

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E
SANEAMENTO AMBIENTAL

FRANCIELE MARIA VANELLI

**CONTRIBUIÇÕES DA SOCIO-HIDROLOGIA NA REDUÇÃO DE
RISCOS E DESASTRES ASSOCIADOS A PERIGOS NATURAIS**

PORTO ALEGRE

2023

FRANCIELE MARIA VANELLI

**CONTRIBUIÇÕES DA SOCIO-HIDROLOGIA NA REDUÇÃO DE RISCOS E
DESASTRES ASSOCIADOS A PERIGOS NATURAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Masato Kobiyama

Coorientadora: Dr^a. Mariana Madruga de Brito
(*Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ*)

PORTO ALEGRE

2023

CIP - Catalogação na Publicação

Vanelli, Franciele Maria
Contribuições da socio-hidrologia na redução de
riscos e desastres associados a perigos naturais /
Franciele Maria Vanelli. -- 2023.
145 f.
Orientador: Masato Kobiyama.

Coorientadora: Mariana Madruga de Brito.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas,
Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e
Saneamento Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Dicotomia. 2. Socio-hidrologia. 3. Perigo
natural. 4. Sociedade. 5. Gestão dos riscos e dos
desastres. I. Kobiyama, Masato, orient. II. de Brito,
Mariana Madruga, coorient. III. Título.

FRANCIELE MARIA VANELLI

CONTRIBUIÇÕES DA SOCIO-HIDROLOGIA NA REDUÇÃO DE RISCOS
E DESASTRES ASSOCIADOS A PERIGOS NATURAIS

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Aprovada em: Porto Alegre, 15 de junho de 2023.

Orientador: Prof. Dr. Masato Kobiyama (Universidade Federal do Rio Grande do Sul)

Coorientadora: Dr^a. Mariana Madruga de Brito (Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ)

Banca examinadora:

Prof. Dr. Fernando Mainardi Fan (Universidade Federal do Rio Grande do Sul)

Prof. Dr. Marcos Antônio Mattedi (Universidade Regional de Blumenau)

Prof. Dr. Pedro Henrique Augusto Medeiros (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará)

Aos meus avós

Lydia Vanelli (*in memoriam*) e Luiz Vanelli (*in memoriam*)

Anayr Balotin Zinda e Albino Zinda

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho é fruto do apoio de muitos colegas, amigos e familiares. Assim, eu gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos:

Aos rio-negrinhenses pelo acolhimento e hospitalidade, aos membros da ACIRNE e da Prefeitura Municipal, em especial à Kety, ao Edson e ao Rubens.

Ao meu orientador, professor Masato Kobiyama, que me inspirou e abriu minha mente e meu coração à socio-hidrologia. Agradeço pelas conversas, incentivos e desafios com os quais pude aprender e amadurecer como pesquisadora.

À minha coorientadora, Mariana Madruga de Brito, pela sua disposição em colaborar, pelo diálogo franco e apoio em todos os momentos. Me sinto feliz que nossos caminhos científicos se cruzaram.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro.

A todas as pessoas que trabalham para garantir o funcionamento da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH). Um agradecimento especial aos professores por compartilharem seus conhecimentos e a todos colegas que se tornaram amigos nos corredores do IPH. Eu vivi momentos marcantes da minha vida nesse local porque as pessoas que ali estavam tornaram o IPH um lugar único!

A todos os membros do GPDEN (UFRGS), em especial, aos presentes que o doutorado me deu: Danlei de Menezes, Marina Fagundes, Karla Campagnolo e Vinicius Castiglio.

Aos membros do LaCiA (UDESC), em especial à Beatriz Duarte e ao Leonardo Monteiro pela parceria nas saídas a campo e discussões pertinentes! Bom trabalho também se faz com boas risadas.

A todos amigos e amigas que tive o privilégio de conhecer e compartilhar momentos durante essa trajetória e espero levar para a vida toda, em especial, Adriana Moreira, Benício Monte, Bruno Abatti, Cassia Caballero, Cléber Gama, Dani Pariconha, Emanuel Fusinato, Franciele Zanandrea, Ian de Almeida, Itzayana González, João Paulo Brêda, Juan Ticona, Juliana Campos, Lígia Tavares, Luana Moreira, Matheus Tavares, Roberta Teixeira, Sofia Vasconcellos e Viviana Parada.

Às minhas amigas Kelly, Tainá, Kely, Cláudia e Monique, que mesmo distantes fisicamente, estão constantemente nos meus pensamentos e no meu coração.

Aos meus pais, Vania e Flávio, e meu irmão, Tiago.

Ao Leonardo, meu companheiro nos dias de luta e nos dias de glória.

À Pandora e à Liv, pela companhia e proteção felina.

“The more we study the major problems of our time, the more we come to realize that they cannot be understood in isolation. They are systemic problems, which means that they are interconnected and interdependent.”

Fritjof Capra

Resumo

VANELLI, Franciele Maria. **Contribuições da socio-hidrologia na redução de riscos e desastres associados a perigos naturais**. 2023. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 2023.

Os estudos das interações bidirecionais entre o ser humano e a água, sob a perspectiva da hidrologia, ganharam impulso na década de 2010. Isso se deve ao foco estabelecido pela comunidade internacional de hidrologia, bem como pela introdução do conceito da socio-hidrologia, que busca entender a dinâmica e a coevolução do sistema acoplado ser humano-água. Embora existam críticas quanto à sua inovação, a socio-hidrologia desempenha um papel importante ao enfatizar a integração da hidrologia com as ciências sociais para estudar as relações entre a água e os seres humanos. A socio-hidrologia abrange uma ampla gama de tópicos, incluindo as interações entre os perigos naturais e a sociedade, que se influenciam mutuamente e podem gerar impactos negativos. Assim, o presente estudo consiste em pesquisas teóricas e empíricas complementares com o objetivo de desenvolver e aplicar uma estrutura conceitual para analisar os riscos e os desastres associados a perigos naturais sob a perspectiva da socio-hidrologia. Inicialmente, foram identificadas possíveis contribuições da socio-hidrologia para a redução dos riscos e dos desastres associados a perigos naturais. A partir disso, investigou-se como os estudos socio-hidrológicos são conduzidos nesse campo de atuação e foram identificadas limitações que evidenciam a necessidade de alcançar uma abordagem mais integrada. Isso requer a superação das dicotomias entre as ciências que enfocam individualmente nos aspectos físicos ou sociais, bem como entre os métodos qualitativos e quantitativos. Com base nas contribuições teóricas, foi desenvolvida uma estrutura conceitual para investigação das interações entre os processos físicos e sociais que influenciam os riscos e os impactos de desastres. A aplicação em um estudo de caso demonstrou a importância dos dados qualitativos e quantitativos utilizados de forma complementar, bem como da participação ativa da população para compreender os riscos e os impactos dos desastres. A análise integrada, possibilitou compreender os mecanismos atuantes nas adaptações implementadas ao longo do tempo e a proposição de medidas de adaptação que podem ter maior efetividade, visto que a população participou desde a delimitação do problema até a proposição de soluções conjuntamente com os especialistas. A estrutura metodológica proposta pode ser aplicada em outros estudos de caso, no entanto, é fundamental adaptar às particularidades dos componentes físicos e sociais de cada local. Esta Tese ampliou o conhecimento da socio-hidrologia e suas implicações na redução de riscos e de desastres associados a perigos naturais, fornecendo uma base conceitual e empírica para a análise integrada dos processos físicos e sociais. Ao destacar a importância de superar as dicotomias existentes por meio da integração entre dados e técnicas qualitativos e quantitativos, bem como entre os conhecimentos da população e das ciências naturais e sociais, este estudo demonstra o potencial da socio-hidrologia para o estudo transdisciplinar de desastres e seus riscos.

Palavras-chave: Dicotomia. Socio-hidrologia. Perigo natural. Sociedade. Gestão dos riscos e dos desastres.

Abstract

VANELLI, Franciele Maria. **Contributions of socio-hydrology in reducing risks and disasters associated with natural hazards**. 2023. Doctoral dissertation (Water Resources and Environmental Engineering) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

The studies of the bidirectional interactions between humans and water from the perspective of hydrology have gained impulse since the 2010s. This is due to the focus established by the international hydrology community, as well as the introduction of the concept of socio-hydrology, which seeks to understand the dynamics and coevolution of the human-water coupled system. Although there are criticisms regarding its innovation, socio-hydrology plays an important role by emphasizing the integration of hydrology with the social sciences to study the relationships between water and humans. Socio-hydrology can study a wide range of topics, including the interactions between natural hazards and society, which influence each other and can generate negative impacts. Thus, the present thesis consists of complementary theoretical and empirical research aimed at developing and applying a conceptual framework to analyze the dynamics of risks and disasters associated with natural hazards from the perspective of socio-hydrology. Initially, possible contributions of socio-hydrology to the reduction of risks and disasters associated with natural hazards were identified. From this, it was investigated how socio-hydrological studies are conducted in this field, and limitations were identified that highlight the need to achieve a more integrated approach. This requires overcoming the dichotomies between sciences that focus individually on social or physical aspects, as well as between qualitative and quantitative methods. Based on the theoretical contributions, a conceptual framework was developed for investigating the interactions between physical and social processes that influence disaster risks and impacts. The application in a case study demonstrated the importance of qualitative and quantitative data used in a complementary way, as well as the active participation of the population to understand the risks and impacts of disasters. The integrated analysis made it possible to understand the mechanisms acting in the adaptations implemented over time and to propose adaptation measures that can be more effective since the population participated from the delimitation of the problem to the proposition of solutions together with the specialists. The proposed methodological framework can be applied in other case studies; however, it is essential to adapt it to the particularities of the physical and social components of each location. This thesis has expanded the knowledge of socio-hydrology and its implications for reducing risks and disasters associated with natural hazards, providing a conceptual and empirical basis for the integrated analysis of physical and social processes. By highlighting the importance of overcoming existing dichotomies through the integration between qualitative and quantitative data and techniques, as well as between knowledge of the population and natural and social sciences, this study demonstrates the potential of socio-hydrology for the transdisciplinary study of disasters and their risks.

Keywords: Dichotomy. Socio-hydrology. Natural hazard. Society. Risk and disaster management.

Lista de Figuras

Figura 1 – Classificação e divisão das ciências.....	33
Figura 2 – Dados sistemáticos e não sistemáticos: exemplos de fontes de dados.....	38
Figura 3 – Representação da validade e confiabilidade dos dados em analogia com tiro ao alvo.	40
Figura 4 – Principais tipos de desenhos mistos: (a) desenho convergente paralelo (simultâneo), também chamado de triangulação; (b) desenho sequencial explicativo; (c) desenho sequencial exploratório; e (d) desenho incorporado. QUAN=QUAL significa igual ênfase em ambos os dados, QUAN > qual significa ênfase nos dados quantitativos e quan < QUAL significa ênfase nos dados qualitativos. Fonte: Modificado de (CRESWELL, 2012).	42
Figura 5 - Desastres naturais registrados entre 1980 e 2019, análise da média móvel de 5 anos, número de mortes por evento e dano total por evento.....	50
Figura 6 - Desastre natural e ciências relacionadas: estudos centrados nas ciências naturais e sociais para obter visão mais aprofundada dos respectivos componentes e abordagem interdisciplinar e integrada para compreender as interações mútuas entre ambos os componentes físicos e sociais.	53
Figura 7 – No pensamento dicotômico, (a) e (b) as partes individuais são analisadas e; por vezes, (c) após a análise individual de cada uma das partes é feita a "soma" dos resultados; enquanto na análise integrada, como na socio-hidrologia, (d) os fenômenos entrelaçados são analisados.	54
Figura 8 – Ciclo de Gestão de Proteção e Defesa Civil composta pela Gestão de Risco e pela Gestão de Desastre com as respectivas fases.	56
Figura 9 - Desastre natural como resultado das interações negativas entre componentes físicos e sociais.	59
Figura 10 – Socio-hidrologia interagindo com a sociedade fornecendo subsídios para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, dos Riscos e dos Desastres Naturais com vistas a minimização dos riscos e dos impactos decorrentes dos desastres.	60
Figura 11 – Procedimento adaptado de ROSES para revisão sistemática. Note que ‘n’ indica o número de artigos em cada uma das etapas ou item.....	63
Figura 12 – Escala espacial usada para caracterizar os sistemas físico e social nos estudos socio-hidrológicos. O número total de artigos é maior do que 44 pois alguns artigos utilizaram mais do que uma escala.....	65
Figura 13 – Escala temporal usada para caracterizar os sistemas físicos e sociais em estudos socio-hidrológicos relacionados a desastres naturais.	67
Figura 14 - Componentes (a) físicos e (b) sociais de acordo com o tipo de perigo natural. O número total de artigos é maior do que 44, pois alguns artigos utilizaram mais do que uma escala.	69
Figura 15 – (a) Fontes de coleta de dados e (b) técnicas de processamento dos dados para entendimento dos sistemas físicos e sociais. A soma não é igual a 44 pois a maior parte dos artigos utilizaram mais do que uma fonte de dados ou técnicas de processamento. “Não aplicável” se refere a estudos onde dados não foram coletados.....	73
Figura 16 – Abordagem identificada nos estudos em termos de grau de (a) interdisciplinaridade e (b) transdisciplinaridade.	74

Figura 17 – Modelo conceitual da socio-hidrologia: (a) status-quo onde ciências hidrológicas se sobrepõem às ciências sociais; (b) interdisciplinar onde ocorre interação entre cientistas sociais e hidrólogos e seus conhecimentos; (c) transdisciplinar, onde além da interação entre diferentes conhecimentos científicos, novos conhecimentos são coproduzidos por interações com os diferentes atores da sociedade.	79
Figura 18 – Mapa de localização da área de estudo.	81
Figura 19 – Muro lateral da Igreja Matriz Santo Antônio de Pádua, no centro de Rio Negrinho: (a) Cota da inundação de 2014 durante o evento em comparação com as marcas dos eventos de 1983 e 1992; (b) Pintura no muro indicando as alturas das três grandes inundações, tendo atingido o máximo valor em 1992; (c) Registro fotográfico ocorrido no ano de 2010 apresentando uma visão mais ampla da parede com as marcas das inundações de 1992 e 1983; e (d) Registro fotográfico realizado em 2022 demonstrando que as marcas das inundações foram cobertas pela nova pintura. Fonte: (a) Rio Negrinho (2021); (b) Serviço Geológico Brasileiro (2018); (c) Giglio (2010); (d) Autora.	83
Figura 20 – Análise socio-hidrológica integrada para compreensão dos riscos e dos impactos dos desastres.	84
Figura 21 – Fotografias ilustrativas das saídas a campo realizadas: (a) Réguas linimétricas no ponto de captação de água para abastecimento no SAMAE-RN; (b) Área central de Rio Negrinho onde o segundo piso das construções foi afetado pela inundação de 2014; (c) Navegação pelo rio Negrinho; (d) Caminhada para reconhecimento da área de mata ciliar do rio Negrinho no Parque Paul Harris.	85
Figura 22 – Fontes dos dados e técnicas para elaboração da linha temporal dos desastres, danos e medidas de adaptação.	86
Figura 23 – Participantes do questionário e do grupo focal.	87
Figura 24 – Análise integrada para compreensão das interações entre os componentes físicos e sociais associados aos desastres.	88
Figura 25 – Localização das estações de monitoramento.	89
Figura 26 – Metodologia adotada para análise integrada do risco de inundação.	92
Figura 27 – Participantes da reunião para apresentação e discussão dos resultados.	94
Figura 28 - Linha temporal dos desastres oficialmente reconhecidos, danos informados e medidas de adaptação no município de Rio Negrinho/SC no período de 1980 a 2022.	95
Figura 29 – Relação entre as respostas associadas a não lembrar e ter sido afetado pelo desastre.	101
Figura 30 – Precipitação e nível do rio Negro durante a inundação em (a) 1992 e em (b) 2014.	102
Figura 31 – Respostas do grupo focal sobre a linha temporal dos desastres e suas interações.	104
Figura 32 – Comparativo entre os dados pluviométricos interpolados e da estação meteorológica do INMET e o nível do rio Negro associados ao evento de maio de 2019.	106
Figura 33 – Comparativo entre a pluviosidade mensal de 2006 e a precipitação média mensal do período de 1980 a 1997.	108
Figura 34 – Comparativo entre os dados pluviométricos interpolados e da estação meteorológica do INMET associados a tempestade de dezembro de 2022.	109
Figura 35 – Análise de desastres pareados.	112

Figura 36 - Resultados dos índices (a) social, (b) econômico, (c) de infraestrutura, e (d) vulnerabilidade dos setores censitários da área urbana do município de Rio Negrinho/SC.	116
Figura 37 - Mapa de risco a inundação para a área urbana do município de Rio Negrinho/SC.	117
Figura 38 - Histograma dos valores de risco a inundação para a área urbana do município de Rio Negrinho/SC.	117
Figura 39 - (a) Número de infraestruturas críticas em relação ao raio com o risco mais próximo e (b) Valor do risco a inundação em relação à proximidade com as infraestruturas críticas, onde raio 0 m é o próprio local, e raio de 50 m e 100 m indicam áreas de risco no raio menor ou igual a esses valores. GRD significa Gestão dos Riscos de Desastres.	118

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Critérios de elegibilidade para identificar os estudos relevantes à análise.....	64
Tabela 2 – Indicadores que compõem os índices social, econômico e de infraestrutura para obtenção da vulnerabilidade.	92
Tabela 3 – Dados da precipitação máxima diária e do nível máximo do rio Negrinho e do rio Negro para cada um dos desastres associados a enxurradas.	107

Lista de Quadros

Quadro 1 - Panorama geral da estrutura desta Tese.	25
Quadro 2 – Características dos dados sistemáticos e dados não sistemáticos.	37
Quadro 3 – Classificação internacional e brasileira dos desastres naturais.	45
Quadro 4 – Terminologias e definições adotadas ao longo do presente estudo.	47
Quadro 5 - Documentos analisados para identificação de medidas implementadas para redução dos riscos e dos desastres.	87

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABRHidro: Associação Brasileira de Recursos Hídricos

ACIRNE: Associação Empresarial de Rio Negrinho

AGU: *American Geophysical Union*

ANA: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

CEMADEN: Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

CEPED: Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil

CIRAM: Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina

COBRADE: Codificação Brasileira de Desastres

CRED: *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters*

ECP: Estado de Calamidade Pública

EGU: *European Geosciences Union*

EM-DAT: *Emergency Disasters Database*

EPAGRI: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

ETA: Estação de Tratamento de Água

ETE: Estação de Tratamento de Esgoto

FIDE: Formulário de Informações sobre Desastres

GIRH: Gestão Integrada dos Recursos Hídricos

GRAC: Grupo de Respostas e Ações Coordenadas

IAHS: *International Association of Hydrological Sciences*

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

PLANCON: Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil

PNPDEC: Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

PNRH: Política Nacional de Recursos Hídricos

S2iD: Sistema Integrado de Informações sobre Desastres

SAMAE-RN: Serviço Autônomo Municipal de Saneamento Básico de Rio Negrinho

SE: Situação de Emergência

SINPDEC: Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil

SNIRH: Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina

UN: *United Nations*

UNDRR: *United Nations for Disaster Risk Reduction*

UNESCO: *United Nations Educational Scientific and Cultural Organization*

VANT: Veículo aéreo não tripulado

VGI: *Volunteered geographical information*

WHO: *World Health Organization*

Lista de Símbolos

Δt : intervalo temporal

$\min(x)$: valor mínimo da série de dados

$\max(x)$: valor máximo da série de dados

R^2 : coeficiente de correlação

\vec{x} : vetor posição (x, y, z)

x_i : valor observado

y_i : valor normalizado

Sumário

1	Introdução	20
1.1	Objetivos.....	22
1.2	Estrutura do estudo	23
2	Fundamentação teórica	26
2.1	Socio-hidrologia: uma década de desenvolvimento (2012-2022)	27
2.2	Interdisciplinaridade na socio-hidrologia	29
2.3	Dicotomias associadas ao estudo dos componentes sociais e físicos na socio-hidrologia	31
2.3.1	<i>Dicotomias relacionadas às ciências-base da socio-hidrologia, desde Hidrologia a Sociologia</i>	32
2.3.2	<i>Dicotomias relacionadas aos dados utilizados na socio-hidrologia</i>	36
2.3.3	<i>Escala Espacial</i>	43
2.4	Desastres como resultado de interações negativas entre componentes físicos e sociais	44
3	Como a socio-hidrologia pode contribuir para redução dos riscos e dos desastres naturais?	48
3.1	Justificativa	49
3.2	Dicotomias associadas aos desastres naturais.....	51
3.3	Contribuições da socio-hidrologia para a redução dos riscos e dos desastres	55
4	Os estudos socio-hidrológicos sobre desastres naturais estão sendo verdadeiramente integrados?	61
4.1	Metodologia.....	62
4.2	Tipo de perigos naturais predominantes	64
4.3	Tendências das escalas espaciais	64
4.4	Tendências das escalas temporais.....	66
4.5	Tendências dos componentes social e físico do sistema acoplado	67
4.6	Tendências dos métodos aplicados para compreensão do sistema social e físico acoplados	71
4.7	Tendências dos estudos quanto à interdisciplinaridade e transdisciplinaridade	74
4.8	Lacunas identificadas e perspectivas de pesquisa.....	75
5	Compreendendo os riscos e os desastres em Rio Negrinho/SC sob a perspectiva da socio-hidrologia	80
5.1	Área de estudo	80
5.2	Metodologia.....	83

5.2.1	<i>Linha temporal dos desastres, dos danos e das medidas de adaptação</i>	85
5.2.2	<i>Interações entre os componentes físicos e sociais associados aos desastres</i>	88
5.2.3	<i>Análise de desastres pareados com foco em inundações</i>	90
5.2.4	<i>Análise integrada de risco a inundações</i>	91
5.3	Resultados e discussão	94
5.3.1	<i>Linha temporal dos desastres, dos danos e das medidas de adaptação</i>	94
5.3.2	<i>Interações entre os componentes físicos e sociais associados aos desastres</i>	100
5.3.3	<i>Análise de desastres pareados com foco em inundações</i>	111
5.3.4	<i>Análise integrada de risco a inundações</i>	115
6	Conclusões e Recomendações	121
6.1	Principais conclusões	121
6.2	Limitações do estudo	124
6.3	Recomendações	125
	Referências	127
	APÊNDICE A – Questionário com a linha temporal dos desastres aplicado aos participantes da reunião em Rio Negrinho (SC)	143

1 Introdução

A influência dos rios no comportamento dos grupos populacionais é amplamente reconhecida ao longo da história (BLAINEY, 2008). Contudo, é importante destacar que as populações também modificam o comportamento dos rios e do ciclo hidrológico, tanto quantitativa quanto qualitativamente, por meio de atividades como a construção de barragens, retificação de cursos d'água, despejo de efluentes, extração de água, dentre outras (KOUTSOYIANNIS, 2014; VOGEL et al., 2015). Portanto, as interações entre o ser humano e a água são inerentes, sendo difícil pontuar o surgimento de reflexões sobre o tema, pois a necessidade prática antecede ao surgimento das ciências.

