastres” e a “desastres naturais”, esta pesquisa segue a explicação de Chaudhary e Piracha (2021). Então, aqui, os desastres naturais podem ser causados pelos perigos naturais (*natural hazards*), tais como, inundação, escorregamento, fluxo de detritos, estiagem, tsunami, terremoto, furacão e tornado, na interação com fatores sociais, por exemplo, assentamento e infraestrutura.

Em outras palavras, inundações, escorregamentos, fluxos de detritos, estiagens, entre outros, são fenômenos naturais que ocorrem devido às características de determinadas regiões (vegetação, clima, topografia, solo etc.). Esses fenômenos podem ser considerados perigos naturais e, quando ocorrem em locais onde o ser humano se encontra, podem causar danos, sendo então, tratados como desastres naturais.

Em 2008, o *Emergency Disaster Data Base* – EM-DAT do *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* – CRED, órgão parceiro da Organização Mundial da Saúde, reclassificou os tipos de desastres em dois grandes grupos: naturais e tecnológicos (SCHEUREN *et al.*, 2008). Os naturais foram divididos em seis subgrupos: biológicos, geofísicos, climatológicos, hidrológicos, meteorológicos e extraterrenos (meteoritos) e, esses, por sua vez, em outros doze subtipos. Essa nova classificação foi resultado de uma iniciativa entre o CRED e *Munich Reinsurance Company* – Munich Re, os quais decidiram adotar uma classificação em comum para os seus respectivos bancos de dados (BELOW; WIRTZ; GUHA-SAPIR, 2009).

A principal mudança foi a separação dos movimentos de massa em dois tipos: secos e úmidos. O primeiro está associado apenas aos eventos geofísicos (terremotos) e, o segundo, aos condicionantes hidrológicos e meteorológicos. De qualquer maneira, independentemente da origem, tais movimentos de massa consistem em escorregamentos, fluxos de detritos, entre outros. A *United Nations International Strategy for Disaster Reduction* – UNISDR (atualmente *United Nations Office for Disaster Risk Reduction* – UNDRR) também adotou a nova classificação, visto que o EM-DAT é o principal banco de dados utilizado pela UN (KOBİYAMA *et al.*, 2018).

Dentre todos os tipos de desastres naturais, os hidrológicos (inundações e movimentos de massa úmida) acarretam maiores problemas, tanto no mundo, quanto no Brasil. Como uma das metas da gestão de desastres naturais é entender os mecanismos de ocorrência de tais fenômenos (KOBİYAMA; GOERL; MONTEIRO, 2018), aumenta a importância de estudos relacionados a escorregamento e inundação, já que são os maiores causadores de prejuízos no Brasil.

Com base nas tragédias que ocorreram no Brasil nas últimas décadas, pode-se dizer que a população não está preparada, especialmente, com relação às inundações bruscas (TACHINI; KOBİYAMA; FRANK, 2009) e, sobretudo, aos escorregamentos (KOBİYAMA *et al.*, 2018). Quando os escorregamentos são de maior intensidade e grandes extensões, podem ocasionar fluxos de detritos (debris flow). Esse tipo de movimento de massa prejudica a comunidade diretamente, destruindo residências e infraestruturas (KOBİYAMA; PAUL, 2022). Segundo Kobiyama, Michel e Goerl (2019), os desastres associados ao fluxo de detritos são o maior desafio na gestão de risco e de desastre no Brasil.

Portanto, os desastres hidrológicos ou desastres relacionados à água são extremamente problemáticos no Brasil. Além disso, não obstante o tipo de desastre ocorrido, as vítimas necessitam, no primeiro momento, de água para sua sobrevivência. Isso significa que a garantia de água no momento da ocorrência de desastre e na fase pós-desastre é crucial na gestão dos desastres. Considerando esses dois fatores, fica evidente a necessidade de avançar a hidrologia.

Por sua vez, a hidrologia, ou seja, a ciência da água, vem se desenvolvendo junto com a história no processo de civilização (KOBİYAMA *et al.*, 2020b). Embora o ciclo hidrológico possa ser o objeto essencial da hidrologia,

os processos chuva-vazão têm sido o interesse principal para a maioria dos hidrólogos em suas pesquisas. Portanto, grande parte do esforço no avanço dessa ciência tem sido associado com a procura de mecanismos de geração de vazão, por exemplo, o escoamento superficial de Horton (1933), a área variável de fonte (variable source area) de Hewlett (1961), área parcial de fonte (partial source area) de Betson (1964) e o escoamento superficial de Dunne e Black (1970a, 1970b). Esses conceitos vêm influenciando fortemente, tanto os estudos de monitoramento, quanto os de modelagem hidrológica. Assim, desde o século passado, a hidrologia tem sido desenvolvida, gerando diversas descobertas científicas.

Nesse século, surgiu outro conceito científico de grande relevância para a hidrologia, a conectividade hidrológica, introduzido por Pringle (2001), o qual definiu, como, a transferência mediada por água, de matéria, de energia e de organismos, dentro ou entre elementos do ciclo hidrológico. Segundo Phillips, Spence e Pomeroy (2011), a conectividade hidrológica é crucial para entender a geração de vazão em bacias hidrográficas heterogêneas, por duas razões: (i) o divisor topográfico da bacia demonstra somente a área total da bacia, não necessariamente a área de contribuição; e (ii) a rede fluvial não é exatamente igual à rede de drenagem na qual toda a água está sendo transportada. Por essas razões, os mesmos autores estudaram a conectividade hidrológica em nível de bacia, demonstrando a sua importância na geração de vazão, nesse nível espacial.

Além do fluxo de água, a dinâmica de sedimentos vem sendo cada vez mais discutida com relação ao conceito de conectividade (MICHAELIDES; CHAPPELL, 2009). Então, naturalmente, na área de geomorfologia, a conectividade e a desconectividade, também começaram a ser debatidas intensamente (FRYIRS, 2013). Nesse caso, adota-se o termo conectividade de sedimento. Avaliando a conectividade como uma estrutura conceitual para a compreensão de transferência de sedimentos por intermédio de múltiplas escalas, Bracken *et al.* (2015) examinaram: (i) as distribuições das relações frequência-magnitude de processos de desagregação/transporte de sedimentos; (ii) as relações espaciais e temporais entre tais processos, e (iii) os mecanismos desses processos para desenvolver uma nova estrutura da conectividade de sedimentos.

Dessa forma, tendo caráter bastante interdisciplinar (TURNBULL *et al.*, 2018; VOUTSA *et al.*, 2021), a conectividade torna-se um dos temas mais discutidos na área de hidrologia, geomorfologia, hidrogeomorfologia e hidrosedimentologia no mundo (por exemplo, POEPPL; POLVI; TURNBULL, 2023). Consequentemente, acredita-se que esse conceito pode ser muito útil no estudo do mecanismo de ocorrência de desastres hidrológicos (por exemplo, KOBAYAMA; FRANCK, 2023).

Para avançar a hidrologia, a geomorfologia e a hidrogeomorfologia a fim de contribuir na gestão de desastres naturais, necessita-se implementar a bacia-escola. Segundo Kobiyama *et al.* (2020b), essa bacia é definida como uma região geográfica, com diversos instrumentos de medição que, além de útil às pesquisas científicas, pode ser um local para desenvolver atividades didáticas, servindo para o aprendizado de ciência, da educação e de qualquer tipo de formação intelectual a todos os cidadãos. A bacia-escola desperta, na comunidade, o interesse pela hidrologia e, consequentemente, amplia o conhecimento nessa área de estudo, fazendo com que aumente a participação da população na gestão dos recursos hídricos.

É importante ressaltar que as bacias-escola são de grande relevância não só para os hidrólogos, mas também para as comunidades locais. A conscientização da comunidade sobre a hidrologia pode ser intensificada com o uso de bacias-escola. Segundo Kobiyama, Goerl e Monteiro (2018), a gestão de desastres naturais necessita dos seguintes aspectos: (1) compreensão dos mecanismos dos fenômenos naturais que geram os desastres; e (2) aumento do potencial de resistência da sociedade contra esses fenômenos. O primeiro item consiste na execução da ciência, e o segundo necessita do apoio da ciência. Fica claro, portanto, que a implementação de uma rede de bacias-escola, certamente contribui na gestão de desastres naturais.

Para minimizar os prejuízos causados pelos desastres naturais, Lamontagne (2002) destacou como relevante a popularização da ciência. Como os desastres naturais no Brasil ocorrem principalmente devido à dinâmica da água, a hidrologia certamente tem um importante papel na redução deles. Além de demonstrar os mecanismos desencadeadores desses desastres, a hidrologia traz, ainda, a percepção dos fenômenos hidrológicos vivenciados diariamente, e evidencia a

importância da água e do convívio integrado com a natureza. Nesse contexto, a implementação da rede de bacias-escola deve ser uma ação urgente, no Brasil, a fim de reduzir os desastres naturais, especialmente os hidrológicos (inundação e movimento de massa úmida). Além disso, certamente essa implementação contribui significativamente na gestão de recursos hídricos.

Neste estudo, antes de implementar bacias-escola a fim de avançar a hidrologia, a geomorfologia e a hidrogeomorfologia no contexto de gestão integrada de recursos hídricos e desastres, precisou-se considerar dois itens relevantes: (i) bacias montanhosas; e (ii) efeito de floresta.

As montanhas se localizam praticamente em todas as configurações geográficas e climáticas do planeta Terra. As zonas de montanha variam significativamente de pequenas montanhas isoladas até grandes cadeias de montanhas, tais como, Andes e Alpes. Devido à grande variabilidade, a classificação de diferentes sistemas montanhosos é muito complexa, e métodos diversificados vêm sendo propostos a fim de considerar tal variabilidade (PRICE *et al.*, 2013). Evitando o problema de especificar uma altitude mínima para o relevo montanhoso, Warburton (2007) definiu geomorfologicamente as montanhas como áreas de relevo íngreme, onde sedimentação e erosão estão ativamente condicionadas por processos de encostas/canais.

Nesse sentido, este estudo adota essa definição. Vale ressaltar, ainda, que as regiões montanhosas têm, geralmente, encostas íngremes e relativamente compridas. Esses fatores fazem dos ambientes de montanha, locais sensíveis às atividades naturais e antrópicas (SKOULIKIDIS 2021). Espaços montanhosos são geomorfologicamente ativos e instáveis. Por isso, eles são, em geral, regiões de abundante produção de sedimentos e de alto potencial de erosão. Nesses ambientes, o tipo de clima, relevo, solo e vegetação, podem representar perigos potenciais para as pessoas que vivem nesses locais.

É interessante destacar que o desenvolvimento e a ocupação humana avançam cada vez mais sobre as regiões montanhosas, no Brasil. Isso faz com que opções de atividades de recreação e de ecoturismo em meio ao ambiente montanhoso sejam cada vez mais exploradas e procuradas. A deterioração da qualidade da água superficial nos grandes rios leva as comunidades locais a utilizarem outros mananciais de água superficial de pequeno porte, o que naturalmente faz

com que os órgãos públicos de abastecimento de água construam infraestruturas de captação, de tratamento e de abastecimento de água, nas regiões montanhosas. Além disso, nas áreas que apresentam crise de energia hidrelétrica, há tendência de construção de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) em regiões montanhosas. Assim, a ocupação das regiões montanhosas e a sua utilização têm sido cada vez mais intensificadas. Semelhante à ocupação urbana, a ocupação na área montanhosa não é bem planejada (KOBİYAMA *et al.*, 2018) e zonas de desordenamento e de desorganização territorial são comumente observadas no ambiente montanhoso.

O crescente uso das montanhas pelo homem tem levado ao aumento do risco devido aos perigos naturais potenciais desses ambientes e esses riscos estão aumentando, devido às recentes pressões de desenvolvimento e, consequentemente, da mudança do ambiente. Mapeamentos de perigo/risco das áreas montanhosas estão se tornando componentes cada vez mais importantes no planejamento regional e local de uso do solo. Tais mapeamentos podem ter sua qualidade satisfatória, desde que as dinâmicas de água e de sedimentos sejam bem entendidas. Embora o entendimento sobre essas dinâmicas na montanha tenha avançado consideravelmente nas últimas décadas (PRICE *et al.*, 2013), o conhecimento ainda não é satisfatório para que se faça a boa gestão do uso e ocupação do solo, inclusive na elaboração dos mapeamentos.

Vale ressaltar, então, que as regiões sul e sudeste do Brasil possuem diversas regiões montanhosas, por exemplo, Serra do mar e Serra Geral. Groisman *et al.* (2005) e Marengo *et al.* (2009) relataram aumento significativo da chuva total e de intensidade de chuva na região sul e sudeste do Brasil. Isso pode aumentar a preocupação com a ocorrência de fluxos de detritos de grande escala, que estão se tornando mais frequentes na região montanhosa (KOBİYAMA *et al.*, 2019).

Em geral, bacias montanhosas são caracterizadas pela presença da floresta, ou seja, no universo das árvores, na dinâmica da água e dos sedimentos existentes em tais bacias, recebe fortemente influência da floresta. Nesse caso, as árvores, tanto vivas em pé, quanto mortas e deitadas, exercem efeitos sobre essa dinâmica. Dentro de uma bacia, o local onde há maior efeito da floresta sobre tais dinâmicas se apresenta na zona ripária, que produz detritos lenhosos, compostos por restos de galhos, troncos, raízes e folhas, e que contribuem para

modificar os processos fluviais. Em ambiente montanhoso, esses detritos podem formar escadas e/ou piscinas (step-pool) junto ao leito, providenciando também cobertura para peixes (KOBİYAMA *et al.*, 2020a).

As pesquisas sobre detritos lenhosos começaram a ganhar destaque no meio acadêmico a partir dos anos 1970, sendo muitas delas realizadas na Universidade do Estado de Oregon, EUA (CAMPAGNOLO; KOBİYAMA; FAN, 2020). Desde então, diversos autores demonstraram interesse no tema sobre detritos lenhosos junto ao rio, visto a grande quantidade de trabalhos realizados em inúmeros países. Existem, inclusive, manuais técnicos, tais como, USBR e ERDC (2016), que esclarecem de modo amplo a atuação da madeira no ecossistema fluvial, formas de proteção e de restauração dos processos fluviais. O Brasil se caracteriza por ter uma das maiores redes fluviais do mundo, bem como extensas áreas florestais, sendo, portanto, de extrema importância que o país desenvolva trabalhos com esse tema.

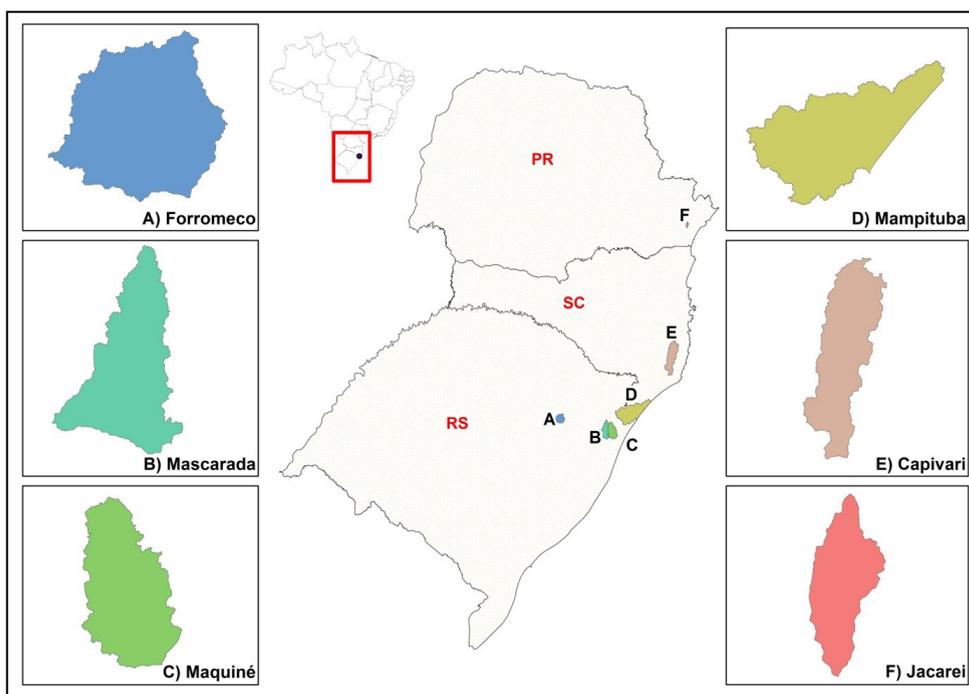
Além disso, de forma recente, no Brasil, vêm ocorrendo diversos desastres naturais relacionados a sedimentos. Vale observar que um, nesse sentido, que um evento de chuva intensa causa muitos escorregamentos e, consequentemente, gera fluxo de detritos e inundação brusca (enxurrada) nos canais fluviais e no seu entorno, ou seja, na zona ripária. No caso do Brasil, isso se chama especificamente fluxo de detritos lenhosos. Assim sendo, o estudo de detritos lenhosos é de extrema importância, tanto para a preservação ambiental, quanto na gestão de desastres naturais fluviais. Dessa maneira, a sociedade tem exigido que se faça cada vez mais a renaturalização de rios, o que torna o estudo sobre detritos lenhosos é fundamental para as técnicas de renaturalização.