Diversas iniciativas na hidrologia abordaram as interações complexas entre a sociedade e a água (VOGEL et al., 2015). A hidrossociologia, por exemplo, foi introduzida por Falkenmark (1977, 1979) na década de 1970, porém a importância da conexão entre a hidrologia e as ciências sociais têm se fortalecido consideravelmente a partir de 2010 (MCCURLEY; JAWITZ, 2017). Duas iniciativas contribuíram para esse crescente interesse na compreensão das interações entre sociedade e água. No início da década de 2010, Sivapalan, Savenije e Blöschl (2012) promoveram, por meio de um comentário convidado, o conceito da socio-hidrologia, cujo objetivo é entender a dinâmica e a coevolução do sistema acoplado ser humano-água. Assim como, a Associação Internacional de Ciências Hidrológicas (*International Association of Hydrological Sciences – IAHS*) definiu a Década Científica 2013 – 2022 *Panta Rhei – Everything Flows* com enfoque em pesquisas sobre as mudanças na hidrologia e na sociedade (MONTANARI et al., 2013). O título da Década Científica foi inspirado no filósofo grego Heráclito de Éfeso, ao qual é atribuída a expressão “Tudo flui”. Na filosofia ocidental, Heráclito teorizou a mudança como uma interação dinâmica de opostos, sendo que qualquer par de opostos constituem uma unidade. Essa mesma ideia é encontrada na

filosofia chinesa pela representação do “Yin-Yang”, onde aspectos opostos são complementares, interligados e interdependentes (CAPRA, 2013).

Neste contexto, a socio-hidrologia é, frequentemente, promovida como provedora de perspectivas holísticas de sistemas complexos (PANDE et al., 2022), inclusive com questões relacionadas às interações entre os perigos naturais e a sociedade (DI BALDASSARRE et al., 2021). Dada a intensificação de eventos extremos decorrentes de mudanças climáticas e de modificações aceleradas no uso e ocupação do solo (BRÊDA et al., 2020; CHAGAS; CHAFFE; BLÖSCHL, 2022; INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2021), eventos sem precedentes devem ocorrer com maior frequência, bem como eventos compostos e em cascata, requerendo estratégias para lidar com os efeitos sequenciais (AGHAKOUCHAK et al., 2020; DE BRITO, 2021). Portanto, é urgente aprimorar as estratégias de gestão de riscos e de desastres e a socio-hidrologia pode fornecer subsídios, tendo em vista que o desastre natural é uma construção física e social, onde os processos sociais não são somente respostas ao fenômeno natural perigoso.

A socio-hidrologia tem potencial para contribuir para a redução dos riscos e dos desastres, porém existe uma lacuna no entendimento de como essa abordagem pode ser aplicada nesse contexto. Considerando o objeto de estudo da socio-hidrologia, entende-se seu potencial de avançar na compreensão das interações bidirecionais entre os componentes físicos (e.g. variáveis hidrológicas, hidráulicas, meteorológicas, fisiográficas) e sociais (e.g. comportamento da comunidade, medidas institucionais, experiência com eventos anteriores, memória social, características individuais) relacionados aos diferentes tipos de desastres. Por exemplo, sob a perspectiva da socio-hidrologia, a elaboração de planos de manejo das águas pluviais, além de atender aos processos físicos, deve incluir aspectos sociais e culturais em relação ao manejo das águas pluviais pela população. Essa análise integrada do sistema físico e social acoplado a partir de dados qualitativos e quantitativos requer o envolvimento da população desde o início do estudo, para que o planejamento esteja inserido dentro do contexto social e ocorra intersectorialidade com a gestão dos recursos hídricos e dos riscos e desastres. Dessa maneira, a socio-hidrologia pode fornecer uma perspectiva mais completa ao campo dos desastres, de modo a atuar na redução dos riscos e a gerenciar a resposta aos desastres, minimizando os efeitos em cascata.

Entretanto, apesar dos avanços da socio-hidrologia em sua primeira década de desenvolvimento, diversas revisões sobre estudos socio-hidrológicos indicam a persistência da baixa integração entre os conhecimentos e as metodologias das ciências sociais e naturais

(FISCHER et al., 2021; YU et al., 2022). Embora a socio-hidrologia tenha sido proposta como interdisciplinar, de modo geral, os estudos são predominantemente monodisciplinares realizados sob a perspectiva dos hidrólogos (DI BALDASSARRE et al., 2019; SEIDL; BARTHEL, 2017; XU et al., 2018). Essa tendência dificulta a compreensão holística necessária para compreender as dinâmicas do sistema acoplado ser humano-água, assim como pode resultar em perspectivas parciais e limitadas. Até o momento, nenhuma das revisões sistemáticas existentes enfoca na análise de estudos socio-hidrológicos associados a perigos, riscos e desastres naturais, o que impede uma avaliação adequada de como esses estudos estão sendo conduzidos.

Portanto, evidencia-se o potencial de ampliar a atuação da socio-hidrologia em pesquisas no campo dos desastres. Mediante esse contexto, a presente Tese realizou pesquisas complementares de caráter teórico e empírico. Para demonstrar as potencialidades da socio-hidrologia quanto à redução dos riscos e dos desastres, foi elaborada uma estrutura conceitual de investigação dos riscos e dos desastres e aplicada em um estudo de caso, que possibilitou a análise em profundidade das heterogeneidades dos sistemas físicos e sociais. A metodologia proposta pode ser replicada em outras áreas de estudo, mediante adaptações às particularidades de cada local, possibilitando avançar a compreensão sobre a redução de riscos e de desastres a partir de uma perspectiva holística das complexidades dos sistemas.

1.1 Objetivos

O principal objetivo desta Tese foi desenvolver e aplicar uma estrutura conceitual para analisar os riscos e os desastres associados a perigos naturais sob a perspectiva da socio-hidrologia. Para atingir esse objetivo principal, foi necessário o desenvolvimento conceitual que se fundamentou nos objetivos específicos de (i) a (iii) e a aplicação de um estudo de caso como indicado no objetivo específico (iv):

- (i) Identificar possíveis contribuições da socio-hidrologia para redução dos riscos e dos desastres associados a perigos naturais;
- (ii) Identificar as variáveis, as escalas temporal e espacial e as metodologias aplicadas em estudos de socio-hidrologia no campo dos desastres, riscos e perigos naturais;

- (iii) Identificar limitações nos estudos de socio-hidrologia no campo dos desastres, riscos e perigos naturais;
- (iv) Investigar, sob a perspectiva da socio-hidrologia, as interações entre os processos físicos e sociais que influenciam os riscos e os desastres associados a perigos naturais.

1.2 Estrutura do estudo

Além deste capítulo introdutório, a presente Tese possui outros cinco capítulos. O Capítulo 2 se refere à fundamentação teórica, que fornece subsídios para compreensão da socio-hidrologia ao longo de sua primeira década de desenvolvimento, bem como a problemática dos desastres naturais e as dicotomias artificialmente estabelecidas entre os componentes físicos e sociais. Reitera-se que dentro do escopo do presente estudo, embora o termo oficial “desastre natural” seja utilizado, entende-se que os fenômenos perigosos naturais e a organização social estão mutuamente se influenciando. Portanto, o desastre natural é uma construção social e física, onde os processos sociais não são somente respostas ao perigo natural, mas podem atuar direta e indiretamente na intensificação dos impactos.

A presente Tese foi desenvolvida a partir de dois pilares conectados: a compreensão teórica a partir de pesquisas exploratória e descritiva, e a compreensão empírica por meio da aplicação em um estudo de caso. As contribuições teóricas demonstraram o potencial da socio-hidrologia em atuar na redução dos riscos de desastres associadas a perigos naturais e a existência de lacunas relacionadas a aplicação de análises integradas nesse campo de investigação. Assim, uma estrutura conceitual visando a transdisciplinaridade foi proposta possibilitando a aplicação de um estudo de caso com vistas a investigar as interações entre os componentes físicos e sociais que influenciam os riscos e os impactos de desastres naturais.

Inicialmente, no Capítulo 3, realizou-se uma pesquisa exploratória a fim de compreender as relações entre a socio-hidrologia e os desastres naturais. Como resultado deste capítulo, a seguinte hipótese foi proposta: “A socio-hidrologia pode contribuir para a redução dos riscos e dos desastres naturais”. A elaboração desse capítulo se baseia, principalmente, na pesquisa publicada em Vanelli e Kobiyama (2021). A partir da delimitação desta hipótese, no Capítulo 4 foi realizada uma pesquisa descritiva por meio de revisão sistemática. O objetivo principal foi investigar se a socio-hidrologia nos estudos relacionados a desastres, riscos e perigos naturais está verdadeiramente se desenvolvendo de forma integrada. Para isso, foram

analisadas as variáveis, as escalas temporal e espacial e as metodologias aplicadas nos estudos socio-hidrológicos sobre desastres naturais. A pesquisa realizada foi publicada em Vanelli, Kobiyama e De Brito (2022).

As contribuições teóricas possibilitaram o desenvolvimento e a aplicação da estrutura conceitual no Capítulo 5 resultando em contribuições empíricas. Para superar as principais lacunas identificadas, o estudo de caso empregou uma análise integrada visando a compreensão dos mecanismos associados aos riscos e aos desastres em Rio Negrinho/SC. Os resultados possibilitam a proposição de medidas que podem ter maior efetividade, visto que a população participou desde a delimitação do problema até a proposição de soluções conjuntamente com os especialistas.

Por fim, o Capítulo 6 apresenta as principais conclusões deste estudo e são destacadas algumas perspectivas futuras em relação ao avanço da socio-hidrologia para redução dos riscos e dos desastres associados aos perigos naturais. Um panorama geral da estrutura da Tese é ilustrado no Quadro 1, destacando as questões norteadoras, os objetivos, abordagem de pesquisa e os principais resultados.

Quadro 1 - Panorama geral da estrutura desta Tese.

Capítulo	Questão norteadora	Objetivo	Abordagem	Principal resultado
<p>Capítulo 3</p> <p>Como a socio-hidrologia pode contribuir para a redução dos riscos e dos desastres naturais?</p>	<p>Como ampliar a atuação da socio-hidrologia?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecer possíveis contribuições da socio-hidrologia para redução dos riscos e dos desastres naturais. 	<p>Pesquisa exploratória</p>	<p>A socio-hidrologia, a partir da análise integrada, pode subsidiar a conexão entre o conhecimento científico e a tomada de decisões, desempenhando um papel chave para a redução dos riscos e dos desastres.</p>
<p>Capítulo 4</p> <p>Os estudos socio-hidrológicos sobre desastres naturais estão sendo verdadeiramente integrados?</p>	<p>Dentro do contexto da socio-hidrologia, o que já foi pesquisado em relação aos desastres, riscos e perigos naturais?</p> <p>Quais são as lacunas de pesquisa existentes?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar as variáveis, as escalas temporal e espacial e as metodologias aplicadas em estudos de socio-hidrologia relacionados a desastres, riscos e perigos naturais; • Identificar limitações no desenvolvimento da socio-hidrologia no campo dos desastres. 	<p>Pesquisa descritiva</p>	<p>É necessário avançar o desenvolvimento transdisciplinar, visto que os estudos socio-hidrológicos no campo dos desastres apresentam lacunas significativas quanto ao uso da análise integrada, tais como, estudo isolado de um único perigo, predominância de técnicas quantitativas, baixa interdisciplinaridade, assim como, pouca participação da comunidade.</p>
<p>Capítulo 5</p> <p>Compreendendo os riscos e os desastres em Rio Negrinho/SC sob a perspectiva da socio-hidrologia</p>	<p>Como operacionalizar um estudo socio-hidrológico empregando uma análise integrada visando a redução dos riscos e dos desastres?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Propor uma metodologia visando superar as lacunas identificadas no capítulo 4; • Investigar, sob a perspectiva da socio-hidrologia, as interações entre os componentes físicos e sociais que influenciam os riscos e dos impactos de desastres 	<p>Estudo de caso utilizando métodos mistos</p>	<p>A aplicação da estrutura conceitual desenvolvida demonstrou o uso de forma complementar de dados e técnicas qualitativos e quantitativos, bem como incluiu a participação social em diferentes etapas do estudo (abordagem <i>bottom-up</i>) possibilitando a compreensão dos mecanismos associados aos riscos e aos desastres em Rio Negrinho/SC, bem como possibilitou a proposição de medidas que podem ter maior efetividade, visto que a população participou desde a delimitação do problema até a proposição de soluções conjuntamente com os especialistas.</p>

2 Fundamentação teórica

No início da década de 2010, o termo socio-hidrologia foi introduzido por Sivapalan, Savenije e Blöschl (2012) e também foi anunciada a Década Científica 2013 – 2022 *Panta Rhei – Everything Flows*, como o período dedicado ao conhecimento mais profundo das interações entre a hidrologia e a sociedade (MONTANARI et al., 2013). Embora as pesquisas sobre as interações bidirecionais do sistema acoplado ser humano-água não sejam novidade (e.g. FALKENMARK, 1977, 1979), ambas as iniciativas estão associadas ao crescente interesse e engajamento de pesquisadores nessa temática (MADANI; SHAFIEE-JOOD, 2020).

Desde a sua introdução, a socio-hidrologia vem sendo promovida como provedora de perspectivas holísticas de sistemas complexos (PANDE et al., 2022), de modo que ela poderia lidar com a diversidade de questões relevantes relacionadas a redução de riscos e de desastres, que necessitam a compreensão dos processos físicos e sociais de forma entrelaçada (DI BALDASSARRE et al., 2021; VANELLI; KOBİYAMA, 2021). Mediante isso, o presente capítulo é dividido em três tópicos que servem como suporte aos leitores para a compreensão das contribuições da presente Tese. O primeiro tópico tem por objetivo contextualizar o desenvolvimento da socio-hidrologia a partir da descrição do seu histórico e de seus precursores (item 2.1), seguido pelos principais aspectos metodológicos encontrados nos estudos socio-hidrológicos (item 2.2). Já o terceiro tópico (item 2.3) explana algumas dicotomias que separam artificialmente os componentes físicos e sociais dificultando a integração dos estudos focados nas interações, tal como a socio-hidrologia. Por fim, o item 2.4 trata sobre aspectos conceituais relacionados aos desastres com enfoque naqueles associados às interações entre a sociedade e os perigos naturais.

2.1 Socio-hidrologia: uma década de desenvolvimento (2012-2022)

Muitos pesquisadores têm se dedicado ao estudo do sistema acoplado ser humano-água, destacando-se o trabalho da hidróloga sueca Malin Falkenmark quanto ao uso sustentável dos recursos hídricos para atender às necessidades humanas e do ecossistema (FALKENMARK, 1977, 1979; FALKENMARK; LUNDQVIST; WIDSTRAND, 1989). Falkenmark (1979) discutiu sobre as interações bidirecionais existentes entre o ser humano e a água destacando a necessidade do desenvolvimento de um campo da hidrologia com maior envolvimento das ciências sociais para o planejamento das águas, seus usos e projetos, ao qual ela denominou hidrossociologia. A autora também destacou que as diferenças cultural, religiosa e social entre regiões introduzem grandes dificuldades na transferência de conhecimento e tecnologia de uma região para outra.

Matalas, Landwehr e Wolman (1982) introduziram os conceitos de “paradigma tradicional”, onde o ser humano é tratado como agente externo do ciclo hidrológico e, “paradigma ativo” onde se discute a necessidade de reconhecer que a atividade humana tanto influencia quanto é afetada pela água, intencionalmente e inadvertidamente. Os autores argumentam que a perspectiva do paradigma ativo representa um avanço científico para a gestão das águas, e não o desenvolvimento de modelos nem o aumento da capacidade preditiva.

Kuraji (2007) revisando a hidrologia florestal no Japão e no mundo, apresentou suas características e limitações. Com base nisso ele identificou que a hidrologia florestal não conseguia responder diversas demandas da sociedade. Assim, ele sugeriu a criação de uma nova ciência envolvendo ciências naturais e sociais de forma inter e transdisciplinar, produzindo conhecimento com base na comunicação com a política, com as comunidades e com os cidadãos. Segundo o autor, os problemas das relações floresta-água não se caracterizam apenas pelos problemas envolvendo os fenômenos naturais, mas também a história, a cultura, a sociedade, a economia e a política. O autor escreveu o capítulo de seu livro em japonês, o que provavelmente dificultou a popularização de sua proposta na comunidade científica mundial.

Nas ciências sociais, a temática dos recursos hídricos também foi integrada em discussões nos campos da sociologia rural datadas dos últimos decênios do século XIX, onde a água foi traduzida sociologicamente como meio (RIOS, 1979). Já a sociologia ambiental se desenvolveu principalmente em decorrência das preocupações ambientais destacadas na década

de 1970 (CATTON JR.; DUNLAP, 2021), seguido pelo recente campo da sociologia dos desastres, onde a água é traduzida sociologicamente como ameaça (QUARANTELLI, 1998). Cientistas sociais também discutiram acerca da inclusão do ser humano no ciclo hidrológico a partir da perspectiva hidrossocial. Ao estudar a mercantilização da água na Espanha, Bakker (2002) apresentou o conceito de ciclo hidrossocial, discutindo sobre as influências das atividades humanas no ciclo hidrológico. Outros pesquisadores, tais como Linton e Budds (2014) e Swyngedouw (2009), também empregaram esse conceito ao se referir ao processo socionatural pelo qual a água e a sociedade se fazem e se refazem no espaço e no tempo.

Embora Falkenmark (1979) tenha utilizado a denominação hidrossociologia ainda na década de 1970, e demais pesquisadores tenham se dedicado ao estudo das interações entre a sociedade e a água, essa discussão tomou maiores proporções na década de 2010 (MCCURLEY; JAWITZ, 2017). Sivapalan, Savenije e Blöschl (2012), por meio de um comentário convidado à revista *Hydrological Processes*, apresentaram a socio-hidrologia como uma nova ciência, interdisciplinar e quantitativa com vistas ao estudo da dinâmica e da coevolução do sistema acoplado ser humano-água, modelando e predizendo possíveis trajetórias futuras dos sistemas ser humano-água. Similarmente ao paradigma ativo de Matalas, Landwehr e Wolman (1982), a socio-hidrologia destaca o ser humano e suas atividades como endógenos à dinâmica do ciclo hidrológico (DI BALDASSARRE et al., 2013a; PANDE; SIVAPALAN, 2017; SIVAPALAN; SAVENIJE; BLÖSCHL, 2012), enquanto na hidrologia tradicional, o ser humano e suas atividades são tratados como forçantes externas. Nesse sentido, a socio-hidrologia fornece, com base científica, suporte teórico e técnico para avançar a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH) por meio da interpretação de padrões de coevolução do sistema acoplado ser humano-água (JUN; YI; LEI, 2022; KANDASAMY et al., 2014; YOUNOS et al., 2021).