Sob essas circunstâncias, a equipe do Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), estava buscando possibilidades para conduzir estudos hidrológico, geomorfológico, hidrogeomorfológico e hidrossedimentológico em bacias montanhosas, com ênfase na gestão integrada de recursos hídricos e desastres naturais. Procurando outras instituições que realizam atividades similares com bacias montanhosas, na região Sul do Brasil, o GPDEN encontrou a equipe do Laboratório de Hidrogeomorfologia (LHG), da Universidade Federal do Paraná, a do Laboratório de Geoprocessamento Aplicado à Gestão Territorial da Universidade do Extremo

Sul Catarinense (UNESC), e a do Laboratório de Água, Floresta e Energia (HidroFEN) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Embora cada equipe conduzisse individualmente suas próprias pesquisas, o grupo das equipes de quatro universidades discutiu como executar um projeto e chegou ao consenso de tentar criar um tipo de rede de bacias-escola, caracterizadas pelo ambiente montanhoso, e que o Projeto fosse voltado também para contribuir para a gestão integrada de recursos hídricos e desastres naturais.

Com base nisso, o Projeto, inicialmente, propôs estudar seis bacias hidrográficas (Figura 1 e Tabela 1), sendo elas: do arroio Forromeco/RS, rio Rolante/RS, rio Maquiné/RS, rio Mampituba/SC-RS, rio Capivari/SC e rio Jacareí/PR. Nota-se, aqui, que, justamente por causa do conteúdo da proposta do presente projeto, a equipe executora escolheu o tema – 7 “Recursos Hídricos e Florestas” dentro das áreas temáticas prioritárias do Edital nº 16/2017, Pró-Recursos Hídricos – CAPES/ANA.



**Figura 1.** Localizações das bacias hidrográficas do Projeto “Influência da floresta na dinâmica hidrossedimentológica de bacias montanhosas no sul do Brasil”.

**Tabela 1.** Características das bacias hidrográficas do Projeto “Influência da floresta na dinâmica hidrossedimentológica de bacias montanhosas no sul do Brasil”

BACIA HIDROGRÁFICA	JACAREÍ		CAPIVARI		MAMPITUBA		MASCARADA		FORROMECO		MAQUINÉ	
	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	%	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	%	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	%	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	%	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	%	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	%
Total	40,23	100	1113,89	100	1886,1	100	496,67	100	288,09	100	510,40	100
Não Classificado	-	-	-	-	-	-	0,59	0,1	3,52	1,2	0,11	0,0
Formação Florestal	27,38	68,1	586,37	52,6	546,96	29,0	313,89	63,2	183,94	63,9	383,32	75,1
Mangue	0,62	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Silvicultura	0,24	0,6	109,00	9,8	15,44	0,8	101,14	20,4	6,55	2,3	34,67	6,8
Campo Alagado	-	-	-	-	58,05	3,1	-	-	-	-	0,45	0,1
Formação Campestre	-	-	-	-	87,70	4,7	46,22	9,3	1,63	0,6	39,00	7,6
Outras formações não florestais	0,02	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pastagem	0,22	0,5	178,17	16,0	225,87	12,0	1,45	0,3	3,89	1,4	10,34	2,0
Mosaico de usos	5,05	12,6	168,26	15,1	444,52	23,6	16,64	3,4	70,07	24,3	27,33	5,4
Praia, Duna e Areial	-	-	-	-	2,32	0,1	-	-	-	-	-	-
Área Urbanizada	-	-	15,38	1,4	56,14	3,0	2,20	0,4	5,80	2,0	0,43	0,1
Outras áreas não vegetadas	0,12	0,3	1,25	0,1	5,71	0,3	0,30	0,1	1,08	0,4	0,05	0,0
Afloramento Rochoso	0,01	0,0	1,14	0,1	0,02	0,0	-	-	-	-	-	-
Aquicultura	-	-	0,05	0,0	0,14	0,0	-	-	-	-	-	-
Água	0,20	0,5	1,69	0,2	60,80	3,2	0,18	0,0	0,39	0,1	0,33	0,1
Soja	0,12	0,3	0,55	0,1	10,27	0,5	7,22	1,5	7,24	2,5	8,39	1,6
Arroz	-	-	39,36	3,5	154,37	8,2	1,49	0,3	-	-	0,58	0,1
Outras lavouras temporárias	0,41	1,0	11,71	1,1	78,76	4,2	5,35	1,1	4,00	1,4	5,40	1,1
Restinga Arborizada	5,81	14,4	0,95	0,1	139,04	7,4	-	-	-	-	-	-
Restinga Herbácea	0,04	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## OBJETIVOS

O objetivo geral foi compreender a relação entre os processos hidrológicos, geomorfológicos, hidrogeomorfológicos e sedimentológicos, características da vegetação e desastres naturais/hidrológicos, em bacias sul – brasileiras (Bacias do arroio Forromeco, do rio Rolante, do rio Maquiné, do rio Mampituba, do rio Capivari, e do rio Jacareí) a fim de estabelecer a gestão integrada de recursos hídricos e desastres naturais no ambiente montanhoso.

Para isso, estabelecemos os seguintes objetivos específicos: (i) Implementar sistemas de monitoramento meteorológico, hidrológico, sedimentológico; (ii) Estabelecer e instrumentar bacias-escola nas áreas de estudo; (iii) Elaborar banco de dados com informações meteorológicas, hidrológicas, sedimentológicas; (iv) Elaborar mapas de identificação de áreas susceptíveis a inundação brusca e movimentos de massa através de modelos computacionais; (v) Elaborar mapas de usos e ocupação do solo com ênfase de floresta; (vi) Caracterizar a influência da vegetação na ocorrência de desastres naturais; (vii) Avaliar a dinâmica da água e do sedimento; (viii) Propor gerenciamento integrado dos recursos hídricos e de desastres naturais na região montanhosa.

## IMPACTOS

O Projeto possibilitou a instalação de diversas estações meteorológicas, pluviométricas, fluviométricas e sedimentológicas em bacias hidrográficas da região sul do Brasil. Essa instalação foi associada à implementação de bacias-escola, com duas finalidades: pesquisas científicas sobre hidrologia, geomorfologia, hidrogeomorfologia e hidrossedimentologia; e conscientização de pessoas das comunidades e profissionais de diversas áreas (defesa civil, educadores, pesquisadores, gestores dos parques nacionais, gestores do Geoparque etc.) sobre gestão de recursos hídricos e desastres naturais.

Embora as instalações tenham tido bom desempenho em geral, algumas estações fluviométricas e hidrossedimentológicas foram danificadas devido à ocorrência de eventos extremos durante a execução do projeto e à natureza do rio montanhoso, ou seja, dinâmica bastante violenta da água e de sedi-

mentos em bacias montanhosas. Mesmo assim, o banco de dados de parâmetros hidrológicos é de boa qualidade, atendendo à suas finalidades acima mencionadas.

Para tratar as bacias de estudo, foi necessário utilizar as técnicas de geoprocessamento. Por exemplo, a fim de verificar as diferentes coberturas do solo em cada bacia, utilizou-se os dados de MapBioma Brasil. Como exemplo, a Figura 2 apresenta as coberturas de solo da bacia do rio Mampituba de 2020. Nesse mapa, verificou-se que as taxas das áreas de Floresta Nativa e de Floresta Plantada são 29,00% e 0,82%, respectivamente. O reconhecimento desses dados e de suas distribuições espaciais podem ser úteis nas análises hidrológica, geomorfológica e hidrogeomorfológica das bacias.