De acordo com Madani e Shafiee-Jood (2020), o crédito de pioneirismo nesse debate não deve ser dado a Sivapalan, Savenije e Blöschl (2012), porém a atenção dispensada ao tema, tem possibilitado muitas discussões e o envolvimento dos pesquisadores. Além disso, a definição da Década Científica 2013 – 2022 *Panta Rhei – Everything Flows* pela IAHS como período dedicado ao conhecimento das interações entre hidrologia e sociedade por meio de uma abordagem interdisciplinar envolvendo as ciências naturais, as ciências sociais e também a prática (técnicos de hidrologia e gestores e profissionais da água) (MONTANARI et al., 2013) contribuiu para a maior divulgação e interesse sobre esse tema.

Ao longo da década recente ocorreram incentivos a publicações sobre socio-hidrologia. Em 2015, a revista internacional *Water Resources Research* criou um editorial denominado “*Debates- Perspectives on Socio-hydrology*” com seis publicações. Entre 2017 e 2018, na mesma revista ocorreu a edição especial “*Socio-hydrology: Spatial And Temporal Dynamics of Coupled Human-Water System*” com 32 artigos. Em 2018 e 2019, ocorreu a edição especial “*Virtual Special Issue on Building Socio-hydrological Resilience*” no *Journal of Hydrology* com 13 artigos. Em 2021, o periódico *Hydrology* publicou 10 artigos na edição especial “*Socio-Hydrology: The New Paradigm in Resilient Water Management*”. Já entre 2019 e 2022, o periódico *Hydrological Sciences Journal* publicou 58 artigos na edição especial “*Advancing socio-hydrology: a synthesis of coupled human–water systems across disciplines*”.

Além disso, a socio-hidrologia foi tema de sessões em eventos internacionais e nacionais promovidos pela *European Geosciences Union* (EGU), *American Geophysical Union* (AGU) e Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRHidro). Em 2021, foi promovido o “*1st Sociohydrology Conference Delft*”, um evento inteiramente dedicado ao tema com aproximadamente 300 participantes das ciências sociais, naturais e interdisciplinares (PANDE et al., 2022). Como resultados, muitos estudos socio-hidrológicos tem sido desenvolvidos nos anos recentes, incluindo na área de inundações (BUARQUE et al., 2020; DI BALDASSARRE et al., 2013b), secas (KUIL et al., 2016; MEDEIROS; SIVAPALAN, 2020), águas subterrâneas (HAN et al., 2017; HERRERA-FRANCO et al., 2020), irrigação (SANDERSON et al., 2017), dentre outros tópicos.

2.2 Interdisciplinaridade na socio-hidrologia

Sivapalan, Savenije e Blöschl (2012) ao proporem a socio-hidrologia como uma nova ciência interdisciplinar e, ao mesmo tempo, quantitativa, gerou um paradoxo em seu desenvolvimento. Os autores apontaram três caminhos de desenvolvimento: (i) socio-hidrologia histórica com o objetivo de realizar estudos de reconstrução do passado, distante ou imediato; (ii) socio-hidrologia comparativa para caracterizar e aprender a partir das similaridades e diferenças entre as bacias hidrográficas de diferentes locais e interpretar em termos de “clima-paisagem-controles humanos”; e (iii) socio-hidrologia de processo com vistas à estudar um pequeno número de sistemas acoplados ser humano-água para obter informações mais detalhadas sobre relações causais.

Pande e Sivapalan (2017) reafirmaram a socio-hidrologia histórica, comparativa e de processo como os três pilares que conjuntamente permitem a implementação do método de investigação científica da socio-hidrologia. Os autores argumentaram que o método é cíclico e que se constitui em um processo iterativo de construção da hipótese, evidência dos dados e atualização da hipótese. Contudo, é necessário observar que alguns fenômenos não podem ser testados, principalmente quando relacionados ao fator social. Além disso, ao realizar a comparação entre diferentes locais utilizando bases de dados globais, informações relevantes que só conseguem ser coletadas em escala local podem ser desprezadas.

A intenção de estabelecer a socio-hidrologia com base em metodologias quantitativas foi reafirmada por Sivapalan (2015), pelos modelos baseados em agentes (e.g. ALONSO VICARIO et al., 2020; DU et al., 2017) e pelos modelos com equações matemáticas e variáveis quantitativas representando aspectos sociais complexos (e.g. DI BALDASSARRE et al., 2013b, 2015; VIGLIONE et al., 2014). A abordagem quantitativa da hidrologia tradicional (Hortoniana) se origina da perspectiva Newtoniana que simplifica a complexidade da natureza para funções essenciais (MCCLAIN et al., 2012), assumindo frequentemente que as abordagens quantitativas (positivismo) são superiores às qualitativas (interpretivismo) (SEIDL; BARTHEL, 2017). No entanto, alguns conhecimentos valiosos sobre as relações complexas entre o ser humano e a água não podem ser quantificados ou abordados apenas por ferramentas tradicionais das ciências naturais (DI BALDASSARRE et al., 2021; RANGE-CROFT et al., 2021).

A modelagem socio-hidrológica representa um grande desafio devido à representação do fator social e quanto às etapas de calibração, verificação e validação do modelo. O uso da memória social, como feito por Di Baldassarre et al. (2013b, 2015) e Viglione et al. (2014), por exemplo, não representa satisfatoriamente detalhes de como o comportamento humano é traduzido em ação coletiva, nem é o único mecanismo social pelo qual a socio-hidrologia pode ser operacionalizada (YU et al., 2017). Além disso, os dados sobre o comportamento social humano no passado não são necessariamente indicadores do comportamento futuro, as decisões humanas são sensíveis ao contexto em que se inserem, bem como podem ocorrer consequências não esperadas e fenômenos naturais raros e imprevisíveis, dificultando os estudos associados a previsões (LOUCKS, 2015; MADANI; SHAFIEE-JOOD, 2020).

Embora a socio-hidrologia tenha sido proposta como ciência quantitativa por Sivapalan, Savenije e Blöschl (2012), alguns pesquisadores, como por exemplo Matanó et al. (2022), Mondino et al. (2020a, 2020b), Mostert (2018) e Yu et al. (2022), demonstraram que

existem discussões que se contrapõem a perspectiva da socio-hidrologia quantitativa. Mostert (2018) chama a atenção ao introduzir em seu artigo questionamentos sobre como seria possível estudar as interações e coevoluções entre a bacia hidrográfica e a sociedade conjuntamente. Ele afirma que uma opção envolveria uma pesquisa ampla na literatura, muito trabalho de campo e pesquisa em documentos e arquivos históricos. Já a outra opção seria empregar um modelo acoplado de coevolução da água e da sociedade. Ambas as opções possuem pontos forte e fracos e, de certa forma, podem ser combinadas. Diante dessa perspectiva, o uso de métodos mistos tem sido defendido como a alternativa para avançar no estudo dos sistemas acoplados ser humano-água e suas interações ao longo do tempo e do espaço (DI BALDASSARRE et al., 2021; MATANÓ et al., 2022; YU et al., 2022).

Mediante o recente histórico de desenvolvimento da socio-hidrologia, evidencia-se a pouca integração entre as ciências sociais e naturais, bem como não existem consensos metodológicos, tais como, tipos de dados, abordagens e escala espacial (DI BALDASSARRE et al., 2019; SEIDL; BARTHEL, 2017; XU et al., 2018; YU et al., 2022). Mesmo entre pesquisadores da mesma área existem diferenças metodológicas, tais como escalas de análise, no espaço e no tempo, variando de modelos globais acoplados para experimentos de campo locais (KREIBICH et al., 2017a). A combinação de perspectivas e métodos disciplinares de múltiplas pontas, tanto das ciências naturais como das ciências sociais, bem como a participação múltipla pode possibilitar um entendimento mais multifacetado do sistema acoplado ser humano-água (RANGECROFT et al., 2021; YU et al., 2022).

2.3 Dicotomias associadas ao estudo dos componentes sociais e físicos na socio-hidrologia

Ao definir as interações bidirecionais entre água e sociedade como objeto de estudo da socio-hidrologia, denota-se que individualmente cada um dos componentes é estudado por meio de perspectivas e metodologias distintas. A água é entendida como objeto de estudo do meio físico, em específico da hidrologia dentre as geociências; enquanto a sociedade é objeto de análise das ciências sociais, em específico da sociologia ao estudar as relações sociais. A essa divisão em duas partes, em geral, consideradas opostas, pode-se denominar dicotomia. No entanto, ao focar nas interações entre os componentes físicos (e.g. variáveis hidrológicas, hidráulicas, meteorológicas, fisiográficas) e sociais (e.g. comportamento da comunidade,

medidas institucionais, experiência com eventos anteriores, memória social, características individuais), se faz necessário que a socio-hidrologia empregue uma abordagem integrada, onde as duas partes sejam complementares uma à outra, formando uma unidade, sem a perspectiva predominante de apenas um dos componentes.

Para superar as dicotomias, inicialmente, é necessário reconhecê-las. Assim, o presente tópico explana sobre as diferentes perspectivas associadas à hidrologia e à sociologia. No escopo da presente Tese, entende-se que a hidrologia e a sociologia são as ciências-base da socio-hidrologia, porém não exclusivamente. Em seguida, são abordadas as dicotomias relativas aos tipos de dados que podem ser a base do conhecimento da socio-hidrologia e as escalas espaciais dos sistemas físicos e sociais que podem se beneficiar pelo uso combinado de diferentes tipos de dados.

2.3.1 Dicotomias relacionadas às ciências-base da socio-hidrologia, desde Hidrologia a Sociologia

Sob influência de pensadores como Galileu Galilei (1564 – 1642), Francis Bacon (1561 – 1626), René Descartes (1596 - 1650), Isaac Newton (1643 - 1727), dentre outros, a realidade foi fragmentada em parcelas cada vez menores a fim de facilitar sua análise e elaborar o conhecimento e compreender a complexidade (THIESEN, 2008). Essa ontologia reducionista apoiada pela perspectiva Newtoniana afirma que apenas os fenômenos que podem ser observados e quantificados podem ser justificados (BIGGS et al., 2021). Marconi e Lakatos (2003) baseando-se na classificação de Mário Bunge distinguem as ciências em formais e factuais (Figura 1). Dentro das factuais ocorre a subdivisão em naturais e sociais, onde na primeira se insere a hidrologia e na segunda a sociologia e demais ciências sociais. Cada um dos ramos se desenvolveu com objetos de estudos e metodologias próprias, que de acordo com Biggs et al. (2021) estão ligadas a epistemologias que, por sua vez, estão enraizadas em ontologias distintas.

É uma tarefa árdua pontuar o surgimento das ciências. A hidrologia, por exemplo, como prática para atender as demandas das populações surgiu antes do que a hidrologia como ciência (KOUTSOYIANNIS, 2014). Similarmente, a sociologia também surgiu da necessidade de solucionar problemas práticos da sociedade. Exposto essa dificuldade em descrever o

primeiro pulso de ideia sobre sociedade e água, a seguir são apresentados brevemente o desenvolvimento científico da hidrologia e da sociologia.

Robert Horton, conhecido como pai da hidrologia moderna (PENNINGTON; CECH, 2010), escreveu em 1931 que a hidrologia, assim como a geografia e a meteorologia, se desenvolvia principalmente em caráter qualitativo, emergindo como uma nova ciência a partir do seu desenvolvimento quantitativo (HORTON, 1931). A aplicação de métodos estatísticos na hidrologia a partir da publicação do livro “*Flood Flows*” por Hazen em 1930 (DOOGE, 2004), assim como as instalações de estações de monitoramento por serviços hidrológicos nacionais de diversos países a partir do início do século XX (BRÁZDIL; KUNDZEWICZ, 2006) corroboram com a afirmação de Horton. Apesar das primeiras referências de medição do nível de água datarem de 3.000 a.C. no rio Nilo (DOOGE, 2004), e da publicação de Pierre Perrault sobre a relação precipitação-vazão em 1674 (NACE, 1969), foi somente a partir do início do século XX que a quantificação das variáveis hidrológicas ao longo do tempo proveniente das estações de monitoramento e o uso de métodos estatísticos se tornaram base da hidrologia.

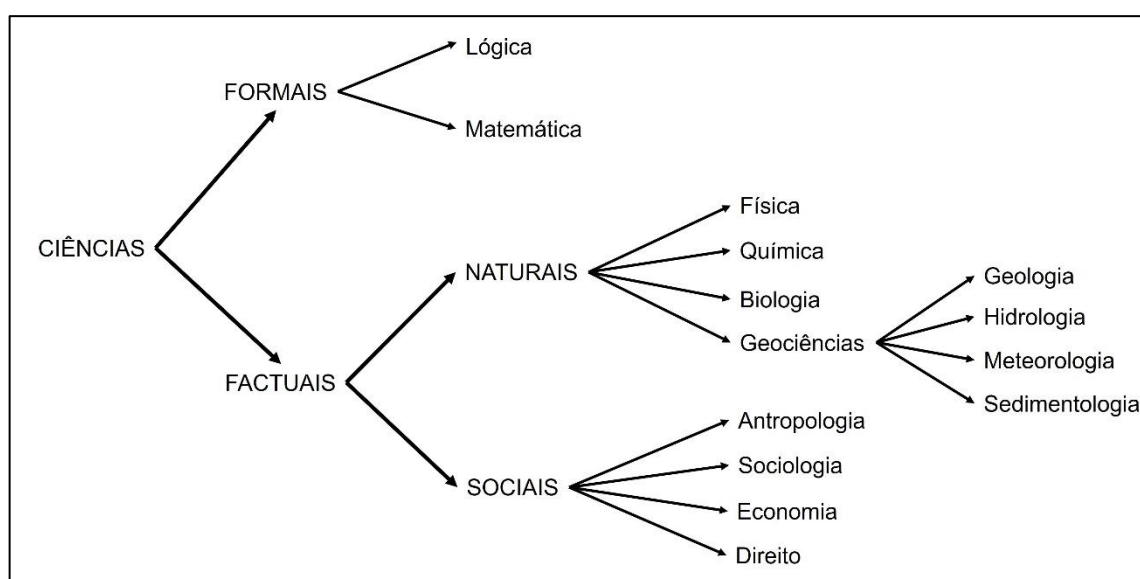


Figura 1 – Classificação e divisão das ciências.
Fonte: Modificado de Marconi e Lakatos (2003).

Na década de 1960, atentando-se aos problemas relacionados às mudanças causadas pelo ser humano nos regimes hidrológicos, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO – *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) definiu que em janeiro de 1965 iniciava a Década Internacional da Hidrologia, visando intensificar os estudos científicos sobre os recursos hídricos a fim de melhorar sua

conservação, uso e gestão (NACE, 1969). Assim, um ano antes, a hidrologia foi definida pela UNESCO (1964) como: “a ciência que trata sobre a água, em termos de ocorrência, circulação e distribuição no planeta, suas propriedades físicas e químicas e suas interações com os ambientes físicos e biológicos, incluindo suas respostas às atividades humanas”. Resumidamente, pode-se definir que a hidrologia é o estudo das águas em aspectos quantitativos e qualitativos.

O desenvolvimento dos conhecimentos científicos está relacionado ao contexto histórico que a sociedade vivencia. Ao incluir na definição “respostas às atividades humanas”, se reconhecia que o ser humano influencia os recursos hídricos, tanto quantitativa quanto qualitativamente. Essa definição de hidrologia considera a influência unidirecional da sociedade sobre a água. Entretanto, não inclui a influência da água no ser humano, ou seja, não responde à pergunta “Como a sociedade se relaciona com a água?”.

Similarmente a hidrologia, a sociologia também apresentou diferentes fases em seu desenvolvimento científico. O estudo das relações entre os seres humanos e grupos sociais está enraizada nas obras de filósofos como Platão (427-347 a.C.), Aristóteles (384-322 a.C.) e Confúcio (551-479 a.C.) (LITTLE, 2016; STOLLEY, 2005). Seu desenvolvimento inicialmente ocorreu com a denominação física social, referindo-se ao estudo da natureza social. Embora muitos estudiosos se dedicaram a esse objeto de estudo, de acordo com Stolley (2005), o pai da sociologia foi o filósofo francês Auguste Comte, que cunhou o termo sociologia no início do século XIX.

Introduzindo a filosofia positivista nos estudos das relações humanas, Auguste Comte propôs estudar a sociedade a partir de métodos das ciências naturais, buscando definir leis que governavam os processos sociais (LAKATOS; MARCONI, 2016). No entanto, outros estudiosos acreditavam que era impossível prever o comportamento humano quantitativamente, e outros debatiam o valor de tais previsões (LITTLE, 2016). Karl Marx também reconhecido como um dos pioneiros da sociologia rejeitou o positivismo de Comte (LITTLE, 2016). Além dos já citados, Émile Durkheim (1858-1917), Max Weber (1864-1920) também são estudiosos relevantes para a sociologia (GIDDENS, 2005).

A sociologia, integrante das ciências sociais, pode ser definida como o estudo científico das relações sociais, das formas de associação, dos fenômenos que se produzem nas relações de grupos entre seres humanos (LAKATOS; MARCONI, 2016). Em resumo, a sociologia busca compreender as relações dos indivíduos entre si e o funcionamento do

comportamento coletivo. Nesse sentido, cabe à sociologia também refletir sobre a pergunta “Como a sociedade é alterada em função da água?”.

Existe uma diversidade de abordagens na sociologia, de modo que seus estudiosos discutem entre si sobre como abordar o estudo do comportamento humano e sobre como os resultados das pesquisas podem ser interpretados (GIDDENS, 2005). Embora o “pai da sociologia” tenha proposto seu desenvolvimento com base em metodologias quantitativas, isso de fato não foi consenso entre os estudiosos. Em geral, metodologias qualitativas são comumente associadas às ciências sociais e humanas, enquanto as ciências naturais são majoritariamente baseadas em metodologias quantitativas embasadas na perspectiva Newtoniana.

A definição de um objeto de estudo (fragmentação do *todo*) auxiliou no avanço do campo de conhecimento específico. Contudo, ao tratar sobre sistemas complexos como a influência mútua entre a sociedade e a água, os limites das ciências dificultam essa compreensão (BIGGS et al., 2021). Ao recompor a complexidade da realidade pela soma dos fragmentos, identifica-se que alguns fragmentos das ciências desassociadas não se encaixam ou se perderam, dificultando a comunicação entre as partes. Conforme Erik Swyngedouw em entrevista a Martinez (2018), o legado positivista separa as ciências sociais das naturais, de modo que mesmo a geografia que articula as dimensões físicas e humanas, na década de 1950 foi separada em geografia social e geografia física.

A partir da segunda metade do século XX, nota-se o desenvolvimento de campos de conhecimento interdisciplinares buscando reduzir a fragmentação dos estudos. Tal fato pode ser justificado pela compreensão que os problemas são complexos e não podem ser solucionados por uma única perspectiva ou por um somatório de perspectivas isoladas. No entanto, ao promover a interdisciplinaridade entre as metodologias de ciências sociais e naturais são comuns que ocorram conflitos devido à falta de compreensão entre as diferentes epistemologias (BIGGS et al., 2021; RUSCA; DI BALDASSARRE, 2019). Assim, a socio-hidrologia não deve adotar uma ou outra metodologia para o estudo das interações bidirecionais entre a sociedade e a água. Seu desenvolvimento requer o uso conjunto de ambas as metodologias para que efetivamente resulte em novos conhecimentos.

2.3.2 *Dicotomias relacionadas aos dados utilizados na socio-hidrologia*¹

Os dados são o ponto de partida das pesquisas e, conseqüentemente, são fundamentais para o avanço no conhecimento. Eles podem ser classificados conforme muitos critérios que podem variar em cada ciência. Uma das principais classificações dos dados é como quantitativo ou qualitativo. Os dados quantitativos são provenientes de mensuração e representados por números, cuja análise é baseada em métodos estatísticos, enquanto os dados qualitativos se referem a descrições que podem estar no formato de textos, imagens, peças audiovisuais, documentos, objetos pessoais, dentre outros (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013).