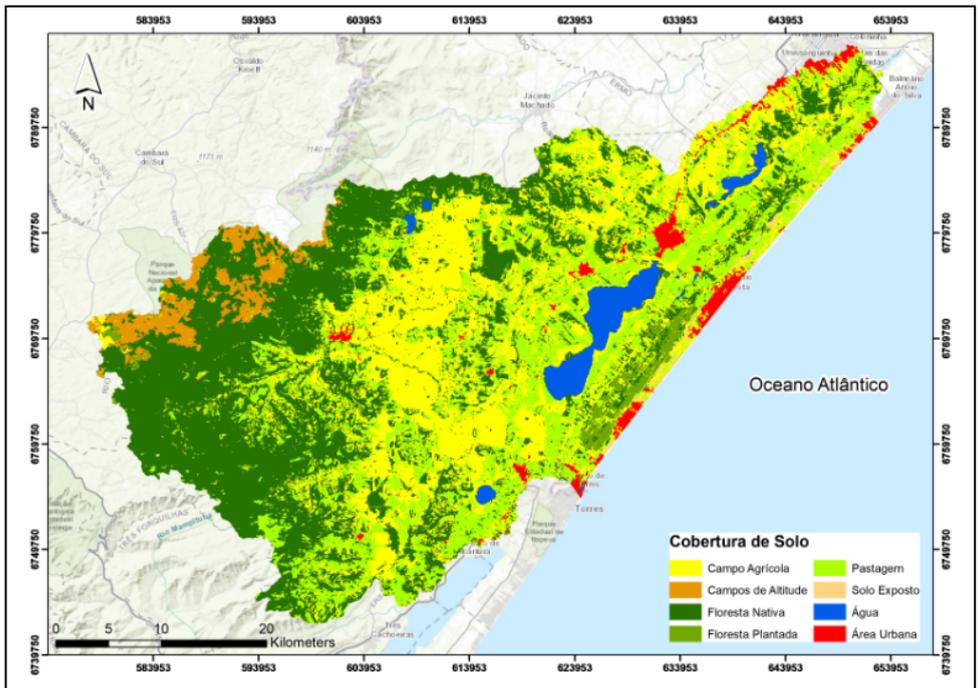
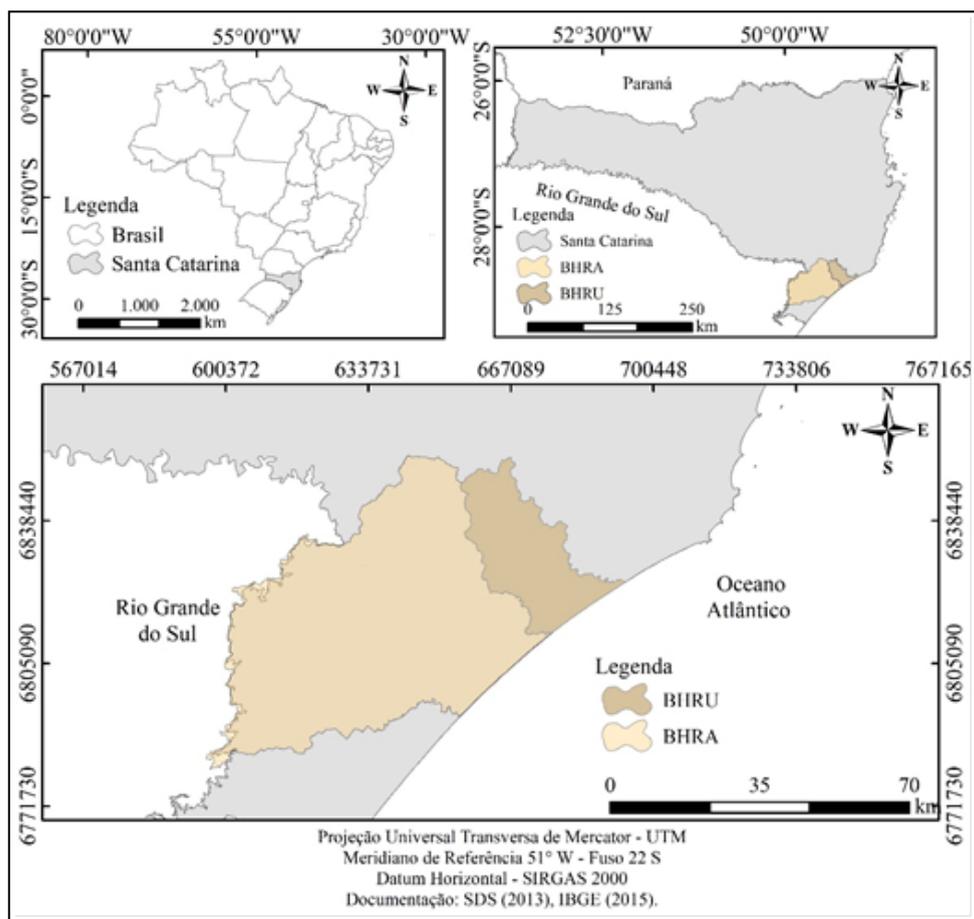


Figura 2. Cobertura de solo na bacia do rio Mampituba.

Devido ao aumento da demanda científica, o Projeto precisou adicionar mais duas bacias de estudo dentro do estado de Santa Catarina, isto é, a bacia hidrográfica do Rio Araranguá – BHRA (3071,19 km<sup>2</sup>) e a bacia hidrográfica

do Rio Urussanga – BHRU (679,75 km<sup>2</sup>), (Figura 3). As características dessas unidades podem ser observadas na Tabela 2.



**Figura 3.** Localização das bacias hidrográficas do Rio Araranguá – BHRA e do Rio Urussanga – BHRU

**Tabela 2.** Mensuração das classes de uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas estudadas no estado de Santa Catarina: bacia hidrográfica do Rio Araranguá (*BHRA*) e bacia hidrográfica do Rio Urussanga (*BHRU*).

CLASSES DE USO	BHRA EM 2019		BHRU EM 2020	
	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	ÁREA (%)	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	ÁREA (%)
Tecido urbano	120,55	3,93	59,106	8,70
Áreas agrícolas (tipo solo exposto)	897,30	29,22	184,521	27,15
Pastagens e vegetação rasteira	583,62	19,00	157,14	23,12
Vegetação arbórea/arbustiva	1221,24	39,76	252,368	37,13
Áreas de extração mineira	4,94	0,16	2,242	0,33
Massa da água	20,82	0,68	9,942	1,46
Dunas e areais	7,93	0,26	5,959	0,88
Sombra	214,79	6,99	8,479	1,25
Total	3071,20	100	679,757	100

Com base na observação em campo, a conectividade de sedimento foi avaliada satisfatoriamente, com consideração do efeito da floresta, por exemplo, Zanandrea, Michel e Kobiyama (2020) e Zanandrea *et al.* (2021).

Ao longo da pesquisa, por meio de monitoramento e de modelagem, a metodologia para mapeamento de áreas susceptíveis à inundação brusca e ao movimento de massa (escorregamento e fluxo de detrito) vem sendo consolidada em termos de abordagem computacional. No caso de inundação brusca, estudo hidrológico pode ser feito com HEC-HMS. Após isso, o HEC-RAS pode ser usado (FAGUNDES *et al.*, 2022), mas Vasconcellos *et al.* (2021) demonstraram que o modelo HAND (RENNÓ *et al.*, 2008) pode ser usado na situação sem dados hidrológicos, e no caso de leque aluvial, o modelo FAN (FEMA, 2003) pode ser muito útil. No caso de movimento de massa, uma combinação do uso de dois modelos SHALSTAB (DIETRICH; MONTGOMERY, 1998) e Kanako-2D (NAKATANI *et al.*, 2008) pode ser uma boa ferramenta para avaliar eventos dessa natureza.

Enquanto a metodologia computacional para mapear áreas susceptíveis a movimento de massa e a inundação brusca está consolidada, o conhecimento sobre a dinâmica da água e do sedimento ainda é insuficiente. Embora esses es-

tudos tenham avançado, a complexidade e a alta heterogeneidade dos fenômenos hidrogeomorfológicos da água e do sedimento necessitam, ainda, de mais estudos em campo. Em outras palavras, o presente trabalho obteve resultados interessantes, entretanto, ainda há uma grande demanda para avançar esse estudo, especialmente de monitoramento em campo.

Como a divulgação dos resultados científicos à comunidade geral seja obrigatória para cientistas, diversos cursos de capacitação foram realizados de forma remota e presencial. Aqui, destacam-se os cursos de capacitação de monitoramento e modelagem computacional para técnicos da defesa civil regional (CORSEUIL *et al.*, 2019) e para pesquisadores e gestores (FAGUNDES *et al.*, 2023). Todos os conteúdos dados nos cursos foram sustentados pelos resultados obtidos nas pesquisas com bacias-escola.

## **FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS E PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

O Projeto proporcionou significativamente a formação de recursos humanos, sendo 15 mestres e 7 doutores, publicação de mais de 100 materiais científicos e na realização de diversos cursos de capacitação e de palestras locais e nacionais. Embora as bolsas de estudo ajudassem no desenvolvimento de dissertações e teses, o Projeto também contribuiu, significativamente para a formação de mais mestres e doutores no país.