Embora cada ciência não se limite a um único tipo ou fonte de dados, evidencia-se que é preponderante, na sociologia, o uso de dados qualitativos provenientes de arquivos públicos, jornais, narrativas e inferências quantitativas obtidas, por exemplo, por meio de questionários (MARCONI; LAKATOS, 2003), enquanto na hidrologia predomina o emprego de dados quantitativos provenientes de estações de monitoramento. Assim, como já mencionado anteriormente, tendo as interações entre água e sociedade como objeto de estudo, a socio-hidrologia requer o uso de forma complementar tanto de dados qualitativos quanto quantitativos. Assim, o presente tópico tem por objetivo reconhecer as diferentes fontes de dados que podem ser base para o desenvolvimento da socio-hidrologia e os métodos mistos para realizar a integração entre dados qualitativos e quantitativos.

2.3.2.1 Tipos de fontes de dados

Os dados, em geral, são classificados como qualitativos ou quantitativos, porém, outra forma de classificação é de acordo com a forma do registro. Pesquisadores, tais como Benito et al. (2004), Brázdil, Kundzewicz e Benito (2006), Frances, Salas e Boes (1994), empregaram a denominação de dados sistemáticos e dados não sistemáticos, já Arnold et al. (2015) e Seibert e McDonnell, (2002; 2015) denominaram, respectivamente, de dados concretos e dados interpretativos. Dentro do contexto da hidrologia, Seibert e McDonnell (2002) salientaram que apesar dos dados não sistemáticos ainda serem pouco empregados, eles não podem ser

¹ O presente item é baseado no artigo publicado: Vanelli, F. M., Fan, F. M., & Kobiyama, M. (2020). Panorama geral sobre dados hidrológicos com ênfase em eventos hidrológicos extremos. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 17, e24. <https://doi.org/10.21168/rega.v17e24>

negligenciados, visto que podem fornecer informações que não estão disponíveis em dados sistemáticos. Portanto, alguns pesquisadores na hidrologia já reconhecem a importância do uso complementar entre diferentes tipos de dados.

Os dados sistemáticos são registrados sequencialmente em um intervalo de tempo pré-definido auxiliados, direta ou indiretamente, por equipamentos, como por exemplo, dados provenientes das estações de monitoramento. Os dados provenientes de um linígrafo podem ser denominados como sistemáticos ou concretos, pois são dados quantitativos, mensurados continuamente ao longo do tempo com intervalo temporal pré-definido ($\Delta t = \text{constante}$) em um determinado local (vetor posição $\vec{x} (x,y,z)$). Já os dados não sistemáticos são provenientes de uma grande variedade de outras fontes de dados que se caracterizam principalmente por se tratar de registros pontuais no tempo e/ou no espaço. A natureza dos dados não sistemáticos enfatiza o fenômeno ocorrido no passado e a sua compreensão. Na representação matemática, tem-se que o vetor posição (\vec{x}) e o intervalo temporal (Δt) são variáveis. Esses dados podem ser exemplificados como relatos de moradores sobre áreas afetadas por secas, marcas da inundação em uma construção e leitura pontual do nível do rio, respectivamente classificados como dado qualitativo, inferência quantitativa e dado quantitativo. O Quadro 2 sumariza as características dos dados sistemáticos e não sistemáticos.

Quadro 2 – Características dos dados sistemáticos e dados não sistemáticos.

Dados sistemáticos	Dados não sistemáticos
<ul style="list-style-type: none"> Intervalo temporal de registro pré-definido resultando em série histórica 	<ul style="list-style-type: none"> Intervalo temporal de registro irregular e descontínuo
<ul style="list-style-type: none"> Local de registro constante ao longo do tempo 	<ul style="list-style-type: none"> Local de registro não é constante ao longo do tempo
<ul style="list-style-type: none"> Dados quantitativos registrados continuamente 	<ul style="list-style-type: none"> Dados qualitativos Inferências quantitativas a partir dos dados qualitativos Dados quantitativos*
<ul style="list-style-type: none"> Posição: $\vec{x} = (x, y, z)$ Intervalo temporal: $\Delta t = \text{constante}$ 	<ul style="list-style-type: none"> Posição: $\vec{x} \neq \text{constante}$ Intervalo temporal: $\Delta t \neq \text{constante}$

*Registros pontuais realizados com o auxílio, direto ou indireto, de equipamento resultando em uma representação numérica (dado quantitativo), entretanto por não estar inserido em uma série histórica ocorrem incrementos na incerteza.

Os dados podem ser provenientes de diferentes fontes que podem ser classificadas quanto à sua origem: evidência instrumental, evidência natural ou evidência documental. As fontes dos dados sistemáticos são evidências instrumentais provenientes de estações de

monitoramento, sensores terrestres e sensores orbitais. Enquanto os dados não sistemáticos são provenientes das três fontes de dados elencadas. Na Figura 2 são ilustrados exemplos de fontes de dados e classificados em sistemático e não sistemático.

A evidência instrumental se refere a mensurações de variáveis, direta ou indiretamente com equipamentos e procedimentos técnicos. Esse tipo de fonte pode fornecer dados sistemáticos e não sistemáticos, dependendo da posição e do intervalo temporal. As estações de monitoramento são exemplos de evidências instrumentais que fornecem dados sistemáticos, ou seja, a mensuração das variáveis ocorre em local definido e com intervalo temporal constante. Enquanto os dados não sistemáticos provenientes de evidências instrumentais são mensurações pontuais, ou seja, não geram uma série temporal.

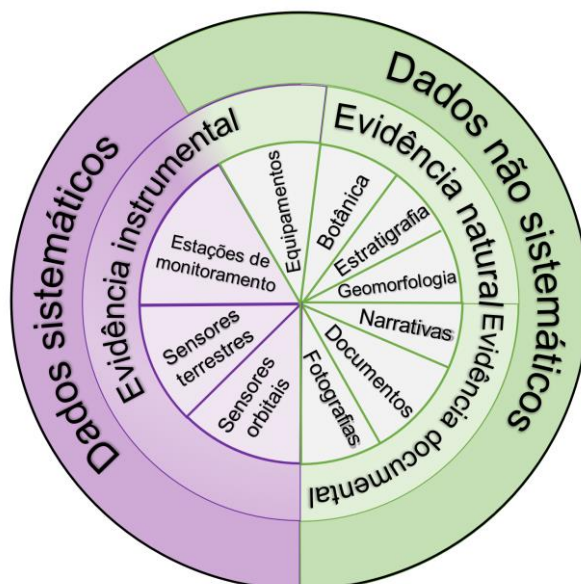


Figura 2 – Dados sistemáticos e não sistemáticos: exemplos de fontes de dados.
 Fonte: Vanelli, Fan e Kobiyama (2020)

Evidências naturais se referem às alterações no ambiente decorrentes dos eventos hidrológicos (BAKER, 2008), como por exemplo, perturbações do solo, depósitos de sedimentos, árvores inclinadas, dentre outros. A aplicação de técnicas específicas se faz necessária para obtenção dos dados, assim, podem ser utilizadas técnicas da botânica, geomorfologia, geologia, sedimentologia, estratigrafia, dentre outras (BAKER, 2008; FRANCES; SALAS; BOES, 1994).

A evidência documental se refere a registros e/ou observações inseridos em um contexto histórico realizados pela população. São exemplos de evidências documentais:

registros em cartórios de óbitos, decretos de Situação de Emergência e/ou Estado de Calamidade Pública, notícias veiculadas nos meios de comunicação, marcas de cheia, livros, fotografias, narrativas, dentre outros. Esses dados contêm a percepção humana do evento dentro de um contexto histórico (BRÁZDIL; KUNDZEWICZ; BENITO, 2006), seu conteúdo não é imparcial (ASSUNÇÃO, 2018) de modo que podem ocorrer exageros nos relatos (GOURLEY et al., 2013). No entanto, os dados provenientes de evidências documentais, quando existentes, fornecem informações valiosas, sendo capazes de acrescentar confiabilidade na representação do evento (STARKEY et al., 2017).

Aliada a esses diferentes tipos de fontes de dados, é necessário ressaltar a expansão da ciência cidadã nos anos mais recentes, que se trata da participação da população (também denominada como não cientistas, não profissionais, leigos ou amadores) na produção de um novo conhecimento científico (BUYTAERT et al., 2014). Outras terminologias, além de ciência cidadã, também são utilizadas: informações geográficas voluntárias (*volunteered geographical information* - VGI), monitoramento participativo (*participatory monitoring*), colaboração coletiva (*crowdsourcing*) e observatório cidadão (*citizen observatory*) dependendo do grau de envolvimento da população e das técnicas adotadas (STARKEY et al., 2017). As tecnologias emergentes, como veículos aéreos não tripulados (VANTs) e câmeras dos celulares, facilitam a produção de registros dos eventos pela população, enquanto a popularização do acesso à internet propicia a divulgação. Assim, além da busca em acervos históricos, as evidências documentais também estão disponíveis em meio eletrônico, tais como mídias sociais (e. g. DE ANDRADE et al., 2017; KRYVASHEYEU et al., 2016).

2.3.2.2 Uso integrado dos dados sistemáticos e não sistemáticos

Apesar das discussões sobre o uso de dados não sistemáticos, dentro do contexto positivista da hidrologia, em geral, assume-se que os dados sistemáticos apresentam maior confiabilidade do que os dados não sistemáticos. Isso pode ser justificada pela hidrologia moderna ser pautada em dados e métodos quantitativos embasados pela análise estatística. Ao retomar o conceito de socio-hidrologia proposto por Sivapalan, Savenije e Blöschl (2012): “nova ciência interdisciplinar, mas quantitativa sobre pessoas e águas”, ressalta-se que a visão positivista, predominante na hidrologia, se estendeu à proposição da socio-hidrologia. Contudo, enfatizando o objeto de estudo da socio-hidrologia, o uso integrado dos dados sistemáticos e não sistemáticos é fundamental para seu desenvolvimento.

Considerando as características distintas entre ambos os dados, é necessário aplicar metodologias para utilizá-los de forma integrada. Recursos associados à inteligência artificial têm auxiliado no processamento e uso de uma grande variedade de dados para aplicações na hidrologia moderna (KADAM et al., 2019; LUCCHESI; DE OLIVEIRA; PEDROLLO, 2020). Contudo, alguns dados relevantes por não se enquadrarem em um mesmo padrão podem ser excluídos da análise pelos algoritmos. Assim, estimula-se a busca por métodos já consolidados para realizar a integração dos dados sistemáticos e não sistemáticos, de modo complementar.

O pressuposto básico dos métodos mistos, também denominados como pesquisa integrada, pesquisa mista, pesquisa múltipla, triangulação, dentre outros (BRYMAN, 2007; CRESWELL, 2012; DI BALDASSARRE et al., 2021; JOHNSON; ONWUEGBUZIE, 2004) é o uso de métodos quantitativos e qualitativos em combinação fornecendo um melhor entendimento da questão científica. Em outras palavras, o método misto possibilita uma análise integrada de determinado objeto de pesquisa, pois rompe a dicotomia qualitativo × quantitativo. De acordo com Sampieri, Collado e Lucio (2013), o método misto surge como consequência da necessidade de enfrentar a complexidade dos problemas de investigação que ocorrem em todas as ciências e abordar de forma holística.

Os diferentes dados disponíveis podem ser analisados de forma crítica e conjunta tendo como o evento ocorrido (realidade) como alvo (Figura 3). Quando as informações extraídas dos dados são dispersas e não convergem para representação do evento ocorrido, os dados podem ser considerados não confiáveis e não válidos (Figura 3a). Os dados podem gerar informações consistentes entre si, porém as informações não são úteis para representar o evento ocorrido (Figura 3b). Espera-se que quando analisados criticamente, os dados sistemáticos e não sistemáticos de diferentes fontes (evidências instrumental, física e documental) sejam capazes de fornecer informações válidas e confiáveis, ou seja, consistentes entre si e que tenham convergência para a representação do evento (Figura 3c).

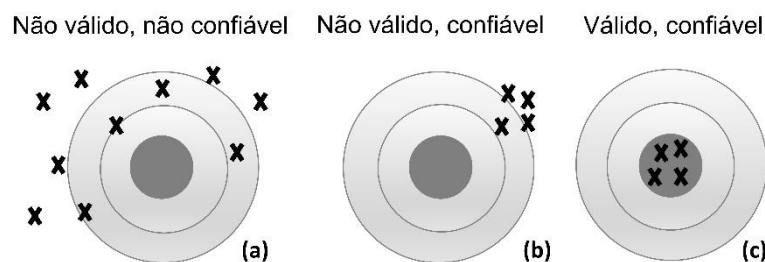


Figura 3 – Representação da validade e confiabilidade dos dados em analogia com tiro ao alvo.
 Fonte: Modificado de Brym et al. (2006).

A recusa de alguns cientistas em se envolver em pesquisa de métodos mistos está fundamentada em uma série de questões. Gray (2014) indicou que existem diferenças entre os paradigmas de ontologia e epistemologia dos métodos quantitativos e qualitativos. Os métodos quantitativos frequentemente assumem uma perspectiva objetivista e positivista, presumindo que os pesquisadores não estão envolvidos com os objetos de estudo. Por outro lado, os métodos qualitativos tendem a seguir uma perspectiva construtivista e interpretativista, presumindo que os fenômenos são construídos/interpretados por meio das interações dos pesquisadores com a realidade. Portanto, enquanto na pesquisa quantitativa o objeto de estudo é estático em relação à presença do pesquisador, na pesquisa qualitativa, dois pesquisadores podem ter diferentes construções do fenômeno (GRAY, 2014). Vale ressaltar que esses métodos quantitativos não são exclusivamente utilizados pelas ciências naturais. Nas ciências sociais, existem pesquisadores puristas quantitativos que acreditam que as observações sociais devem ser tratadas como entidades da mesma forma que os fenômenos físicos são tratados pelos cientistas físicos (JOHNSON; ONWUEGBUZIE, 2004).

Uma vez que os puristas afirmam que os métodos quantitativos e qualitativos são mutuamente exclusivos em relação à pesquisa, os pragmatistas aceitam a pluralidade e transcendem a dicotomia entre quantitativo e qualitativo. O pragmatismo, traduzido pelos métodos mistos, permite aos pesquisadores selecionar métodos e abordagens adequadas para suas perguntas de pesquisa, em vez de se basearem em preconceitos preestabelecidos (JOHNSON; ONWUEGBUZIE, 2004). Com isso em mente, o pragmatismo pode ser considerado a filosofia dos métodos mistos. A pesquisa com métodos mistos é, em termos gerais, uma abordagem ao conhecimento (teoria e prática) que tenta considerar múltiplos pontos de vista, perspectivas, posições e pontos de vista da pesquisa qualitativa e quantitativa (JOHNSON; ONWUEGBUZIE; TURNER, 2007).

Os principais desenhos dos métodos mistos são: (a) o desenho convergente concomitante (ou paralelo), também chamado de triangulação; (b) o desenho sequencial explicativo; (c) o desenho sequencial exploratório; e (d) o desenho incorporado (Figura 4) (CRESWELL, 2012). O objetivo do primeiro desenho é coletar simultaneamente dados quantitativos e qualitativos, mesclar os dados e usar os resultados para compreender um problema de pesquisa (Figura 4a); enquanto no desenho sequencial (Figura 4b e Figura 4c), a coleta de dados e o processo ocorrem em duas fases, com uma forma de coleta de dados seguindo e informando a outra. O objetivo do último desenho é coletar dados quantitativos e

qualitativos simultaneamente ou sequencialmente, mas uma forma de dados desempenhando um papel de apoio para a outra forma de dados (Figura 4d).

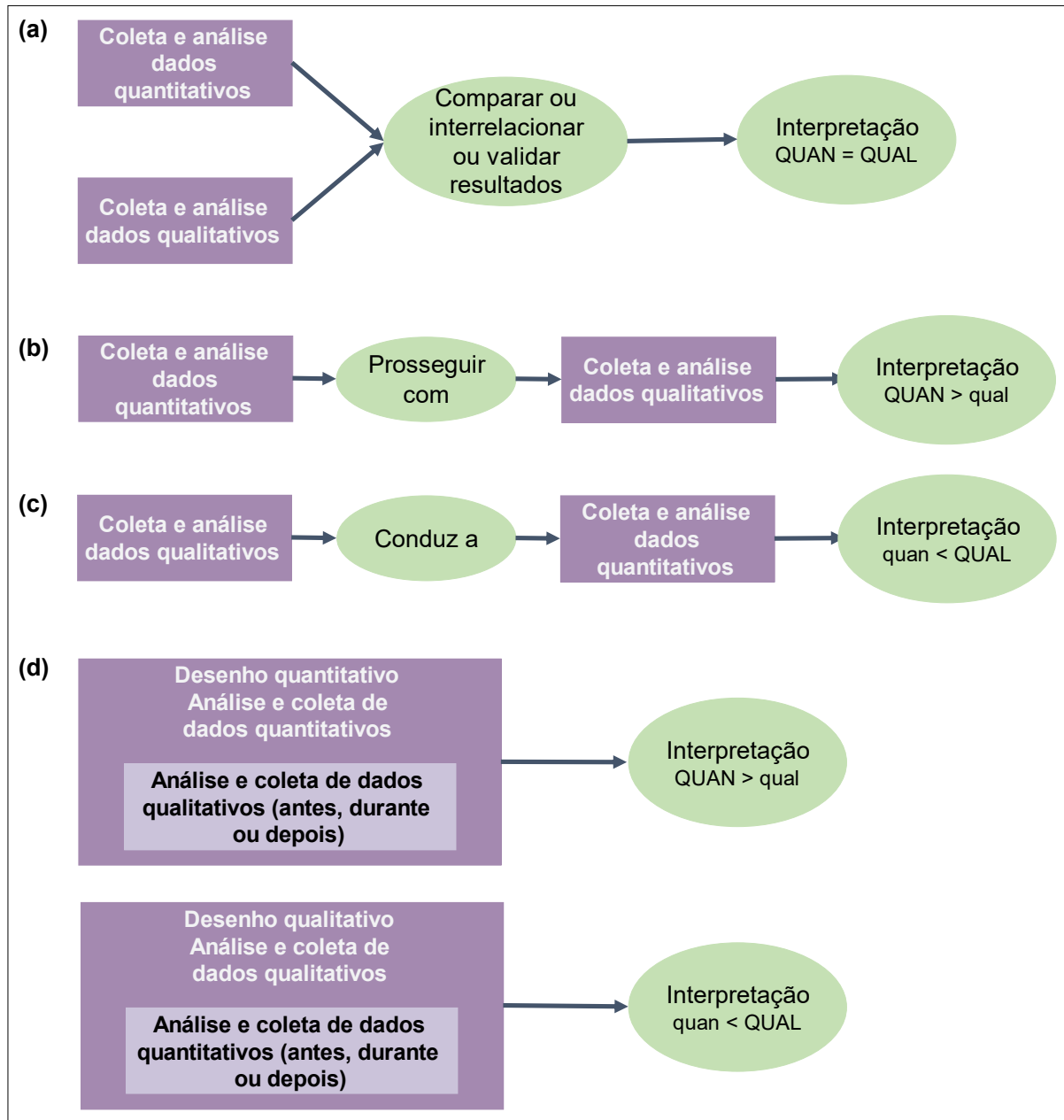


Figura 4 – Principais tipos de designs mistos: (a) desenho convergente paralelo (simultâneo), também chamado de triangulação; (b) desenho sequencial explicativo; (c) desenho sequencial exploratório; e (d) desenho incorporado. *QUAN=QUAL* significa igual ênfase em ambos os dados, *QUAN > qual* significa ênfase nos dados quantitativos e *quan < QUAL* significa ênfase nos dados qualitativos. Fonte: Modificado de (CRESWELL, 2012).

2.3.3 Escala Espacial

A escala espacial é uma definição da resolução em que os processos são observados em uma pesquisa. Na socio-hidrologia, não existe consenso sobre a escala espacial a ser utilizada de modo a ser coerente com os sistemas físicos e sociais (KOBAYAMA; GOERL; MONTEIRO, 2018). Existem críticas quanto ao uso da escala local devido ao interesse em compreender as interações globais (GLEESON et al., 2020; MCMILLAN et al., 2016; PANDE; SIVAPALAN, 2017), porém o estudo em escala global pode desprezar características locais relevantes para compreensão dos fenômenos (MOSTERT, 2018). Falkenmark (1979) destaca que as diferenças cultural, religiosa e social entre regiões introduzem grandes dificuldades na transferência de conhecimento e tecnologia de uma região para outra.

Vogel et al. (2015) argumentaram que as atuais condições hidrológicas em todo o planeta refletem a evolução do controle exercido pelo ser humano sobre a água local e regionalmente, sobre a modificação dos fluxos atmosféricos globalmente, e na qualidade das águas nas margens do oceano. A interdependência da relação global-local demonstra como as causas podem ter origem local, mas com consequência global, tal como, as causas podem ter origem global, mas seus impactos serem/visarem o local (LOURENÇO, 2014).