### **I. FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS**

*O símbolo \* indica que o trabalho foi conduzido com bolsa do Projeto.*

#### ***MESTRADOS***

ABATTI, B. H. (2021) Avaliação da conectividade hidrossedimentológica em uma pequena bacia do Planalto dos Campos Gerais no Rio Grande do Sul. (UFRGS)\*. <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/247035>

- AGUIAR, A.F. (2020)** Regionalização de vazões mínimas diárias e mensais para bacias hidrográficas do sul de Santa Catarina, Brasil. (UFSC).  
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/220486/PGES0026-D.pdf>
- ALVEZ JR., F. M. (2021)** Mapeamento de índice de risco de inundação devido a rompimento de barragem. (UFSC).  
<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/216742?show=full>
- AMARAL, L. (2021)** Classificação hidrológica dos solos aplicada ao estado de Santa Catarina, Brasil. (UNESC)\*.  
<http://www.bib.unesc.net/pergamum/biblioteca/index.php>
- ANGELO, A. C. S. (2022)** Precipitação extrema e modelagem hidrogeomorfológica de fluxo de detritos na Bacia do Jacareí - Serra do Mar paranaense. (UFPR).  
<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/81995?show=full>
- CENSI, G. (2019)** Regionalização do *tank model* para produção de sedimentos. (UFRGS)  
<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/197935?locale-attribute=es&show=full>
- FAGUNDES, M. R. (2021)** Previsão Hidrológica como ferramenta para auxiliar no critério de fechamento da trilha do rio do Boi (SC). (UFRGS).  
<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/250620>
- GUIRRO, M. O. (2020)** Reconstrução hidrológica e hidrodinâmica de evento de inundação, testando a hipótese de rompimento de barragem natural, na região do município de Rolante (RS).  
<https://www.ufrgs.br/gpden/wordpress/wp-content/uploads/2023/04/III-END0068-10.pdf>
- MELO, C. M. (2018)** Efeito da caracterização das unidades geotécnicas no mapeamento das áreas susceptíveis a escorregamentos com modelo SHALSTAB. (UFRGS).  
<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/181045>
- MENEZES, D. (2021)** Caracterização hidrossedimentológica de trecho do rio Forqueta, Maquiné, RS. (UFRGS)\*.  
<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/238382>
- OLIVEIRA, A. J. M. (2021)** Cobertura e uso da terra na bacia do rio Urussanga, Santa Catarina, Brasil. (UNESC)\*.
- PAUL, L. R. (2020)** Proposição de modelo para simulação de fluxos de detritos em escala de bacia. (UFRGS).  
<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/225305>
- SCHWARZ, H. (2019)** Identificação, mapeamento e caracterização de cicatrizes de escorregamentos. (UFRGS).  
<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/219434/001122803.pdf>

**SILVA, J. G. S. (2021)** Cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Araranguá, Santa Catarina, Brasil. (UNESC) \*.

<http://repositorio.unesc.net/handle/1/9103>

**SZYMANSKI, F. D. (2020)** Análise de inundações em bacias montanhosas no sul do Brasil por meio de monitoramento e modelagem. (UFSC) \*.

<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/216742?show=full>

## ***DOCTORADO***

**CAMPAGNOLO, K. (2021)** Influência dos detritos lenhosos na dinâmica fluvial de um rio de cabeceira em Floresta de Araucária. (UFRGS) \*.

<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/234454>

**LOPES, F. C. A. (2019)** Espessura do solo e forma da vertente como condições de contorno na instabilidade de encosta. (UFPR).

<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/80378>

**MOREIRA, L. L. (2022)** Verification of efficacy of flood vulnerability indices through sensitivity analysis. (UFRGS) \*.

<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/238381>

**PAIXÃO, M. A. (2021)** Hydrogeomorphological characterization of a canyon river in Southern Brazil: a specific type of mountain river. (UFRGS).

<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/231338>

**SANT ANA, W. O. (2021)** Análise multicritério e modelo SHALSTAB para mapeamento de áreas susceptíveis à escorregamentos em encostas. (UNESC).

**VANELLI, F. M. (2023)** Contribuições da socio-hidrologia na redução de riscos e desastres associados a perigos naturais. (UFRGS).

**ZANANDREA, F. (2020)** Índice de Conectividade Hidrossedimentológica para Bacias Montanhosas. (UFRGS).

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/219741/001124290.pdf?sequence=1>

## ***PÓS-DOCTORADO***

**ZANANDREA, F. (2022)** Proposição de um Índice de Conectividade Hidrossedimentológica como ferramenta para gestão de bacias hidrográficas. (UFRGS).

A produção científica do projeto resultou em grande número de materiais: 97 artigos científicos em periódicos; 29 capítulos de livros; 4 livros e 11 eventos organizados. Apenas os mais relevantes estão relacionados a seguir. Além dessas informações, salienta-se que o número total de artigos publicados em anais de eventos científicos foi 75. Também se destaca a realização do III Encontro Nacional de Desastres da ABRHidro, em Niterói/RJ, de 06 a 09/03/2023. A organização desse Encontro foi conduzida com grande participação dos membros do GPDEN, ou seja, os colaboradores do presente Projeto. Aproveitando esse evento, ZANANDREA *et al.* (2023) lançaram o livro “Desastres e água: eventos históricos no Brasil”. Assim, tanto o evento, quanto o livro impactaram de forma positiva a comunidade dos recursos hídricos e desastres.

## II. PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA MAIS RELEVANTE

### *ARTIGOS CIENTÍFICOS EM PERIÓDICOS*

ALVEZ JUNIOR, F. M.; KOBIYAMA, M. CORSEUIL, C. W. Flood risk index mapping of an area downstream of a dam in case of a break. *Mercator*, v.22, e22004, 2023.  
<http://dx.doi.org/10.4215/RM0000.0000.0000>

CAMPAGNOLO, K.; KOBIYAMA, M. Woody debris characterization in a small basin with araucaria forest. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.22, p.463-474, 2021.  
<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v22i2.1984>

CAMPAGNOLO, K.; KOBIYAMA, M.; FAN, F. M. Panorama geral sobre estudos da influência dos detritos lenhosos na dinâmica de rios do mundo e do Brasil. *Ciência e Natura*, v.42, e62, 2020.  
<https://doi.org/10.5902/2179460X39228>

CAMPAGNOLO, K.; VASCONCELLOS, S.M.; CASTIGLIO, V.S.; FAGUNDES, M.R.; KOBIYAMA, M. Aplicação do Tank Model como Ferramenta de Gestão na Bacia do Rio Perdizes – Camará do Sul/RS. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.14, n.2 p.1143-1158, 2021.  
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.2.p1143-1158>

FRANCK, A. G.; MENEZES, D.; KOBIYAMA, M. Avaliação da susceptibilidade a escorregamentos translacionais em Maquiné/RS e influência dos dados de campo na qualidade do mapeamento de perigo. *Caminhos de Geografia*, v.24, n.93, 2023.  
<https://doi.org/10.14393/RCG>

**GONZÁLEZ-ÁVILA, I.; JATO-ESPINO, D.; PAIXÃO, M. A.; CARVALHO, M. M.; KOBİYAMA, M.** Sociogeomorphological analysis in a headwater basin in southern Brazil with emphasis on land use and land cover change. *Land*, v.12, 306, 2023.

<https://doi.org/10.3390/land12020306>

**GUIRRO, M. O.; MICHEL, G. P.** Hydrological and hydrodynamic reconstruction of a flood event in a poorly monitored basin: a case study in the Rolante River, Brazil. *Natural Hazards*, v.117, p.723–743, 2023.

<https://doi.org/10.1007/s11069-023-05879-1>

**KOBİYAMA, M.; MICHEL, G. P.; GOERL, R. F.** Proposal of debris flow disasters management in Brazil based on historical and legal aspects. *International Journal of Erosion Control Engineering*, v.11, n.3, p.85-93, 2019.

<https://doi.org/10.13101/ijece.11.85>

**MELO, C. M.; KOBİYAMA, M.; MICHEL, G. P.; DE BRITO, M. M.** The relevance of geotechnical-unit characterization for landslide-susceptibility mapping with SHALSTAB. *GeoHazards*, v.2, p.383–397, 2021.

<https://doi.org/10.3390/geohazards2040021>

**MENEZES, D.; KOBİYAMA, M.** Hydrosedimentological characterization of a reach in the Forqueta River catchment, south Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v.128, 104430, 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104430>

**MENEZES, D.; KOBİYAMA, M.; MICHEL, G. P.** Análise da composição da vazão na bacia hidrográfica do rio Forqueta (Maquiné/RS), Sul do Brasil. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v.19, e11, 2022.

<https://doi.org/10.21168/reg.v19e11>

**MICHEL, G. P.; KOBİYAMA, M.; GOERL, R. F.; ZANANDREA, F.; PAUL, L. R.; SCHWARZ, H.; CARDOSO, G. L.** Efeitos da vegetação na modelagem de estabilidade de encostas na bacia hidrográfica do rio Cunha, Santa Catarina. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.22, p.824-846, 2021.