Visando transcender a polaridade entre as escalas espaciais local e global, Robertson (1994) e Swyngedouw (2004) desenvolveram o conceito de **glocal** expressando as conexões entre ambas as escalas. Compreender as características heterogêneas da escala local e como elas afetam a dinâmica global, tem a mesma relevância de compreender as conexões e influências que ocorrem em escala global e as consequências em escala local. Neste caso, o exemplo da pandemia de Covid-19 pode auxiliar na compreensão da escala glocal. Existem características homogêneas na escala global, porém as perdas e os impactos humanos, materiais, econômicos e ambientais se distinguem em virtude das características heterogêneas do local.

O conceito de glocal, inicialmente, desenvolvido nas ciências sociais e humanas, pode ser entendido como uma análise através de diferentes escalas espaciais (*across scale*), onde os processos que ocorrem em uma escala interagem com os processos em outra escala (SORANNO et al., 2014). As interações bidirecionais entre a sociedade e a água não se limitam a uma ou outra escala espacial, pois os processos físicos e sociais estão interagindo sob influência e influenciando através das escalas espaciais. Assim, assumir que apenas a escala global seja adequada pode dificultar a compreensão de determinados processos influenciados

por características específicas identificadas apenas em estudos de escala local, bem como, em escala local, estudos isolados podem não representar adequadamente as conexões e interações com outros locais. Ao reconhecer as interações bidirecionais entre a sociedade e a água como objeto de estudo da socio-hidrologia, também se faz necessário reconhecer as interações entre as escalas espaciais global e local, integrando-as para melhor compreender seu objeto de estudo.

2.4 Desastres como resultado de interações negativas entre componentes físicos e sociais

Desastres são definidos como graves distúrbios no funcionamento de uma comunidade ou sociedade devido à interação de eventos perigosos com as condições de exposição, vulnerabilidade e capacidade de resposta de uma comunidade, resultando em um ou mais das seguintes perdas e impactos humanos, materiais, econômicos e ambientais (UNITED NATIONS - UN, 2016). Na legislação brasileira, desastre é o resultado de eventos adversos, naturais ou tecnológicos, sobre um cenário vulnerável exposto a ameaça, causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais (BRASIL, 2016). No Brasil, o termo perigo, muitas vezes, é substituído por ameaça (BRASIL, 2000).

Conforme Günther et al. (2017), existem duas vertentes predominantes na classificação dos desastres quanto à origem: a primeira se refere a naturais e antropogênicos e a segunda em naturais e tecnológicos. As mesmas autoras apontam que a classificação e a terminologia proposta pela segunda vertente prevalece em relação a primeira, sendo utilizada internacionalmente (BELOW; WIRTZ; GUHA-SAPIR, 2009) e também a nível nacional na Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE). Entretanto, existem diferenças entre as classificações internacional e brasileira quanto aos grupos e subgrupos dos desastres naturais (KOBAYAMA et al., 2018). Ao longo da presente pesquisa foi utilizada a classificação estabelecida a nível nacional (BRASIL, 2016), conforme descrito no Quadro 3 que compara ambas as classificações.

Embora denominado “desastre natural”, os desastres associados a fenômenos naturais perigosos não se tornariam um desastre sem a presença humana (O’KEEFE; WESTGATE; WISNER, 1976; UNITED NATIONS FOR DISASTER RISK REDUCTION - UNDRR, 2020). Apesar dos perigos serem fenômenos naturais, tais como terremotos e deslizamentos, os desastres não são naturais, pois as perdas e os impactos são resultantes de atos humanos, visto que por exemplo se um terremoto de mesma magnitude e frequência atingir parte do Japão ou

do Haiti, os impactos serão distintos. Além disso, embora o fenômeno seja natural, as ações humanas podem intensificar os perigos naturais por meio das alterações do uso e ocupação do solo e das mudanças climáticas (MARCHEZINI, 2014; MATTEDI; BUTZKE, 2001). Nesse contexto, muitos pesquisadores questionam o uso dessa terminologia, sugerindo a desnaturalização do desastre natural (FREITAS; NETTO, 2017; MARCHEZINI, 2014; MASSAZZA; BREWIN; JOFFE, 2019; MATTEDI, 2017; O’KEEFE; WESTGATE; WISNER, 1976; VALENCIO et al., 2009; WORLD BANK; UNITED NATIONS, 2010). Portanto, existem discussões que recomendam a substituição da denominação “desastre natural” por “desastre socio-natural”, visto que esse tipo de desastre depende tanto de fatores físicos como sociais, de modo que não é possível definir causa ou efeito, contudo, o termo oficialmente empregado é “desastre natural” (CHMUTINA; VON MEDING, 2019).

Quadro 3 – Classificação internacional e brasileira dos desastres naturais.

Classificação Internacional - CRED		Classificação Brasileira - COBRADE	
Grupo	Subgrupo	Grupo	Subgrupo
Geofísico	<ul style="list-style-type: none"> • Terremoto • Vulcanismo • Movimento de massa (seca) 	Geológico	<ul style="list-style-type: none"> • Terremoto • Emissão vulcânica • Movimento de massa Erosão
Hidrológico	<ul style="list-style-type: none"> • Inundações • Movimentos de massa úmida 	Hidrológico	<ul style="list-style-type: none"> • Inundações • Enxurradas • Alagamentos
Meteorológico	<ul style="list-style-type: none"> • Tempestades 	Meteorológico	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de grande escala • Tempestades (subtipos: tornados; tempestade de raios; granizo; chuvas intensas; vendaval) • Temperaturas extremas
Climatológico	<ul style="list-style-type: none"> • Temperaturas extremas • Secas • Incêndios 	Climatológico	<ul style="list-style-type: none"> • Secas (tipos: estiagem, seca, incêndio florestal, baixa umidade do ar)
Biológico	<ul style="list-style-type: none"> • Epidemias • Infestações de insetos • Debandadas de animais 	Biológico	<ul style="list-style-type: none"> • Epidemias • Infestações/pragas

No Brasil, o reconhecimento de um desastre está diretamente relacionado à intensidade de seus impactos, ou seja, a interação que ocorre entre o fenômeno natural perigoso e a sociedade. Mediante a ocorrência de um desastre que necessite atenção especial para as ações de resposta e de recuperação, o Chefe do Poder Executivo do local (município, estado ou Distrito Federal) pode decretar Situação de Emergência para desastres de pequena e média magnitude e Estado de Calamidade Pública para grande magnitude (BRASIL, 2016). No

primeiro cenário, a situação de normalidade pode ser restabelecida com recursos em nível local ou complementados com aporte de recursos estaduais e federais. Já no segundo, são necessárias ações coordenadas do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e, até mesmo, auxílios internacionais. Para solicitar o reconhecimento federal, além do decreto, é necessário o preenchimento do Formulário de Informações sobre Desastres (FIDE) (BRASIL, 2012a).

No presente estudo, o termo oficial desastre natural é utilizado, porém ressalta-se a compreensão de que se refere a desastres relacionados a ocorrência de perigos naturais, que são controlados por processos naturais, cujos agentes desencadeantes podem ser intensificados ou ter origem nas ações antropogênicas (VILÍMEK; SPILKOVÁ, 2009), interagindo com condições sociais, tais como vulnerabilidade, causando perdas e impactos negativos. O “desastre natural” não é produto unicamente de uma dimensão natural ou de uma dimensão social, mas se constitui das interações mútuas ao longo do tempo e do espaço entre componentes sociais e físicos que desempenham papel importante na definição dos riscos e dos impactos dos desastres.

A intensificação de eventos perigosos extremos combinada com a complexidade das sociedades propicia a ocorrência de desastres em cascata, onde os efeitos de um primeiro desastre interagem com outros componentes físicos e sociais resultando em impactos que se amplificam a partir de uma progressão não-linear ao longo do tempo (PESCAROLI; ALEXANDER, 2015). Em geral, um dos efeitos primários é amplificar as consequências devido à interrupções no funcionamento de infraestruturas críticas, que são “instalações, serviços, bens e sistemas cuja interrupção ou destruição, total ou parcial, provoque sério impacto social, ambiental, econômico, político, internacional ou à segurança do Estado e da sociedade” (BRASIL, 2018). A disponibilidade dessas infraestruturas, tais como provimento de água, energia, alimentos, e tecnologias de informação e comunicação, traz prosperidade à sociedade (FEKETE, 2011), porém elas podem ser fisicamente danificadas na ocorrência de desastres, afetando os serviços fornecidos por elas e causando um efeito dominó em outros sistemas (KADRI; BIRREGAH; CHÂTELET, 2014), expondo a sociedade a novos riscos.

Mediante o exposto, visando atingir as metas de redução de risco de desastres propostas pelo Marco de Sendai até 2030, é necessário compreender as interações entre ambos os componentes sociais e físicos para minimizar ou eliminar o risco, ou seja, a concretização do desastre e, conseqüentemente, a perturbação do funcionamento da sociedade. Monte et al., (2021) sugerem compor o risco como produto da vulnerabilidade e do perigo, respectivamente, representando os componentes sociais e físicos. Embora seja uma forma simplificada de

representação do risco, ao tratar ambos componentes de forma complementar, superam-se os paradigmas que enfocam em somente um dos componentes (DI BALDASSARRE et al., 2018; GAILLARD; MERCER, 2013; GILBERT, 1995; JACKSON; MCNAMARA; WITT, 2017) e se obtém uma perspectiva mais holística sobre o tema. Além disso, dessa forma, os componentes sociais são explícitos e incorporam elementos que vão além da perspectiva econômica do risco usual na gestão tecnocrática (abordagem *top-down*), onde apenas os danos monetários são considerados como aspecto social (BLÖSCHL; VIGLIONE; MONTANARI, 2013). A representação do risco baseado somente nas perdas econômicas não é suficientemente representativa para locais com desigualdade social, como no Brasil, onde os mais afetados podem ter danos materiais insignificantes quando comparado com as perdas intangíveis, como mortes, enfermos ou impactos indiretos decorrentes da vulnerabilidade social.

Mediante o exposto, é possível reconhecer e quantificar os riscos associados a perigos naturais, viabilizando que a comunidade ou sociedade se prepare melhor, reduzindo os riscos e aprendendo a lidar com os desastres, bem como se planejando e minimizando a ocorrência de desastres em cascata. As terminologias e respectivas definições adotadas na presente Tese são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Terminologias e definições adotadas ao longo do presente estudo.

Terminologia	Definição
Perigo natural	Função de características físicas (magnitude) e de características probabilísticas (frequência) de um fenômeno natural.
Vulnerabilidade	Características e circunstâncias de um sistema social que o tornam suscetíveis aos perigos. Ressalta-se que a vulnerabilidade não é unicamente uma representação das perdas em termos monetários.
Risco	Potencial de causar impactos negativos em decorrência da interação entre componentes físicos e sociais, obtido pelo produto entre o perigo e a vulnerabilidade.
Desastre	Ruptura no funcionamento de uma comunidade ou sociedade devido à concretização do risco, resultando em perdas e impactos humanos, materiais, econômicos e/ou ambientais.
Desastre em cascata	A ocorrência de um desastre desencadeia impactos que afetam a comunidade ou sociedade resultando em eventos secundários ou terciários que amplificam os impactos negativos do desastre.

3 Como a socio-hidrologia pode contribuir para redução dos riscos e dos desastres naturais?²

O ponto de partida da presente Tese se refere ao desenvolvimento teórico a partir da perspectiva que a socio-hidrologia pode ampliar sua atuação no campo dos desastres contribuindo para a redução dos riscos e dos impactos dos desastres associados aos perigos naturais. Ao estabelecer um campo de avanço sobre esse tema, o próprio desenvolvimento da socio-hidrologia pode se beneficiar devido a considerável participação de cientistas sociais em estudos sobre desastres.

Essas contribuições mútuas são pautadas na premissa que tanto a socio-hidrologia quanto os desastres naturais compartilham similaridades em seu objeto de estudo: ambos se referem a interações bidirecionais entre aspectos sociais e físicos. Para isso, foi desenvolvida um pesquisa exploratória, que se caracteriza por examinar um tema ou um problema de pesquisa pouco estudado a fim de viabilizar a formulação de hipóteses (GIL, 2008; SAMPIERI; COLLADO; BAPTISTA LUCIO, 2013). Assim, este capítulo se dedica a apresentar a justificativa para a socio-hidrologia no campo dos desastres (item 3.1), discutir sobre o pensamento dicotômico que envolve os estudos sobre desastres naturais (item 3.2), explanar sobre as contribuições da socio-hidrologia para redução dos riscos e dos desastres, apontando a hipótese estabelecida ao longo desta pesquisa exploratória (item 3.3).

² O presente capítulo é baseado no artigo publicado: Vanelli, F. M.; Kobiyama, M. (2021). How can socio-hydrology contribute to natural disaster risk reduction?, **Hydrological Sciences Journal**, 66:12, 1758-1766, <https://doi.org/10.1080/02626667.2021.1967356>.

3.1 Justificativa

De acordo com a base de dados global *Emergency Disasters Database* (EM-DAT), mantida pelo Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres (*Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* – CRED) com colaboração da Organização Mundial da Saúde (*World Health Organization* – WHO), os números de desastres associados a perigos naturais registrados em 2019 quase triplicou em comparação a 1980, atingindo o número máximo de registros em 2002 (Figura 5). Ocorreu um crescimento abrupto no número de registros entre 1980 e 2000, onde 523 eventos foram registrados em 2000. Desastres naturais, tais como o tsunami no oceano Índico em 2004, furacão Katrina em 2005, ciclone Sidr em 2007, e muitos outros resultaram em uma média anual de 448 registros entre 2000 e 2009. Durante o período 2010-2019, a média anual foi de 376 registros, valor inferior ao registrado no período 2000-2009, porém é o dobro dos registros do período 1980-1989. Além disso, os danos materiais atingiram valores mais elevados durante o período 2010-2019 do que durante o período 2000-2009. Hoeppe (2016) mostrou que a frequência das perdas relevantes aumentou muito significativamente ($p < 0,001$) desde 1980. Embora existam incertezas em relação às estatísticas dos desastres (QUARANTELLI, 2001), os dados do EM-DAT são amplamente utilizados em artigos científicos, relatórios técnicos e documentos governamentais (PANWAR; SEN, 2020), com melhor consistência dos dados a partir da década de 1980 (ADIKARI; YOSHITANI, 2009).

Mediante cenários de alterações no regime hidrológico e intensificação de eventos hidrológicos extremos de mínima e de máxima decorrentes de mudanças climáticas e modificações aceleradas no uso e ocupação do solo (BRÊDA et al., 2020; CHAGAS; CHAFFE; BLÖSCHL, 2022; INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2021) é urgente aprimorar os conhecimentos e as estratégias para reduzir os danos humanos e materiais associados aos desastres naturais. Para isso, torna-se imprescindível buscar respostas à pergunta: “Como a sociedade e os perigos naturais se moldam um ao outro?”.

O Marco de Sendai para Redução do Risco de Desastre proposto pelas Nações Unidas determina que para atingir suas metas de redução de mortes, pessoas afetadas e perdas materiais é necessário a compreensão do risco de desastre baseado em todas suas dimensões, a aplicação de uma análise integrada, bem como o envolvimento e a parceria de toda a sociedade (UNITED NATIONS FOR DISASTER RISK REDUCTION - UNDRR, 2015). Similarmente, o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas enfatiza a necessidade da criação de

grupos multidisciplinares e transdisciplinares pois os riscos podem ser provenientes não só dos impactos das mudanças climáticas, mas também das respostas humanas às mesmas (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2021).

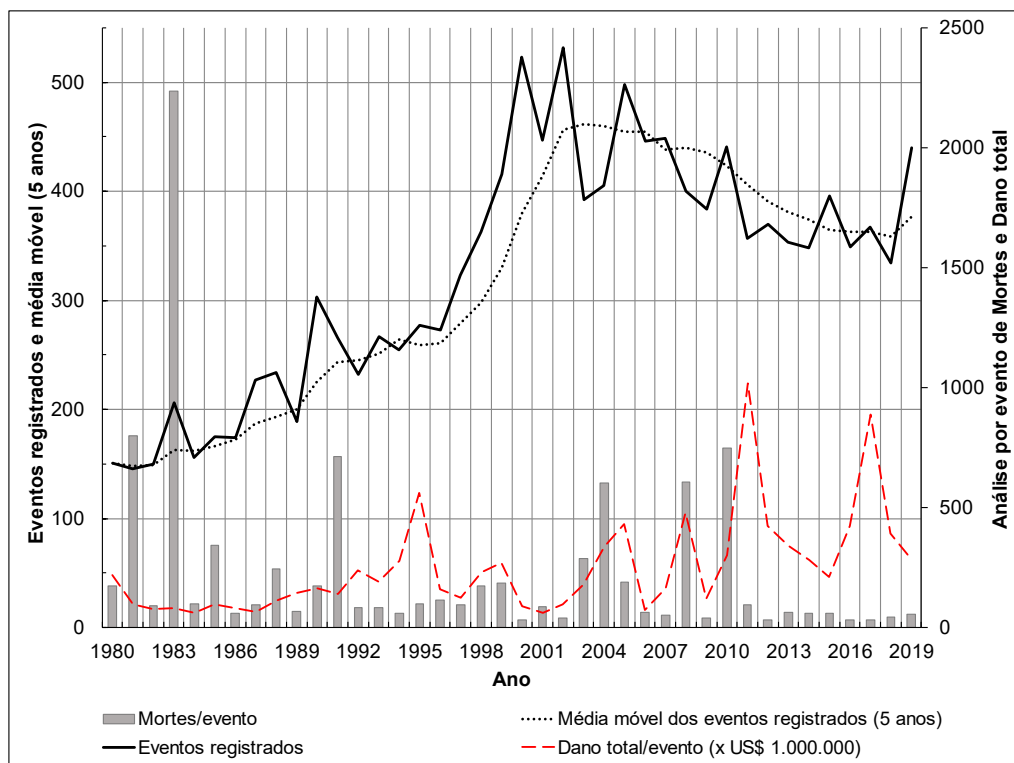


Figura 5 - Desastres naturais registrados entre 1980 e 2019, análise da média móvel de 5 anos, número de mortes por evento e dano total por evento.

Portanto, para redução de mortes, pessoas afetadas e perdas materiais decorrentes de desastres naturais é necessária a integração entre os conhecimentos das ciências naturais e das sociais, bem como o conhecimento empírico da população local. A socio-hidrologia pode contribuir na integração desses diferentes tipos de conhecimento para o estudo dos componentes físicos e sociais entrelaçados, ampliando a compreensão das interações mútuas entre os componentes sociais e físicos que envolvem os desastres ao longo do tempo e do espaço. Portanto, avançar a socio-hidrologia em pesquisas sobre desastres naturais converge com as necessidades atuais de mitigação dos riscos e redução dos impactos negativos dos desastres.

3.2 Dicotomias associadas aos desastres naturais

Uma vez que os desastres naturais são produtos de dimensões naturais e sociais, tanto as ciências naturais como as ciências sociais têm-se dedicado a estudar os desastres a partir das suas próprias perspectivas. Os diferentes aspectos dos desastres despertam a atenção de uma gama variada de profissionais, onde pesquisadores em ciências naturais concentram-se nos processos hidrológicos, meteorológicos, geomórficos, geofísicos e outros aspectos naturais, enquanto que os cientistas sociais estudam a organização social, traumas psicológicos, comportamentos institucionais, etc. (e.g. KNEZ et al., 2018; MATTEDI, 2017; SKILODIMOU et al., 2019; ZHOU; LIU; FAN, 2020). Individualmente, cada ciência procura compreender aspectos distintos dos desastres, utilizando as suas próprias abordagens e métodos de pesquisa que podem muitas vezes construir barreiras na comunicação entre estas ciências. Essas diferentes perspectivas resultam em desafios no diálogo, como por exemplo, demonstrou Marchezini (2020) ao relatar que como sociólogo trabalhando na agência nacional de alerta de desastres é questionado por seus colegas (meteorologistas, engenheiros civis e ambientais, físicos, matemáticos e geógrafos) sobre “O que um sociólogo faz aqui?”.

Apesar dos desastres naturais serem multifacetados, denota-se que duas abordagens com ênfases distintas e tratadas como opostas predominam nos estudos sobre desastres naturais: o paradigma do perigo e o paradigma da vulnerabilidade (BLÖSCHL; VIGLIONE; MONTANARI, 2013; DI BALDASSARRE et al., 2018; GAILLARD; MERCER, 2013; GILBERT, 1995; JACKSON; MCNAMARA; WITT, 2017). O primeiro enfoca no perigo natural (variável independente), onde a comunidade (variável dependente) reage contra um agente externo (o perigo). Em contraste, o segundo paradigma enfoca nos aspectos sociais, onde o desastre não é experienciado com uma reação ao fenômeno natural, mas sim uma ação, um resultado e, mais precisamente, como uma consequência social. Essas abordagens dicotômicas podem resultar em perspectivas parciais e limitadas, que geram dificuldades e distorções para efetivação de estratégias para redução do risco e do desastre.