<https://doi.org/10.20502/rbg.v22i4.2008>

**MOREIRA, L. L.; BRITO, M. M.; KOBİYAMA, M.** Review article: A systematic review and prospects of flood vulnerability indices. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v.21, p.1513–1530, 2021.

<https://doi.org/10.5194/nhess-21-1513-2021>

**MOREIRA, L. L.; BRITO, M. M.; KOBİYAMA, M.** Effects of different normalization, aggregation, and classification methods on the construction of flood vulnerability indexes. *Water*, v.13, 98, 2021.

<https://doi.org/10.3390/w13010098>

**MOREIRA, L. L.; VANELLI, F. M.; SCHWAMBACK, D.; KOBİYAMA, M.; DE BRITO, M. M.** Sensitivity analysis of indicator weights for the construction of flood vulnerability indexes: A participatory approach. *Frontiers in Water*, v.5, 970469, 2023.  
<https://doi.org/10.3389/frwa.2023.970469>

**PAIXAO, M. A.; KOBİYAMA, M.** Relevant parameters for characterizing mountain rivers: a review. *Brazilian Journal of Water Resources*, v.24, p.1-13, 2019.  
<https://doi.org/10.1590/2318-0331.241920180115>

**PAIXÃO, M. A.; KOBİYAMA, M.** Flow resistance in a subtropical canyon river. *Journal of Hydrology*, v.613, Part B, 128428, 2022.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128428>

**PAIXAO, M. A.; CORSEUIL, C. W.; KOBİYAMA, M.; GONZALEZ AVILA, I.; VANELLI, F. M.; OLIVEIRA, H. U.; VASCONCELLOS, S. M.; CAMPAGNOLO, K.; FAGUNDES, M. R.** occurrence of multi-disasters in the mampituba river basin, southern brazil, during the COVID-19 Pandemic. *International Journal of Erosion Control Engineering*, v.13, n.4, p.84-92, 2021.  
<https://doi.org/10.13101/ijece.13.84>

**SANTANA, W. O.; BACK, Á. J.; MICHEL, G. P.; LADWIG, N. I.; CONTO, D.; ZAVARIZE, M. S.** Escorregamentos em encostas florestadas na bacia hidrográfica do rio Mãe Luzia, Treviso – Santa Catarina, Brasil. *Caminhos da Geografia*, v.23, p.156-169, 2022.

**SCUSSEL, C.; ZOCHE, J. J.; LADWIG, N. I.; CONTO, D.** Fragmentação florestal em área de Mata Atlântica no sul do Brasil: Uma análise baseada em métricas da paisagem. *Geografia Ensino e Pesquisa*, v.1, p.e45, 2020.

**SZYMANSKI, F. D.; KOBİYAMA, M.; GIEHL, M. R.; CORSEUIL, C. W.** Avaliação de velocidade de rios em bacias montanhosas, região sul de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.15, p.1434-1446, 2022.  
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.3.p1434-1446>

**SZYMANSKI, F. D.; VASCONCELLOS, S. M.; KOBİYAMA, M.; GIEHL, M. R.; CORSEUIL, C. W.** Análise de inundações em bacias montanhosas no sul do Brasil por meio de monitoramento e modelagem. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.15, p.1564-1582, 2022.  
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.3.p1564-1582>

**VANELLI, F. M.; KOBİYAMA, M.** How can socio-hydrology contribute to natural disaster risk reduction? *Hydrological Sciences Journal*, v. 66, 12, p. 1758-1766, 2021.  
<https://doi.org/10.1080/02626667.2021.1967356>

**VANELLI, F. M.; KOBİYAMA, M.; DE BRITO, M. M.** To which extent are socio-hydrology studies truly integrative? The case of natural hazards and disaster research. *Hydrology and Earth System Sciences*, v.26, p.2301-2317, 2022.  
<https://doi.org/10.5194/hess-26-2301-2022>

VASCONCELLOS, S. M.; KOBİYAMA, M.; DAGOSTIN, F. S.; CORSEUIL, C. W.; CASTIGLIO, V. S. Flood hazard mapping in alluvial fans with computational modeling. *Water Resources Management*, v.35, p.1463–1478, 2021.

<https://doi.org/10.1007/s11269-021-02794-7>

ZAMBRANO, F. C.; KOBİYAMA, M.; PEREIRA, M. A. F.; MICHEL, G. P.; FAN, F. M. Influence of different sources of topographic data on flood mapping: urban area São Vendelino municipality, southern Brazil. *Brazilian Journal of Water Resources*, v. 25, e40, 2020.

<https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020190108>

ZANANDREA, F.; MICHEL, G. P.; KOBİYAMA, M.; CARDOZO, G. L. Evaluation of different DTMs in sediment connectivity determination in the Mascarada River Watershed, southern Brazil. *Geomorphology*, v.332, p.80–87, 2019.

<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.02.005>

ZANANDREA, F.; MICHEL, G. P.; KOBİYAMA, M. Impedance influence on the index of sediment connectivity in a forested mountainous catchment. *Geomorphology*, v.351, 2020.

<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.106962>

ZANANDREA, F.; PAUL, L. R.; MICHEL, G. P.; KOBİYAMA, M.; ZANINI, A. S.; ABATTI, B. H. Conectividade dos sedimentos: Conceitos, princípios e aplicações. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.21, n.2, 2020.

<https://doi.org/10.20502/rbg.v21i2.1754>

ZANANDREA, F.; MICHEL, G. P.; KOBİYAMA, M.; CENSI, G.; ABATTI, B. H. Spatial-temporal assessment of water and sediment connectivity through a modified connectivity index in a subtropical mountainous catchment. *Catena*, v. 204, 105380, 2021.

<https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105380>

## **CAPÍTULOS DE LIVROS**

FAGUNDES, M. R.; KOBİYAMA, M.; FAN, F. M.; CREECH, C.; VANELLI, F. M. Hydrological forecasting with HEC-RTS: Case study of Boi River trail, southern Brazil. *In: MAGNORI JÚNIOR, L.; et al. (orgs.) Ensino de geografia e a redução do risco de desastres em espaços urbanos e rurais*. São Paulo: Centro Paula Souza, 2022. p.602-624.

[https://www.researchgate.net/publication/365038599\\_Ensino\\_de\\_Geografia\\_e\\_a\\_Reducão\\_do\\_Risco\\_de\\_Desastres\\_em\\_espacos\\_urbanos\\_e\\_rurais](https://www.researchgate.net/publication/365038599_Ensino_de_Geografia_e_a_Reducão_do_Risco_de_Desastres_em_espacos_urbanos_e_rurais)

KOBİYAMA, M.; CAMPAGNOLO, K.; MENEZES, D.; PAIXÃO, M. A. Manejo da zona ripária para redução de risco de desastres no ambiente montanhoso. *In: MAGNONI JR, L.; et al. (Orgs.) Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano*. 2. ed. São Paulo: CPS, 2020.

[https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/Reducao2020/Reducao\\_2ed-2020.pdf](https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/Reducao2020/Reducao_2ed-2020.pdf)

KOBIYAMA, M.; VANELLI, F. M.; OLIVEIRA, H. U.; VASCONCELLOS, S. M.; CAMPAGNOLO, K.; BRITO, M. M. MOREIRA, L. L. Uso da bacia-escola na redução do risco de desastres: uma abordagem socio-hidrológica. *In*: MAGNONI JR, L.; *et al.* (orgs.) Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano. 2. ed. São Paulo: CPS, 2020.

[https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/Reducao2020/Reducao\\_2ed-2020.pdf](https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/Reducao2020/Reducao_2ed-2020.pdf)

PAUL, L. R.; *et al.* Escorregamentos e inundação brusca na bacia hidrográfica do rio Rolante/RS no ano de 2017. *In*: ZANANDREA, F.; KOBIYAMA, M.; MICHEL, G. P.; FLEISCHMANN, A. S.; COLLISCHONN, W. (orgs.) *Desastres e água: eventos históricos no Brasil*. Porto Alegre: ABRHidro, 2023.

[https://www.abrh.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=5&LIVRO=257&TITULO=desastres\\_e\\_agua\\_eventos\\_historicos\\_no\\_brasil](https://www.abrh.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=5&LIVRO=257&TITULO=desastres_e_agua_eventos_historicos_no_brasil)

ZANANDREA, F.; ABATTI, B. H.; PAUL, L. R.; KOBIYAMA, M.; MICHEL, G. P. O Índice de Conectividade Hidrossedimentológica: Uma ferramenta auxiliar na gestão de risco de desastres naturais. *In*: MAGNORI JÚNIOR, L.; *et al.* (orgs.) Ensino de geografia e a redução do risco de desastres em espaços urbanos e rurais. 1. ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2022.

[https://www.researchgate.net/publication/365038599\\_Ensino\\_de\\_Geografia\\_e\\_a\\_Reducacao\\_do\\_Risco\\_de\\_Desastres\\_em\\_espacos\\_urbanos\\_e\\_rurais](https://www.researchgate.net/publication/365038599_Ensino_de_Geografia_e_a_Reducacao_do_Risco_de_Desastres_em_espacos_urbanos_e_rurais)

## **LIVROS**

LADWIG, N. I.; CAMPOS, J. B. (ORGS.) *Planejamento e gestão territorial: o papel e os instrumentos do planejamento territorial na interface entre o urbano e o rural*. Criciúma: Unesc, 2019.

SUTIL, T.; LADWIG, N. I.; SILVA, J. G. S. (ORG.) *Turismo em áreas protegidas*. 1. ed. Criciúma: EdiUnesc, 2021. 252p.

<http://repositorio.unesc.net/handle/1/9041>

ZANANDREA, F.; KOBIYAMA, M.; MICHEL, G.P.; FLEISCHMANN, A.S.; COLLISCHONN, W. (ORGS.) *Desastres e água: eventos históricos no Brasil*. Porto Alegre: ABRHidro, 2023. 398p.

[https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=5&LIVRO=257&TITULO=desastres\\_e\\_agua\\_eventos\\_historicos\\_no\\_brasil](https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=5&LIVRO=257&TITULO=desastres_e_agua_eventos_historicos_no_brasil)

## **EVENTOS ORGANIZADOS**

CORSEUIL, C. W.; *et al.* *Curso de capacitação “Redução de Desastres Hidrológicos (inundações, deslizamentos e fluxo de detritos): monitoramento e modelagem” para Defesa Civil de Santa Catarina, em Araranguá/SC, em 27 a 29/03/2019.*

CORSEUIL, C. W.; *et al.* Curso de Capacitação em Redução de Risco e Desastres Naturais para o extremo Sul de Santa Catarina, em Jacinto Machado/SC, em 17 a 19/08/2022.

LADWIG, N. I.; SALVIO, G. M. M.; FERRETTI, O. E.; SUTIL, T. *XIII Seminário de Pesquisa em Planejamento e Gestão Territorial*. 2022. (on-line).  
<https://www.even3.com.br/sppgt2022>

MICHEL, G. P.; *et al.* *VI Curso de extensão da UFRGS Modelagem Hidrogeomorfológica para mapeamento de risco*, em Porto Alegre/RS.

ZANANDREA, F.; *et al.* *III Encontro Nacional de Desastres da ABRHidro*, em Niterói/RJ, em 06 a 09/03/2023.

Como explicado no item INTRODUÇÃO, o Projeto tratou de diversas bacias hidrográficas montanhosas na região Sul do Brasil. Tratando os três estados do Sul do Brasil, a porção leste, onde o bioma Mata Atlântica é predominante, foi estudada mais especificamente. Em nível nacional, essa área de estudo pertence à bacia hidrográfica Atlântico Sul. Portanto, especialmente os gestores que trabalham com a Atlântico Sul poderão aproveitar os resultados obtidos pelo Projeto, apresentados nas Tabelas 3 e 4.

O Projeto desenvolvido teve como objetivo compreender a relação entre os processos hidrológicos, geomorfológicos, hidrogeomorfológicos e sedimentológicos, características da vegetação e desastres hidrológicos, em bacias de região montanhosa no sul do Brasil. Dessa forma, considerando que estudos em bacias montanhosas com base em monitoramento são escassos na região sul do Brasil e, que essas bacias apresentam respostas hidrológicas rápidas, o projeto desenvolvido contribui para aumentar o banco de dados hidrosedimentológico, auxiliando na implantação de instrumentos de gestão de recursos hídricos, bem como para a melhoria do funcionamento do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos.

## PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Por meio da instalação de diversas estações de monitoramento hidrológico e por meio da realização de cursos de capacitações para diversas comunidades,

foi possível implementar bacias-escola e utilizá-las para promover a educação ambiental. A condução do Projeto evidenciou que bacias-escola são ferramentas úteis para avançar as Geociências, como a hidrologia, geomorfologia e hidrogeomorfologia, e para capacitar e conscientizar gestores e cidadãos comuns.

Realizando levantamento de dados, monitoramento em campo (instalação de estações hidrometeorológicas) e a modelagem computacional, reconheceu-se que as dinâmicas da água e de sedimento (incluindo detritos lenhosos) são tão complexas e heterogêneas, que ainda existe uma grande necessidade de realizar mais estudos para compreender os processos envolvidos.

Acredita-se que a presença da floresta ou de árvores é positiva para a sociedade, ou seja, a função da floresta é sempre favorável na gestão de recursos hídricos e de desastres. Entretanto, resultados obtidos neste estudo confirmam que tal função, ora pode ser positiva, ora negativa, dependendo de cada situação ou do local onde elas se encontram. Isso mostra que há necessidade ainda maior de conduzir estudos sobre as relações entre floresta, água e sedimentos em nível de bacias hidrográficas por meio de monitoramento.

Mesmo que ainda haja necessidade de realizar muitos trabalhos de monitoramento em campo, a metodologia computacional de mapeamento de áreas susceptíveis ao movimento de massa e à inundação brusca vem se consolidando. No primeiro caso, o uso da combinação de SHALSTAB e Kanako pode gerar mapas de zoneamento de perigo, enquanto o segundo pode ser gerado com a combinação de HEC-HMS e HEC-RAS (ou HAND ou FAN).

## **PERSPECTIVAS**

Entre os desastres relacionados à água e aos sedimentos que aconteceram nos anos de 2022 e 2023, aqueles que ocorreram no município de Petrópolis/RJ, em fevereiro de 2022, na Região Metropolitana de Recife, em maio e junho de 2022 e, no litoral norte paulista, em fevereiro de 2023, podem ser considerados os maiores, em termos de perdas de vidas humanas, registrando 234, 130 e 65 óbitos, respectivamente. Essas regiões são caracterizadas por Mata Atlântica e ambiente montanhoso (ou encostas declivosas). Essas três ocorrências estão

diretamente associadas a anormalidades pluviométricas. Em uma região muito pequena do município de Petrópolis, a intensidade da chuva atingiu 230 mm em apenas três horas. Na Região Metropolitana do Recife, o evento de chuva persistiu por 22 dias, de 22 de maio a 12 de junho de 2022, totalizando 926,4 mm. Já no município de Bertioga/SP, a quantidade de chuva, em 24 horas, alcançou 682 mm, estabelecendo um recorde nacional.

Os eventos extremos hidrológicos estão cada vez mais frequentes no Brasil. Além disso, há tendência de que essa anormalidade pluviométrica se torne ainda mais comum nas bacias montanhosas. Assim, a gestão integrada de recursos hídricos e de desastres é urgentemente requisitada pela sociedade brasileira. Para isso, é indispensável avançar ainda mais a hidrologia, a geomorfologia e a hidrogeomorfologia, a fim de compreender a dinâmica violenta e rápida da água e dos sedimentos, inclusive de detritos lenhosos.

Espera-se, portanto, que o presente estudo popularize a construção e o uso das bacias-escola, a fim de contribuir para o avanço científico e para a conscientização dos cidadãos. Por fim, recomenda-se que o tamanho das bacias-escola seja na faixa de 1 a 100 km<sup>2</sup>, pois bacias menores caracterizam melhor o ambiente montanhoso, e são mais eficientes para envolver comunidades locais.

## REFERÊNCIAS

- BELOW, R.; WIRTZ, A.; GUHA-SAPIR, D. **Disaster Category - Classification and peril Terminology for Operational Purposes**. Brussels: CRED / Munich: MunichRe Foundation, 19p., 2009.
- BETSON, R. P. What is watershed runoff? **Journal of Geophysical Research**, v.69, p.1541-1552, 1964.
- BRACKEN, L.; TURBBULL, L.; WAINWRIGHT, J.; BOGAART, P. Sediment connectivity: a framework for understanding sediment transport at multiple scales. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.40, p.177–188, 2015.
- CAMPAGNOLO, K.; KOBIYAMA, M.; FAN, F. M. Panorama geral sobre estudos da influência dos detritos lenhosos na dinâmica de rios do mundo e do Brasil. **Ciência e Natura**, v.42, e62, 2020.

CHAUDHARY, M. T.; PIRACHA, A. Natural Disasters – Origins, Impacts, Management. Encyclopedia, v.1, p.1101–1131, 2021.