Embora essa perspectiva dicotômica predomine, Gilbert (1995) propôs o paradigma que se baseia em três pontos: (i) o desastre está relacionado à incerteza que ocorre quando um perigo - real ou não - ameaça uma população, e o perigo não pode ser definido por meio de causas ou efeitos; (ii) a incerteza que emerge da sociedade moderna, como produto da organização social e não de fatores externos; e (iii) a incerteza nos problemas de comunicação - excesso e ausência de informação - que ocorrem dentro das comunidades (GILBERT, 1995).

Mattedi e Brikner (2019) denominam o paradigma da incerteza como paradigma do risco, onde os desastres são produzidos discursivamente. Superando a dicotomia entre componentes físicos e sociais, entende-se que ambos são ativos e dinâmicos e, como parte de um todo, estão interagindo e influenciando-se mutuamente, de modo que tecnologia e informação atuam como agentes forçantes. Já Di Baldassarre et al. (2018) defendeu a integração dos paradigmas do perigo e da vulnerabilidade para compreender as interações entre os processos físicos e sociais e fortalecer a elaboração de políticas para redução do risco de desastres.

Os paradigmas do perigo e da vulnerabilidade evidenciam, que embora aspectos físicos e sociais sejam igualmente importantes e complementares, os estudos são predominantemente realizados considerando estes aspectos como separados e independentes, por exemplo: (i) ciências naturais × sociais; (ii) dados e métodos quantitativos × qualitativos; (iii) escalas espaciais globais × locais; (iv) gestão tecnocrática (abordagem *top-down*) × comunitária (*bottom-up*); (v) medidas estruturais × não-estruturais; e (vi) conhecimento científico × conhecimento tradicional (BLÖSCHL; VIGLIONE; MONTANARI, 2013; DI BALDASSARRE et al., 2018; GAILLARD; MERCER, 2013; GILBERT, 1995; JACKSON; MCNAMARA; WITT, 2017; RUSCA; DI BALDASSARRE, 2019). Cada um destes componentes tem as suas próprias vantagens e limitações e ao serem analisados conjuntamente podem fornecer perspectivas holísticas e condizentes com a realidade. Ressalta-se que essas dicotomias não são inerentes ao desastre, mas se deve às diferenças de objeto de estudo e metodológicas entre as ciências que criam barreiras artificiais.

Os desastres são estudados por profissionais de diversas áreas, e assim é evidente que a formação acadêmica de cada um influencia sua perspectiva de estudo. Enquanto nas ciências naturais prevalece a abordagem com ênfase no componente físico, as ciências sociais enfocam no componente social. Estas dicotomias têm implicações imediatas tanto para a pesquisa sobre desastres naturais como para elaboração de políticas para redução dos riscos e dos desastres. Ao resultar em uma visão parcial e restrita dos desastres, a compreensão holística de como gerenciar os riscos e os desastres com vistas a reduzir os impactos negativos é dificultada. Assim, para apoiar o desenvolvimento de conhecimentos sobre a interação entre os perigos naturais e a sociedade, a superação do pensamento dicotômico é extremamente relevante, pois o objeto de estudo deve ser as interações em si.

Os estudos centrados em disciplinas isoladas fornecem subsídios importantes para se obter uma visão profunda dos processos físicos ou sociais e devem seguir como objetos de

estudo das ciências naturais e das ciências sociais, respectivamente. Contudo, a investigação de ambos, em uma análise integrada, é necessária para fornecer respostas à indagação: “Como a sociedade e os perigos naturais se moldam uns aos outros?”. Por exemplo, enquanto os hidrólogos e os cientistas sociais se concentram na compreensão de fenômenos relativos a água e a sociedade, respectivamente, os socio- hidrólogos devem se concentrar na interface entre ambos, ou seja, nas interações bidirecionais entre a sociedade e a água (KOBAYAMA; GOERL; MONTEIRO, 2018). A Figura 6 ilustra as ciências naturais que estudam os fenômenos perigosos naturais, as ciências sociais que estudam os aspectos relativos à sociedade, enquanto os desastres naturais devem ser foco de ciências interdisciplinares dedicadas ao estudo das interações dos componentes físicos e sociais, como a socio-hidrologia.

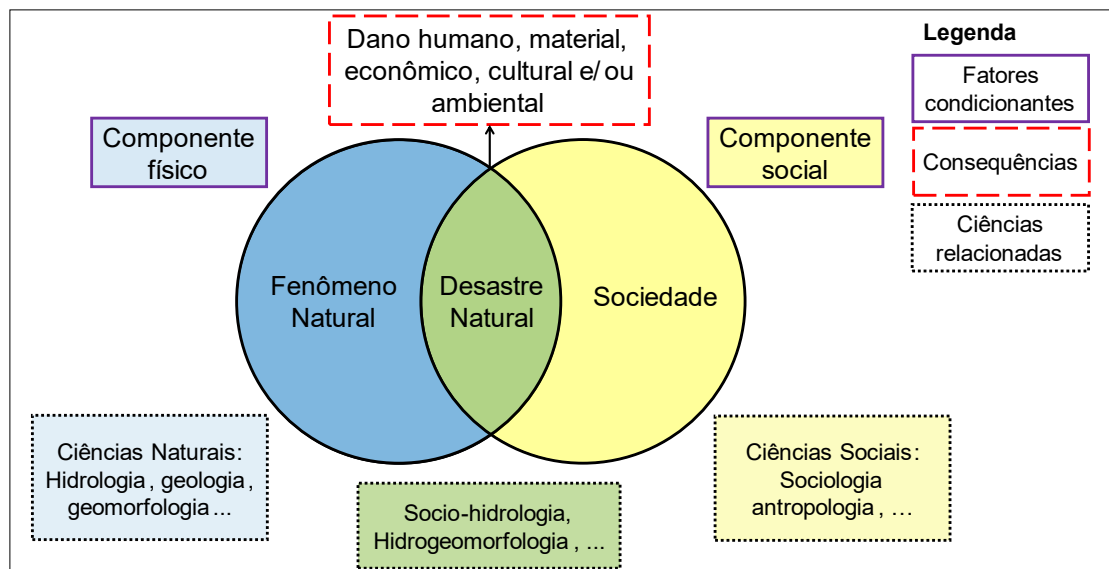


Figura 6 - Desastre natural e ciências relacionadas: estudos centrados nas ciências naturais e sociais para obter visão mais aprofundada dos respectivos componentes e abordagem interdisciplinar e integrada para compreender as interações mútuas entre ambos os componentes físicos e sociais.

O estudo da complexidade das interações entre os perigos naturais e a sociedade exige que se ultrapassem as atuais formas dicotômicas de pensar, tais como ciências naturais × ciências sociais; pesquisadores × comunidade; e quantitativo × qualitativo. Estes podem ser abordados integrando diferentes disciplinas (interdisciplinares), ciência e sociedade (transdisciplinares), e dados e métodos quantitativos e qualitativos (métodos mistos). A utilização de abordagens integradas, como proposto na socio-hidrologia, não significa uma "homogeneidade" das partes, mas considera que cada perspectiva é relevante e tem vantagens e desvantagens. Enquanto no pensamento dicotômico, o foco é dado apenas a uma parte de cada

vez (Figura 7a e Figura 7b), a análise integrada analisa os fenômenos entrelaçados do sistema acoplado (Figura 7d), e não apenas “soma” os resultados das partes individuais (Figura 7c). Portanto, uma análise integrada considera a mistura de pluralidade e diversidade de perspectivas, mantendo as características individuais de cada parte, fornecendo uma perspectiva mais holística do mundo real.

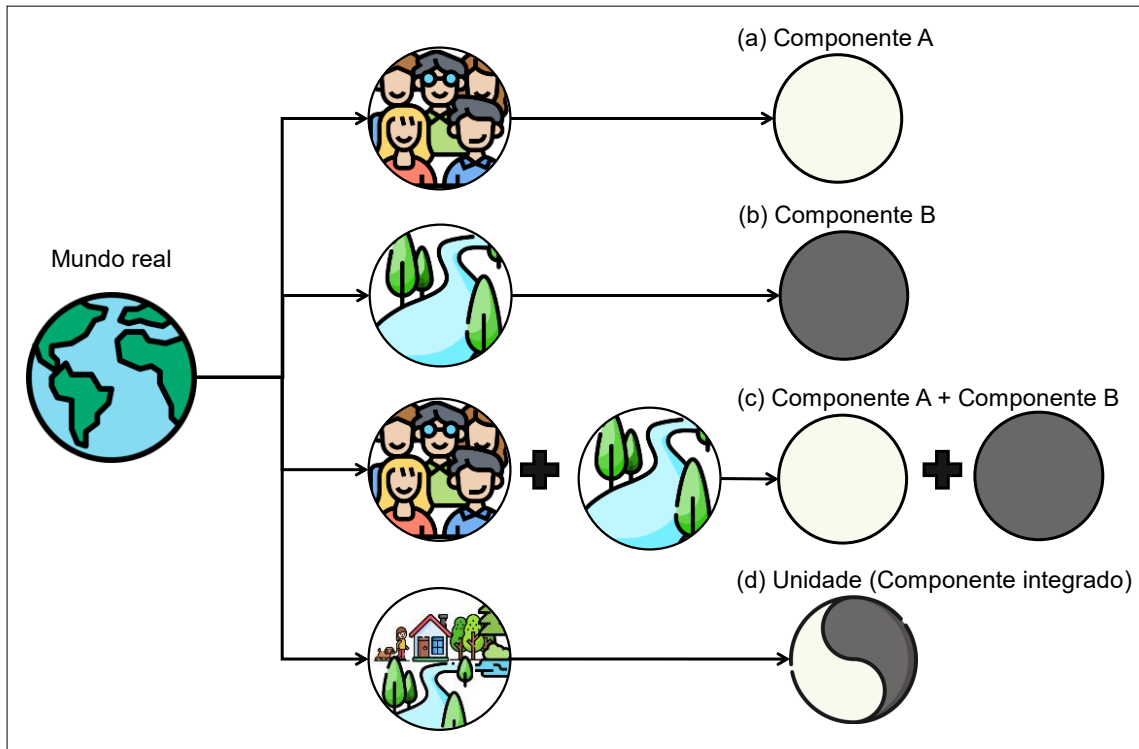


Figura 7 – No pensamento dicotômico, (a) e (b) as partes individuais são analisadas e, por vezes, (c) após a análise individual de cada uma das partes é feita a "soma" dos resultados; enquanto na análise integrada, como na socio-hidrologia, (d) os fenômenos entrelaçados são analisados.

É necessário salientar que trabalhar com o pluralismo de filosofias, metodologias e experiências é um desafio, mas fornece novas ideias, compreensões e potenciais soluções para problemas complexos (KRUEGER et al., 2016; RANGECROFT et al., 2021; SLATER; ROBINSON, 2020), como são os desastres naturais. Entretanto, ao reconhecer o pensamento dicotômico, é possível superá-lo a partir de uma análise integrada baseada nas ideias que os ditos opostos estão conectados e fazem parte da mesma unidade como teorizado na filosofia ocidental pela “unidade dos opostos” por Heráclito de Éfeso e na filosofia oriental pelo “Yin-Yang” (CAPRA, 2013). Assumindo esta perspectiva, uma análise integrada significa o processo de combinar as duas partes ditas "opostas", porém permanecendo a integridade dos

componentes individuais interagindo um com o outro em um sistema dinâmico e constituindo uma unidade que é mais forte que as partes individuais.

3.3 Contribuições da socio-hidrologia para a redução dos riscos e dos desastres

De todas as adversidades naturais e antropogênicas, os desastres relacionados à água são os mais recorrentes e representam grandes impedimentos para alcançar a segurança humana e o desenvolvimento socioeconômico sustentável (ADIKARI; YOSHITANI, 2009; KOBIYAMA; GOERL; MONTEIRO, 2018; UNITED NATIONS FOR DISASTER RISK REDUCTION - UNDRR, 2020). Apesar das inundações e dos eventos extremos de precipitação terem aumentado em mais de 50% na década de 2020, ocorrendo a uma taxa quatro vezes maior do que em 1980 (UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION - UNESCO, 2020), é importante implementar uma gestão simultânea que envolva inundações e secas para uma melhor concepção de medidas e estratégias de redução dos riscos e dos desastres (BLÖSCHL; VIGLIONE; MONTANARI, 2013; MATANÓ et al., 2022; WARD et al., 2020).

Entretanto, a relação entre água e desastres é mais ampla. A água está relacionada como agente desencadeador de forma direta e/ou indireta na maioria dos desastres. Em alguns tipos de desastres, como tempestades e temperaturas extremas, o papel da água é mais claro (GOPALAKRISHNAN, 2013) do que em outros, como erupções vulcânicas e terremotos. Pesquisas geofísicas indicam que o aumento da pressão de vapor de água nas zonas de subducção podem ocasionar erupções vulcânicas (PLANK et al., 2013; SHAW et al., 2008; WALOWSKI et al., 2015), bem como a água pode atuar como uma espécie de lubrificante nas zonas de falhas tectônicas permitindo que dois blocos de rochas adjacentes passem um pelo outro desencadeando terremotos (HUBBERT; RUBEY, 1959). Além disso, independentemente do tipo de desastre, uma das atividades mais críticas na fase de resposta ao desastre se refere ao fornecimento de água às vítimas, tanto para consumo quanto para limpeza dos locais atingidos visando assegurar a saúde pública das pessoas afetadas (KOUADIO et al., 2012; LONDE et al., 2014; PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, 2006; SUK et al., 2020).

Portanto, a água está fortemente ligada à redução dos riscos e dos desastres relacionados aos diferentes tipos de perigos naturais. Com base nisso, diferentes pesquisadores

(e.g. DALTON; MURTI; CHANDRA, 2013; DULAC; KOBIYAMA, 2017; KOBIYAMA; GOERL; MONTEIRO, 2018; WIERIKS; VLAANDEREN, 2015) recomendam que a Gestão dos Riscos e dos Desastres deve ser realizada de forma integrada com a Gestão dos Recursos Hídricos e executada concomitantemente para alcançar os objetivos do Marco Sendai e, conseqüentemente, para o desenvolvimento sustentável e erradicação da pobreza (UNITED NATIONS FOR DISASTER RISK REDUCTION - UNDRR, 2015).

Segundo a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), Lei Federal nº 12.608 (BRASIL, 2012b), o ciclo de Gestão de Proteção e Defesa Civil é composto por cinco ações: prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. A articulação dessas ações deve adotar uma abordagem sistêmica e envolver a União, os Estados, o Distrito Federal, os Municípios e a participação da sociedade civil (BRASIL, 2012b). Além das fases do ciclo de gestão citadas pela PNPDEC, outras fases também poderiam ser incluídas: o alerta que antecede o evento e as fases de reabilitação e reconstrução que conjuntamente a recuperação correspondem ao “*build back better*”, ou seja, “reconstrua melhor” (UNITED NATIONS - UN, 2016). Assim, o ciclo de Gestão de Proteção e Defesa Civil é composto pela Gestão de Risco e pela Gestão de Desastre e pode ser estruturado em três etapas interligadas: pré-evento, evento e pós-evento (Figura 13). Considerando as metas de redução das mortes, de pessoas afetadas e dos danos materiais, as ações da etapa pré-evento devem ser priorizadas a fim de minimizar os riscos dos desastres (BRASIL, 2012b).

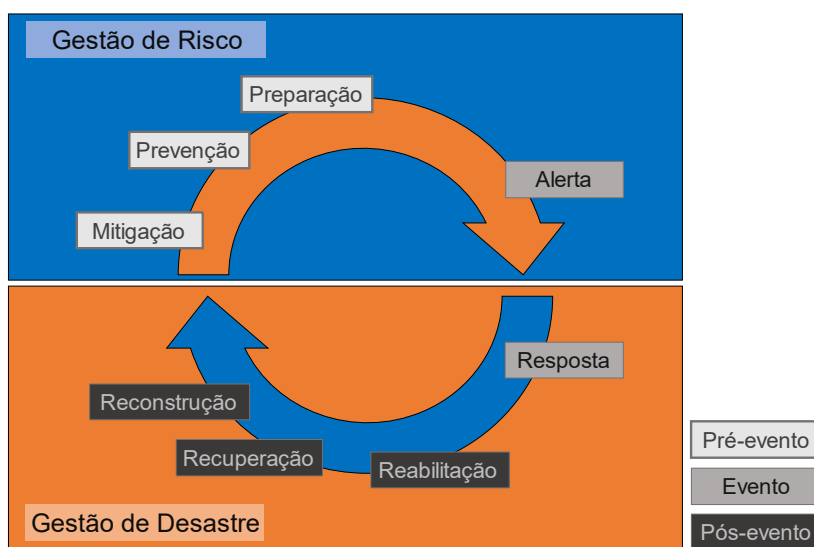


Figura 8 – Ciclo de Gestão de Proteção e Defesa Civil composta pela Gestão de Risco e pela Gestão de Desastre com as respectivas fases.

No Brasil, apesar da grande sinergia entre a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei Federal nº 9.433 (BRASIL, 1997) e a PNPDEC, é necessário maior intersetorialidade em sua execução (DULAC; KOBAYAMA, 2017). De fato, a integração entre a Gestão dos Recursos Hídricos e a Gestão de Riscos e de Desastres é urgente e necessária. Por exemplo, a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a gestão e planejamento dos recursos hídricos (BRASIL, 1997) e para análise das ações de prevenção de desastres relacionados a água (BRASIL, 2012b). Contudo, a gestão dos recursos hídricos na área urbana é regulamentada pelo Plano Diretor de Drenagem Urbana com planejamento a nível municipal (BRASIL, 2015) e a gestão de proteção e defesa civil é atribuída aos entes federados, ou seja, União, Estados e Municípios (BRASIL, 2012b). Assim, por exemplo, diferentes municípios inseridos em uma mesma bacia hidrográfica podem realizar planejamentos locais distintos e desconectados, porém os impactos das decisões locais podem afetar a todos. Portanto, embora o planejamento dos recursos hídricos e das ações de prevenção a desastres deva ser a nível de bacia hidrográfica, em geral, o planejamento se dá isoladamente a nível municipal.

Outro ponto relevante, se deve a PNRH instituir a gestão descentralizada dos recursos hídricos, compartilhando responsabilidades desde o Conselho Nacional de Recursos Hídricos até o nível local com os Comitês de Bacia Hidrográfica. Assim, a participação pública é incentivada na PNRH e também pode apoiar a redução de riscos e de desastres naturais. Os Comitês de Bacia Hidrográfica podem contribuir para o cumprimento de um dos objetivos da PNPDEC que se refere a promover a autoproteção das comunidades como um comportamento adequado de prevenção e de resposta em situação de desastre (BRASIL, 2012b).

Essa abordagem *bottom-up* reforça as relações entre os conhecimentos científicos globais e locais heterogêneos, aumentando a credibilidade e a implantação dos resultados finais (DE BRITO; EVERS; DELOS SANTOS ALMORADIE, 2018). Uma gestão descentralizada pode colaborar para diminuir o distanciamento existente entre o conhecimento produzido e a sua aplicação nas políticas e programas para redução dos riscos e desastres (WHITE; KATES; BURTON, 2001), bem como a cooperação entre a comunidade e os cientistas permite respeitar as características de cada contexto social, gerando soluções baseadas na comunidade, em vez de produções tecnocráticas genéricas (RAI; KHAWAS, 2019).

Ao se aproximar da população, os socio-hidrólogos podem criar uma rede de cooperação mútua. A troca de conhecimentos entre cientistas e membros da comunidade pode contribuir para uma melhor compreensão dos processos sociais e físicos e para desenvolvimento de soluções coproduzidas. As interações bidirecionais entre a sociedade e a água, mediante

cenários de intensificação de eventos extremos, de ocorrência de eventos compostos e em cascata e de transformações sociais, exigem abordagens menos segmentadas e setorializadas.