CORSEUIL, C.W.; DAGOSTIN, F. S.; VASCONCELLOS, S. M.; *et al.* Importância do curso de capacitação sobre redução de desastres hidrológicos (inundação, deslizamento e fluxo de detritos): monitoramento e modelagem. In: Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (2019, Foz do Iguaçu), 2019. 10p.

DIETRICH, W. E.; MONTGOMERY, D. R. **SHALSTAB: A digital terrain model for mapping shallow landslide potential.** NCASI (National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement), Technical Report, 1998. 29p.

DUNNE, T.; BLACK, R. D. An experimental investigation of runoff production in permeable soils. **Water Resources Research**, v.6, p.478-490, 1970a.

DUNNE, T.; BLACK, R. D. Partial area contributions to storm runoff in a small New England watershed. **Water Resources Research**, v.6, p.1296-1311, 1970b.

FAGUNDES, M. R.; KOBIYAMA, M.; FAN, F. M.; *et al.* Hydrological forecasting with HEC-RTS: Case study of Boi River trail, southern Brazil. In: MAGNORI JÚNIOR, L.; *et al.* (orgs.) **Ensino de geografia e a redução do risco de desastres em espaços urbanos e rurais.** São Paulo: Centro Paula Souza, 2022. p.602-624.

FAGUNDES, M. R.; ABATTI, B. H.; PAUL, L. R.; *et al.* Capacitação de servidores públicos para mapeamento de área de risco com modelagem computacional: ação do GPDEN/IPH. In: **Anais do III END – Encontro Nacional de Desastres da ABRHidro (2023, Niterói)**, 2023. 4p.

FEMA Guidelines and specifications for flood Hazard mapping partners. In: **Vol. 1 Flood Studies and Mapping.**, 1–26, 2003. Disponível em: [http://www.fema.gov/fhm/dl\\_cgs.shtm](http://www.fema.gov/fhm/dl_cgs.shtm). Acessado em: abril 2019.

FRYIRS, K. (Dis) Connectivity in catchment sediment cascades: a fresh look at the sediment delivery problem. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.38, p.30–46, 2013.

GROISSMAN, P.; KNIGHT, P.; EASTERLING, D.; *et al.* Trends in intense precipitation in the climate record. **Journal of Climate**, v.18, p.1326-50, 2005.

HEWLETT, J. D. Watershed management. In: **Annual Report 1961**, USDA Forest Service Report, Asheville: Southern Forest Experiment Station, p.61-66, 1961.

HORTON, R. E. The role of infiltration in the hydrologic cycle. **Transactions American Geophysical Union**, v.14, p.446-460, 1933.

KOBIYAMA, M.; FANCK, A. G. Proposal of Hazard Connectivity Index for debris flow disaster management. In: Proceedings of 8th Debris Flow Hazard Mitigation Conference (2023, Torino), 2023. 3p.

- KOBIYAMA, M.; PAUL, L. R. Fluxos de detritos: Casos mundiais e brasileiros. *In: CABRAL, V. C.; REIS, F. A. G. V.; GRAMANI, M. F.; et al. (orgs.) Corridas de detritos no Brasil*. Belo Horizonte: Federação Brasileira de Geólogos – FEBRAGEO, 2022. p.35-44.
- KOBIYAMA, M.; GOERL, R. F.; MONTEIRO, L. R. Integração das ciências e das tecnologias para redução de desastres naturais: Sócio-hidrologia e sócio-tecnologia. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.7, n. esp., p. 206-231, 2018.
- KOBIYAMA, M.; MICHEL, G. P.; GOERL, R. F. Relação entre desastres naturais e floresta. **Revista GeoNorte**, v.1, p.17-48, 2012.
- KOBIYAMA, M.; MICHEL, G. P.; GOERL, R. F. Proposal of debris flow disasters management in Brazil based on historical and legal aspects. **International Journal of Erosion Control Engineering**, v.11, n.3, p.85-93, 2019.
- KOBIYAMA, M.; GOERL, R. F.; FAN, F. M.; et al. Abordagem integrada para gerenciamento de desastres em região montanhosa com ênfase no fluxo de detritos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.7, n. esp., p.31-65, 2018.
- KOBIYAMA, M.; CAMPAGNOLO, K.; MENEZES, D.; PAIXÃO, M. A. Manejo da zona ripária para redução de risco de desastres no ambiente montanhoso. *In: MAGNONI JR, L.; et al. (orgs.) Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano*. 2. ed. São Paulo: CPS, 2020a. p.764-794.
- KOBIYAMA, M.; VANELLI, F. M.; OLIVEIRA, H. U.; et al. Uso da bacia-escola na redução do risco de desastres: uma abordagem socio-hidrológica. *In: MAGNONI JR, L.; et al. (orgs.) Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano*. 2. ed. São Paulo: CPS, 2020b. p.560-583.
- LAMONTAGNE, M. An overview of some significant eastern Canadian earthquakes and their impacts on the geological environment, buildings and the public. **Natural Hazards**, v.26, p.55–67, 2002.
- MARENGO, J. A.; JONES, R.; ALVES, L. M.; VALVERDE, M. C. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. **International Journal of Climatology**, v.29, p.2241-2255, 2009.
- MICHAELIDES, K.; CHAPPELL, A. Connectivity as a concept for characterising hydrological behavior. **Hydrological Processes**, v.23, p.517–522, 2009.
- 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, p.62-72, 2008.
- PHILLIPS, R. W.; SPENCE, C.; POMEROY, J. W. Connectivity and runoff dynamics in heterogeneous basins. **Hydrological Processes**, v.25, p.3061–3075, 2011.

POEPPL, R. E.; POLVI, L. E.; TURNBULL, L. (Dis)connectivity in hydro-geomorphic systems – emerging concepts and their applications. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.48, p.1089-1094, 2023.

PRICE, M. F.; BYERS, A. C.; FRIEND, D. A.; KOHLER, T. (eds.) **Mountain Geography: Physical and Human Dimensions**. Berkeley: University of California Press, 2013. 400p.

PRINGLE, C. M. Hydrologic connectivity and the management of biological reserves: a global perspective. **Ecological Applications**, v.11, p.981–998, 2001.

RENNÓ, C. D.; NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; *et al.* HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM; mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, v.112, p.3469–3481, 2008.

SCHEUREN, J. M.; WAROUX, O. P.; BELOW, R.; GUHA-SAPIR, D. **Annual Disaster Statistical Review: The Numbers and Trends 2007**. Brussels: CRED / Munich: MunichRe Foundation, 2008. 47p.

SKOULIKIDIS, N. TH. Mountainous areas and river systems. *In*: DIMITRIOU, E; PAPADAKI, C. (Eds.) **Environmental Water Requirements in Mountainous Areas**. Amsterdam: Elsevier, 2021. p.1-50.

TACHINI, M.; KOBIYAMA, M.; FRANK, B. Descrição do desastre: as enxurradas. *In*: FRANK, B.; SEVEGNANI, L. (orgs.) **Desastre de 2008 no Vale do Itajaí. Água, gente e política**. Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí, p.92-101, 2009.

TURNBULL, L.; *et al.* Connectivity and complex systems: learning from a multi-disciplinary perspective. **Applied Network Science**, v.3, p.1-49, 2018.

USBR and ERDC - U.S. Bureau of Reclamation; U.S. Army Engineer Research and Development Center. **National Large Wood Manual: Assessment, Planning, Design, and Maintenance of Large Wood in Fluvial Ecosystems: Restoring Process, Function, and Structure**. Boice: USBR, 2016. 628p.

VASCONCELLOS, S. M.; KOBIYAMA, M.; DAGOSTIN, F. S.; *et al.* Flood Hazard Mapping in Alluvial Fans with Computational Modeling. **Water Resources Management**, v.35, p.1463–1478, 2021.

VOUTSA, V.; *et al.* Two classes of functional connectivity in dynamical processes in networks. **Interface**, v.18, 20210486, 2021.

WARBURTON, J. Mountain Environments. *In*: PERRY, C.; TAYLOR, K. (eds.) **Environmental Sedimentology**. Oxford: Blackwell, 2007. p.32-74.

ZANANDREA, F.; MICHEL, G. P.; KOBIYAMA, M. Impedance influence on the index of sediment connectivity in a forested mountainous catchment. **Geomorphology**, v.351, Article 106962, 2020.

ZANANDREA, F.; MICHEL, G. P.; KOBAYAMA, M.; *et al.* Spatial-temporal assessment of water and sediment connectivity through a modified connectivity index in a subtropical mountainous catchment. **Catena**, v.204, 105380, 2021.

ZANANDREA, F.; KOBAYAMA, M.; MICHEL, G. P.; *et al.* (orgs.) **Desastres e água: eventos históricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRHidro, 2023. 398p.