Enquanto as ciências naturais e sociais, em geral, aplicam os paradigmas do perigo e da vulnerabilidade, respectivamente, a socio-hidrologia pode se apoiar no paradigma da incerteza ou, também denominado, paradigma do risco. Este paradigma adota uma análise integrada ao considerar que tanto as dimensões físicas como sociais estão interagindo entre si, e a tecnologia e a informação atuam como agentes forçantes, que influenciam, positiva ou negativamente, na redução dos riscos e dos desastres. A Figura 9 ilustra algumas interações entre perigos naturais e a sociedade que influenciam a magnitude e a severidade dos impactos decorrentes dos desastres naturais. Estas interações bidirecionais entre perigos naturais e sociedade, bem como, diferentes combinações entre tecnologia e excesso ou ausência de informação geram resultados diferentes e não intencionais. Por exemplo, as decisões políticas e sociais podem incentivar a expansão da população e dos assentamentos sem regulamentação a uma maior proximidade do perigo natural ou promover o afastamento da população das áreas de perigo natural ou, ainda, a adaptação às condições locais estabelecendo uma convivência harmoniosa entre a população e o perigo natural. Por sua vez, o ambiente natural reage às atividades antropogênicas para manter o seu equilíbrio físico, como por exemplo, a retificação dos rios aumenta as velocidades do escoamento, afetando os locais de jusante. Outro exemplo, pode ser o corte do terreno para construção de estradas que pode gerar instabilidades aumentando a probabilidade de deslizamentos.

Embora a Figura 9 seja uma representação simplificada, em sua interpretação deve-se entender que os desastres naturais são resultantes de interações que ocorrem concomitantemente sob influências globais e locais. Aqui, como mencionado no item 2.2.3., cabe o conceito de glocal proposto por Robertson (1994) e Swyngedouw (2004) que evidencia que a escala local está sob influência da escala global, assim como as características heterogêneas da escala local afetam a dinâmica global. Um exemplo que pode ser citado é se um país decide não atender aos acordos internacionais quanto às emissões de gases de efeito estufa, as alterações nos regimes hidrometeorológicos decorrentes das mudanças climáticas poderão intensificar eventos extremos e resultar em desastres em outros países. Ao mesmo tempo, restrições de compra impostas por países vizinhos podem inibir essa ação. Portanto, os desastres naturais resultam da complexidade que envolve diversas incertezas, incluindo como a população interpreta o desastre a partir de conhecimentos tradicionais e parâmetros simbólicos relacionados à religião, por exemplo.

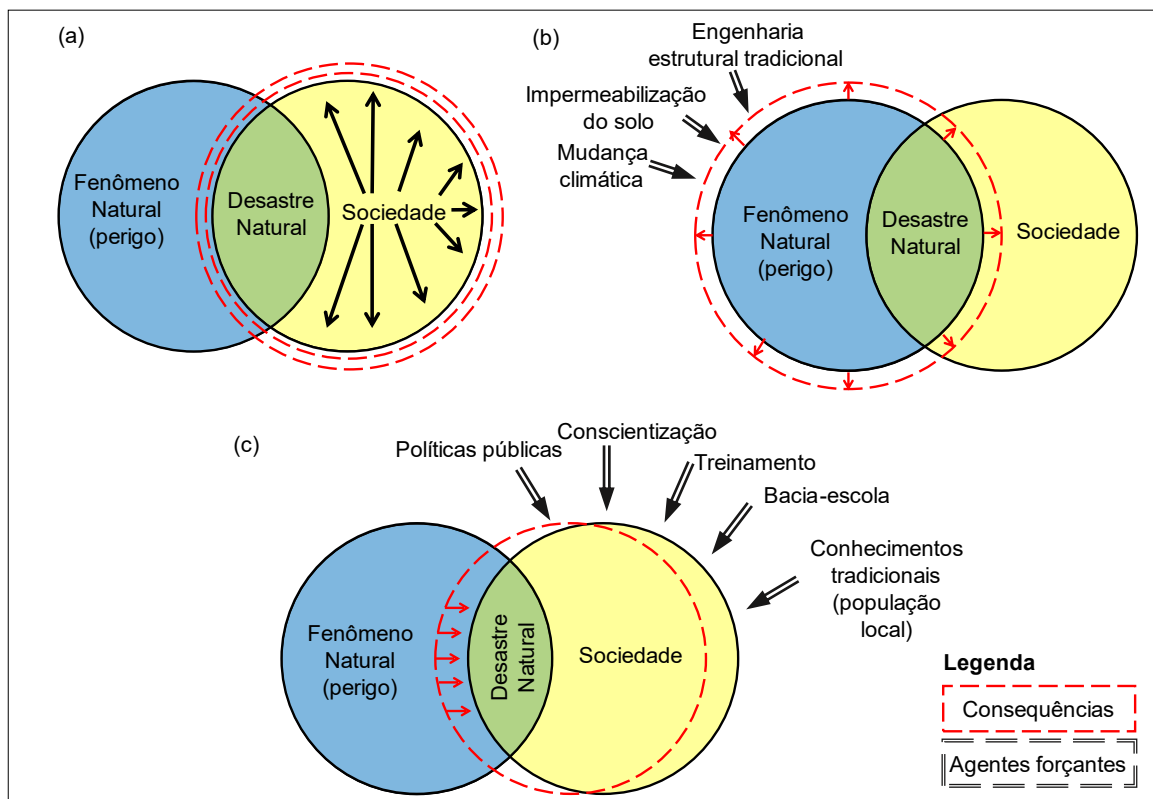


Figura 9 - Desastre natural como resultado das interações negativas entre componentes físicos e sociais.

A socio-hidrologia pode contribuir com a Gestão dos Recursos Hídricos, por meio do fornecimento de conhecimentos do sistema acoplado ser humano-água e da avaliação científica das consequências de suas implementações práticas (DI BALDASSARRE et al., 2019). Neste contexto, a socio-hidrologia pode também fornecer subsídios a Gestão de Riscos e de Desastres, contribuindo para sua integração com a Gestão dos Recursos Hídricos e, conseqüentemente, colaborando para aprimorar a intersectorialidade entre a efetivação das políticas públicas. Além disso, a socio-hidrologia pode auxiliar na implementação da gestão descentralizada baseada na comunidade visando a redução dos riscos e dos desastres. Sugere-se que a pergunta: “**Como a socio-hidrologia pode contribuir para a redução dos riscos e dos desastres naturais?**” seja respondida pela estrutura ilustrada na Figura 10. A socio-hidrologia, por meio da aplicação de uma análise integrada, emprega dados e métodos quantitativos e qualitativos baseados em interações entre as ciências naturais, principalmente, a hidrologia, e as ciências sociais, e interage com a sociedade, fornecendo subsídios para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, dos Riscos e dos Desastres com vistas a minimização dos riscos e dos impactos decorrentes dos desastres.

Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, dos Riscos e dos Desastres

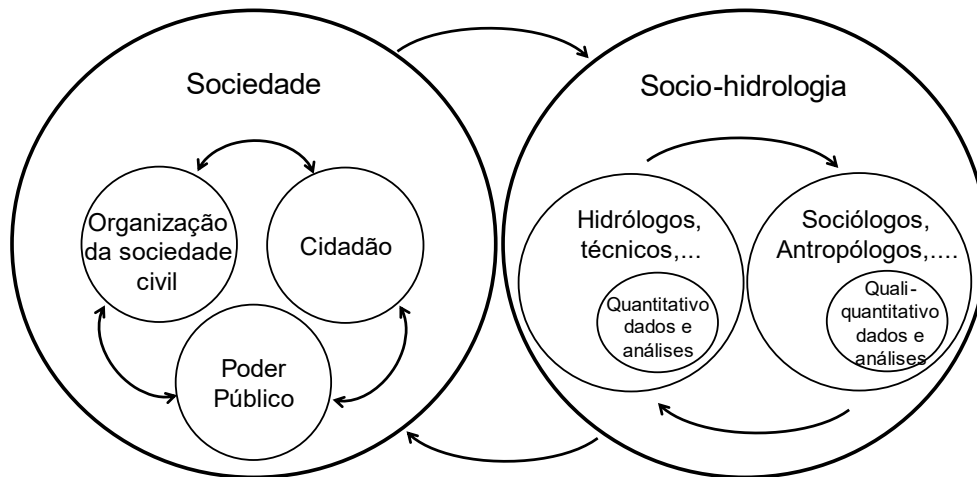


Figura 10 – Socio-hidrologia interagindo com a sociedade fornecendo subsídios para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, dos Riscos e dos Desastres Naturais com vistas a minimização dos riscos e dos impactos decorrentes dos desastres.

Mediante o exposto, a socio-hidrologia baseada na análise integrada pode ampliar a conexão entre o conhecimento científico e a tomada de decisões, desempenhando um papel chave para a redução dos riscos e dos desastres. Ressalta-se que a **socio-hidrologia pode contribuir para a redução do risco e dos impactos de todos os tipos de desastres naturais**, pois a água pode ser agente deflagrador direto e/ou indireto da maior parte dos desastres naturais e é essencial para assegurar a saúde pública das pessoas afetadas na etapa do pós-evento de todos os tipos de desastre natural. Portanto, delimita-se a hipótese que: “A socio-hidrologia pode contribuir para a redução dos riscos e dos desastres”, tendo como principais argumentos que a socio-hidrologia é capaz de contribuir para (i) o aumento da transdisciplinaridade ao envolver cientistas e cidadãos em um mesmo nível conectando os conhecimento locais e científicos com a tomada de decisões; (ii) a coprodução de conhecimentos aprofundados sobre o sistema acoplado ser humano-água; (iii) o subsídio para ações integradas entre a Gestão dos Recursos Hídricos e a Gestão de Riscos e de Desastres; e (iv) o aumento da confiabilidade e aceitação pela comunidade das estratégias para redução dos riscos e dos desastres.

4 Os estudos socio-hidrológicos sobre desastres naturais estão sendo verdadeiramente integrados?³

A partir da delimitação da hipótese no capítulo anterior, realizou-se uma pesquisa descritiva, cuja finalidade é descrever fenômenos, situações e eventos especificando características, sem estabelecer relações entre elas (SAMPIERI; COLLADO; BAPTISTA LUCIO, 2013). Ressalta-se que a hipótese foi pautada considerando a socio-hidrologia como capaz de fornecer uma visão holística de sistemas complexos a partir de uma análise integrada envolvendo dados e técnicas qualitativos e quantitativos, e conhecimentos das ciências sociais, das ciências naturais, especialmente hidrológicas, e da comunidade local. Entretanto, a revisão da literatura sobre o desenvolvimento da socio-hidrologia, apresentada no Capítulo 2, aponta que a socio-hidrologia de modo geral possui algumas lacunas quanto à análise integrada.

Mediante isso, o presente capítulo investigou o atual estado da arte dos estudos socio-hidrológicos com enfoque em desastres, riscos e perigos naturais com vistas a avaliar o quanto as aplicações são integradas em termos de análise dos sistemas físicos e sociais acoplados e do uso de diferentes tipos de conhecimento. Para isso, uma revisão sistemática foi conduzida sendo guiada pelas seguintes questões: (i) Quais são os desastres desencadeados por perigos naturais abordados nos estudos socio-hidrológicos?; (ii) Quais são as escalas temporal e espacial de análise?; (iii) Como os sistemas social e físico acoplados são ilustrados ou representados nesses estudos?; (iv) Quais são os métodos empregados para coletar e processar os dados?; e (v) Esses estudos são interdisciplinares e/ou transdisciplinares? Ressalta-se que, neste estudo, “sistema social” corresponde a indivíduos, grupos, instituições e suas interações e sistema físico se refere a componentes e processos físicos e suas relações.

³ O presente capítulo é baseado no artigo publicado: VANELLI, F. M.; KOBAYAMA, 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>

4.1 Metodologia

Para garantir objetividade, transparência e reprodutibilidade, a revisão sistemática seguiu os critérios da metodologia ROSES (HADDAWAY et al., 2018). As pesquisas foram realizadas nas bases de dados *Web of Science* (WoS) e *Scopus*, considerando somente artigos revisados por pares, em inglês e publicados em periódicos até 2020. Os seguintes termos de busca foram analisados nos campos título, resumo e palavras-chave do autor: (“socio-hydrology” OR “sociohydrology” OR “socio-hydrological” OR “sociohydrological” OR “socio-hydrologic” OR “sociohydrologic”).

O processo de revisão envolveu as etapas descritas na Figura 11. Primeiramente, os artigos duplicados ($n=189$) foram removidos da amostragem. Os 231 artigos remanescentes foram avaliados de acordo com os critérios de elegibilidade descritos na Tabela 1: primeiro, o título e o resumo e, em seguida, todo o texto. Um total de 54 artigos foram recuperados para análise total do texto. Desses, cinco foram descartados, pois se tratavam de revisões, editoriais ou artigos de opinião: Di Baldassarre et al. (2018), Borga et al. (2019), Gober e Wheeler (2015), Wens et al. (2019), e Westerberg et al. (2017). Outros cinco artigos foram removidos pois não incluíam componentes do sistema social. Por fim, 44 artigos foram selecionados como relevantes para atender ao objetivo da pesquisa.

Visando responder as questões de pesquisa, os artigos foram categorizados de acordo com os seguintes critérios: (a) país do estudo, (b) tipo de perigo natural, (c) escala espacial dos sistemas social e físico, (d) escala temporal dos sistemas social e físico, (e) componentes social e físico, (f) fontes de coleta dos dados social e físico, (g) técnica de processamento dos dados social e físico, (h) abordagem metodológica, (i) grau de interdisciplinaridade, e (j) transdisciplinaridade.

O grau de interdisciplinaridade foi classificado conforme estudos prévios (SEIDL; BARTHEL, 2017; XU et al., 2018) em “Monodisciplinar”, “Fracamente interdisciplinar ou multidisciplinar”, ou “Interdisciplinar ou multidisciplinar”. Para isso, foram consideradas as áreas de conhecimento de todos os autores com base em suas afiliações. A classificação referente à transdisciplinaridade foi realizada de forma binária a partir da análise se os estudos iam além das barreiras disciplinares e incluíam membros da sociedade em algum nível da pesquisa, como por exemplo, preenchimento de formulários ou participando de grupos focais, entre outras atividades.

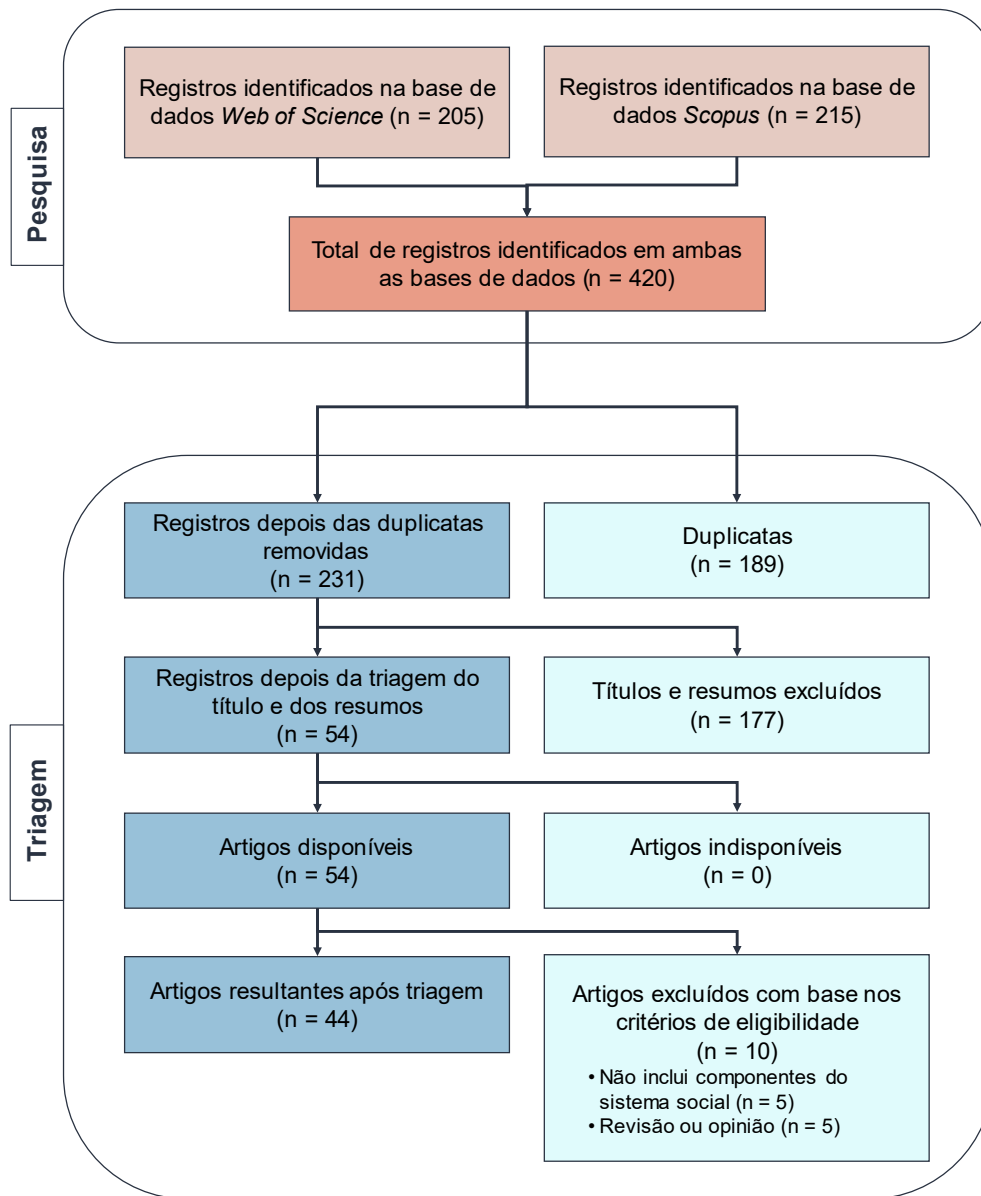


Figura 11 – Procedimento adaptado de ROSES para revisão sistemática. Note que ‘n’ indica o número de artigos em cada uma das etapas ou item.

A classificação das escalas espacial e temporal foi realizada considerando as escalas indicadas pelos autores em seus métodos ou resultados. Quanto à abordagem metodológica, a classificação foi definida em quantitativo, qualitativo ou misto, com base nas técnicas de coleta e processamento dos dados mencionados ao longo de cada artigo. Em casos que as técnicas usadas não eram claras, a classificação foi feita considerando a forma como os resultados foram analisados e apresentados.

Tabela 1 – Critérios de elegibilidade para identificar os estudos relevantes à análise.

Critério de inclusão	Critério de exclusão
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Foco em perigo, risco ou desastre natural (e.g. inundação, seca, movimento de massa, terremoto, dentre outros) ▪ Reconhecimento das interações entre sistemas sociais e físicos ▪ Estudo de caso (real ou hipotético) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Foco em qualidade de água, água virtual, agricultura, águas subterrâneas, sustentabilidade ou consumo de água sem análise do perigo, risco ou desastre natural em detalhe ▪ Artigo sem aplicação de componentes sociais ▪ Revisão, editorial ou artigo de opinião

4.2 Tipo de perigos naturais predominantes

Considerando os tipos de perigos naturais investigados nos 44 artigos analisados, os resultados indicam a predominância de estudos sobre inundação (77,3%). Poucos estudos investigaram secas (11,4%) e múltiplos perigos (11,4%). A maior parte dos estudos não detalharam os tipos de inundação ou secas investigados. Dos 34 artigos sobre inundação, somente 26,5% apresentaram detalhes sobre o tipo de inundação estudado: enxurrada (5,9%), enxurrada e inundação ribeirinha (2,9%), inundação costeira (5,9%), inundação urbana e costeira (2,9%), inundação costeira e pluvial (2,9%), inundação ribeirinha e costeira (2,9%) e inundação urbana (2,9%). Nenhum dos artigos especificou o tipo de seca investigado (i.e. seca meteorológica, seca hidrológica, seca agrícola). Isto é particularmente relevante porque os diferentes tipos de seca possuem diferentes implicações para seu gerenciamento (HAGENLOCHER et al., 2019).

Considerando os estudos múltiplos perigos, a maior parte desses estudos – 9,1% dos 44 artigos - investigaram secas e inundações (ALBERTINI et al., 2020; BAEZA et al., 2019; LERNER et al., 2018; SHELTON et al., 2018) e somente um artigo (MONDINO et al., 2020b) analisou inundação e fluxo de detritos ocorrendo como perigo composto. Outros tipos de perigos naturais, por exemplo, ondas de calor e terremotos, onde a água é um agente indireto e/ou essencial para a resposta ao desastre, não foram identificados.

4.3 Tendências das escalas espaciais

Diferentes escalas espaciais têm sido utilizadas nos estudos socio-hidrológicos, sendo que a maioria deles (86,4%) considera escalas espaciais distintas entre os sistemas social e físico

(Figura 12). Alguns estudos aplicaram mais do que uma escala espacial para os sistemas social (6,8%) e físico (2,3%). Estes estudos foram definidos como “Escala múltiplas” porque a presença de mais do que uma escala não implica interações através de diferentes escalas (*across scale*). Nenhum dos artigos revisados conduziu análise através de diferentes escalas, onde o resultado dos processos de uma escala interage com os processos em outra escala (SORANNO et al., 2014).

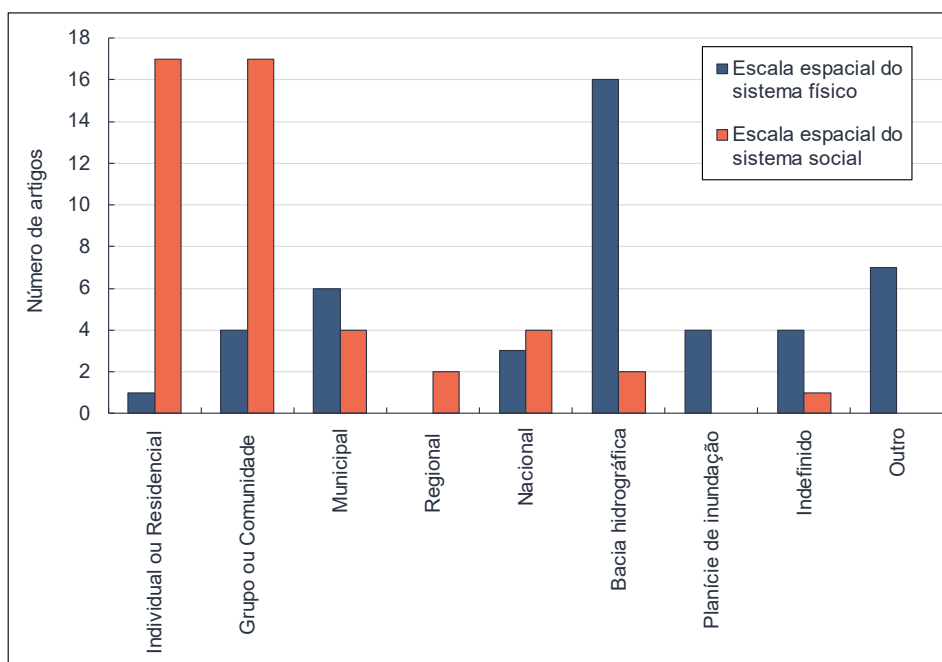


Figura 12 – Escala espacial usada para caracterizar os sistemas físico e social nos estudos socio-hidrológicos. O número total de artigos é maior do que 44 pois alguns artigos utilizaram mais do que uma escala.

Para análise do sistema social, existe uma preferência por escalas espaciais detalhadas, sendo “Individual ou Residencial” e “Grupo ou Comunidade” as mais utilizadas (36,2% cada). Embora não exista uma convenção sobre a escala espacial, os estudos socio-hidrológicos frequentemente empregam informação detalhada sobre as pessoas e comunidades expostas. Estudos que focam no nível individual possibilitam coletar dados comportamentais específicos. Entre os atores envolvidos nesses estudos, destacam-se companhias (GRAMES et al., 2019), agentes governamentais (ABEBE et al., 2019), uma pessoa por residência (MONDINO et al., 2020b), comunidades locais, representantes e pesquisadores (MAGHSOOD et al., 2019). Poucos estudos utilizaram unidades político-administrativas, tais como “Municipal” (8,5%), “Regional” (4,3%), e “Nacional” (8,5%). Isto é surpreendente pois as políticas públicas e leis

para redução dos riscos e dos desastres são frequentemente definidas por limites políticos. Nenhum dos estudos foi conduzido na escala “Global” e somente 4,3% usou a unidade básica da hidrologia “Bacia hidrográfica”, para caracterizar o sistema social.

Já para os sistemas físicos, 35,6% dos estudos aplicaram “Bacia hidrográfica” como escala espacial. Isto era esperado, visto que a bacia hidrográfica é a escala convencional para análises hidrológicas e, como indicado anteriormente, a maior parte dos estudos focaram em inundação. O uso de escalas espaciais baseadas em limites político-administrativas foi pouco frequente: “Municipal” (13,3%), e “Nacional” (6,7%). Não foram identificados estudos utilizando escalas “Regional” ou “Global”. Dos 44 artigos, somente 2,2% usaram escala espacial para o sistema físico “Individual ou Residencial” e 8,9% usaram “Grupo ou Comunidade”. Além disso, 15,6% dos estudos aplicaram outras escalas espaciais: estruturas de engenharia como barragens (WALLINGTON; CAI, 2020) ou pôlderes (SUNG et al., 2018; YU et al., 2017), delimitações físicas como aquíferos (BASEL et al., 2020) e planícies de inundação (FERDOUS et al., 2018, 2020; HAN et al., 2020; WANG et al., 2020). Em um dos estudos foi proposto uma nova unidade espacial denominada como “limites dos sistemas socio-hidrológicos” definida como o contorno externo da bacia hidrográfica e das redes de abastecimento de água (SAPOUNTZAKI; DASKALAKIS, 2016).

4.4 Tendências das escalas temporais

A variação evidenciada na análise das escalas espaciais não se repete em relação a escala temporal. A maior parte dos estudos (72,7%) utilizou a mesma escala temporal tanto para o sistema social quanto físico (Figura 13). Para o sistema físico, a análise foi predominantemente associada com uma ocorrência no tempo “Evento extremo (desastre)” (29,5%), seguido por “Anual” (27,3%). Para o sistema social, 50% dos estudos utilizaram a escala “Anual” e 4,5% investigaram processos de uma única ocorrência considerando a escala “Pós-desastre”. Geralmente, a escala temporal anual do sistema social foi associada com a aplicação de ferramentas, tais como modelos numéricos empíricos ou modelos baseados em agentes, resultando em uma sequência simulada de dados ao longo do tempo. Neste contexto, a indisponibilidade de séries temporais de dados sociais coletados *in situ* é uma lacuna notável, com a maioria dos estudos se baseando em dados simulados.

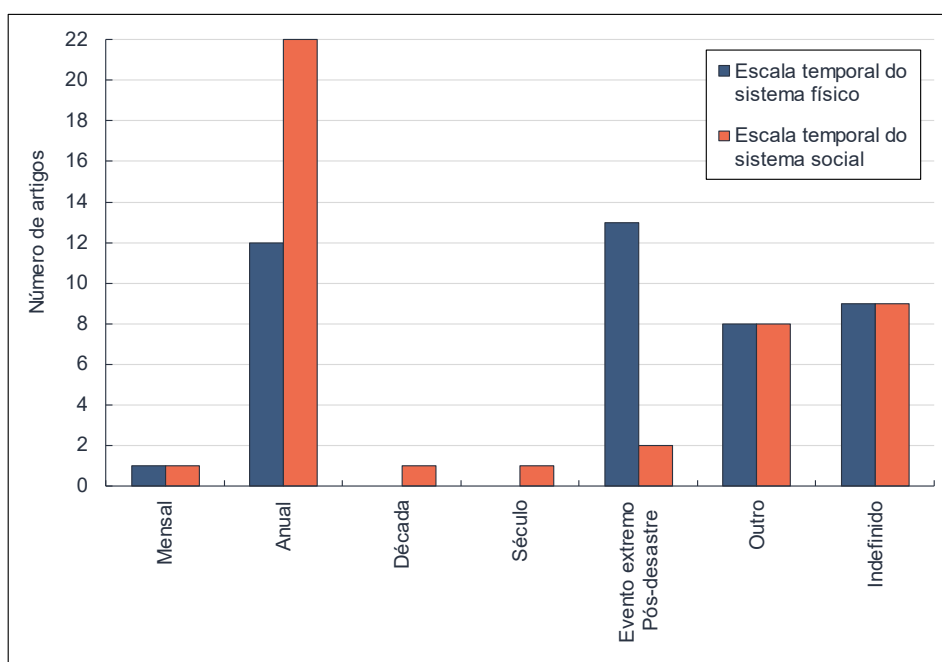


Figura 13 – Escala temporal usada para caracterizar os sistemas físicos e sociais em estudos socio-hidrológicos relacionados a desastres naturais.

Alguns estudos foram classificados como “Outro”, pois eles compararam diferentes períodos (HAN et al., 2020; NAKAMURA; OKI, 2018) ou conduziram questionários longitudinais em diferentes anos (MONDINO et al., 2020b). Em outro exemplo, Shelton et al. (2018) considerou quatro anos e quatro turnos por ano (dois de estação seca e dois de estação úmida). A escala temporal não foi claramente definida em 20,5% dos estudos.

4.5 Tendências dos componentes social e físico do sistema acoplado

Para compreender como os sistemas social e físico acoplados foram ilustrados ou representados, os estudos analisados foram classificados de acordo com seus componentes. A Figura 14 demonstra os componentes (a) físicos e (b) sociais de acordo com o perigo investigado. A maior parte dos estudos (56,8%) aplicou mais do que um componente social, enquanto 25% simplificaram o sistema físico considerando apenas um componente. Nos estudos focados em inundação foram empregados, em média, 1,4 componentes físicos e 2,4 componentes sociais por estudo; já, quando o foco foi secas, a média reduziu para 1,2 componentes físicos e 2,0 componentes sociais. Embora muitos estudos apliquem componentes similares, existe uma grande variedade de componentes utilizados, o que é um indicativo de

vitalidade no campo. Por exemplo, todos os quatro artigos que analisaram a ocorrência de inundações e secas aplicaram diferentes combinações de componentes (ALBERTINI et al., 2020; BAEZA et al., 2019; LERNER et al., 2018; SHELTON et al., 2018). Frequentemente, os componentes dos sistemas não foram descritos com detalhes, dificultando a reprodutibilidade dos resultados.

Para os sistemas físicos, o nível de água categorizado como componente “Hidráulico” foi empregado em 47,1% dos estudos que analisaram inundações (CIULLO et al., 2017; DI BALDASSARRE et al., 2017; VIGLIONE et al., 2014). Já em 60% dos estudos sobre secas foi utilizado o componente “Hidrológico” (BASEL et al., 2020; KUIL et al., 2016, 2019). Diversos artigos (38,6%) utilizaram outros componentes físicos, tais como nível de onda (SUNG et al., 2018; YU et al., 2017) ou perigo de inundação (FERDOUS et al., 2018, 2020; LEONG, 2018; MONDINO et al., 2020a, 2020b). Esse último não foi relacionado a características físicas associadas à magnitude, como velocidade e profundidade, e a características probabilísticas associadas à frequência, como recomendados em estudos que tratam sobre perigo de inundação (MONTEIRO; KOBAYAMA, 2013; STEPHENSON, 2002). Alguns estudos (13,6%) não identificaram os componentes físicos em detalhes e foram classificados como “Indefinido”.

Entre os 54 artigos que foram inicialmente avaliados, cinco deles foram excluídos pois não consideraram componentes sociais. Isso indica que o “social” na socio-hidrologia não está claramente definido, existindo divergências entre os autores sobre os conceitos e aplicações. Essa ambiguidade na definição de componentes do sistema social também foi identificada por Fischer et al. (2021). Em contrapartida, componentes físicos como vazão medida em m^3s^{-1} ou nível de água medido em m e suas relações causais são bem definidos e padronizados. Portanto, a análise atentou aos componentes sociais visando fornecer um quadro dos aspectos frequentemente considerados nos estudos socio-hidrológicos relacionados a desastres, riscos e perigos naturais.

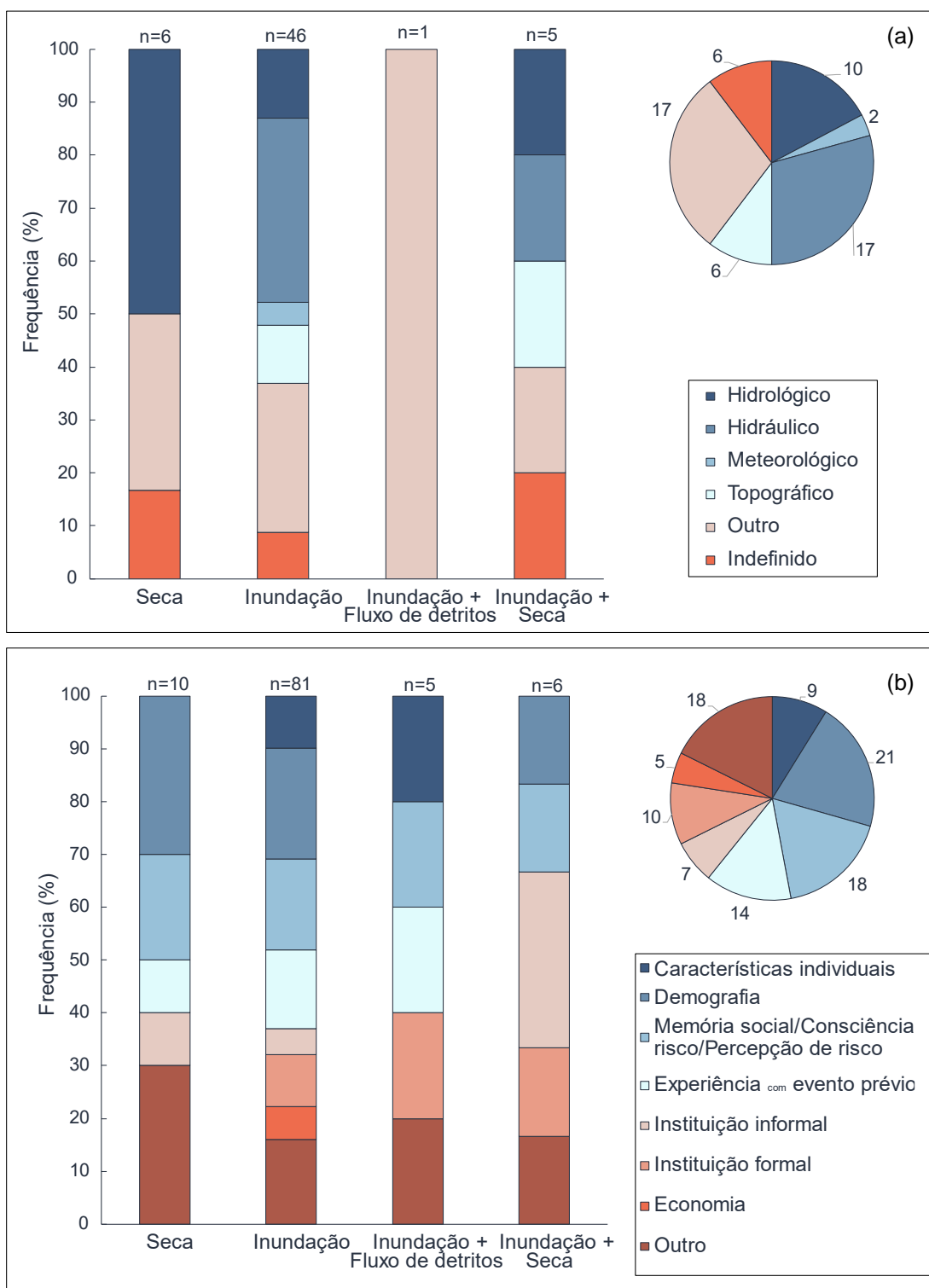


Figura 14 - Componentes (a) físicos e (b) sociais de acordo com o tipo de perigo natural. O número total de artigos é maior do que 44, pois alguns artigos utilizaram mais do que uma escala.

O componente social mais usado foi “Demografia” (47,7%) cujo uso possibilita avaliar a exposição das pessoas aos perigos naturais e o potencial de deslocamento populacional. O componente “Instituições informais” se refere ao comportamento da comunidade, tais como

regras locais ou atitudes e foi usado em 15,9% dos estudos. Enquanto “Instituições formais” se baseia em políticas, leis ou normas e correspondeu a 22,7% dos estudos. “Experiência com eventos anteriores” foi usado, principalmente, em estudos focados em inundação (27,3%), e foi associado com a magnitude do choque psicológico experienciado (BUARQUE et al., 2020; DI BALDASSARRE et al., 2013b, 2017; VIGLIONE et al., 2014). Em um estudo sobre seca, Sapountzaki e Daskalakis (2016) investigaram as experiências das pessoas em secas anteriores aplicando questionários estruturados. Já em um estudo sobre inundação e fluxo de detritos, (MONDINO et al., 2020b) aplicou os seguintes componentes sociais: “Experiência”, “Consciência de risco”, “Instituição formal”, e “Características individuais”.

O único componente social que foi aplicado em todos os tipos de perigos naturais investigados foi “Memória social/Consciência de risco/Percepção de risco”. Estes conceitos foram agrupados, pois eles eram usados como sinônimo por vários autores (MICHAELIS; BRANDIMARTE; MAZZOLENI, 2020; SAWADA; HANAZAKI, 2020). Contudo, salienta-se que embora consciência de risco e percepção de risco sejam correlacionados, eles não são intercambiáveis (MONDINO et al., 2020a). Portanto, embora 40,9% dos estudos utilizaram este componente, falta a consolidação destes conceitos. Entre os estudos, 34,1% calcularam “Memória social/Consciência de risco/Percepção de risco” considerando a proporção dos danos da inundação, assumindo que a memória individual é uma função da exposição ao desastre (ALBERTINI et al., 2020; BUARQUE et al., 2020; DI BALDASSARRE et al., 2013b).

O componente social “Economia” foi usado por 11,4% dos artigos. Por exemplo, Abadie, Markandya e Neumann (2019) enquadraram a socio-hidrologia como um problema de otimização e incluiu uma avaliação econômica dos custos e benefícios, tais como o arrendamento de terrenos ocupados, e os custos de aumentar e substituir as defesas contra inundações. Sung et al. (2018) e Yu et al. (2017) consideraram a renda total anual por residência em seu modelo socio-hidrológico. Grames et al. (2016) introduziram uma otimização para investigar a interação entre os investimentos em defesas contra inundações da sociedade e seu capital produtivo. Em um estudo subsequente, Grames et al. (2019) focaram os estudos em decisões corporativas de investimentos em proteção às inundações. Em alguns estudos, tais como Di Baldassarre et al. (2013b), a economia foi mencionada, mas estava relacionada ao crescimento ou redução dos assentamentos em resposta às inundações. Dessa forma, estes estudos foram incluídos somente na categoria “Demografia”.

Muitos estudos foram classificados em “Outros”, como por exemplo, Kuil et al. (2016) que investigou as secas que afetaram a civilização Maia e, para isso, consideraram como

componentes sociais, a vulnerabilidade, além da memória e da demografia. De forma similar, Chen et al. (2016) considerou a sensibilidade da comunidade para estudar as inundações nos Estados Unidos, de modo que um alto valor de sensibilidade corresponderia a uma alta tendência da comunidade em realizar ações que favoreçam o meio ambiente.

4.6 Tendências dos métodos aplicados para compreensão do sistema social e físico acoplados

Para investigar o método mais comumente utilizado nos estudos, os artigos foram analisados e classificados de acordo com as fontes dos dados coletados e das técnicas de processamento utilizadas. Destaca-se que somente foram consideradas as fontes e as técnicas explicitamente mencionadas pelos autores. Portanto, a terminologia adotada foi a mesma citadas nos artigos originais. Mais do que 35% dos 44 artigos revisados não especificaram as fontes utilizadas para coletar os dados do sistema físico e 25% não especificaram para os dados sociais, sendo classificados como “Indefinido”. Dos 44 artigos, 34,1% empregaram mais do que uma fonte de dados para os componentes sociais, enquanto para os componentes físicos corresponde a 15,9%. Excetuando as classes “Outros” e “Indefinido”, as principais fontes dos dados dos componentes físicos correspondem às estações de monitoramento (“Estação fluviométrica” e “Estação pluviométrica”), mas também houve coleta por meio de “Questionários”, “Grupos focais” e “Entrevistas”. Já os dados dos componentes sociais foram, principalmente, coletados por meio de “Questionários”, seguido por “Dados censitários” e “Documentos oficiais”.

Em relação às técnicas de processamento dos dados, os modelos numéricos empíricos foram os mais utilizados para analisar os sistemas social e físico. Esta técnica quantitativa utiliza equações diferenciais para representar o sistema dinâmico e seus resultados não são detalhados, mas busca representar o sistema de uma forma mais geral (SIVAPALAN; BLÖSCHL, 2015). Um exemplo de um modelo socio-hidrológico que utiliza essa técnica foi apresentado por Di Baldassarre et al. (2015). Trata-se de uma simplificação do modelo prévio (DI BALDASSARRE et al., 2013b; VIGLIONE et al., 2014) que tem sido aplicado em diversos estudos (BUARQUE et al., 2020; CIULLO et al., 2017; DI BALDASSARRE et al., 2017; SAWADA; HANAZAKI, 2020) e foi modificado por Abadie, Markandya e Neumann (2019), que incluiu a “Economia” como componente.

“Análises estatísticas” e “Modelos baseados em agentes” foram utilizados para processar dados dos componentes sociais em 18,2% e 15,9% dos estudos, respectivamente. Poucos estudos aplicaram mais do que uma técnica para processamento de dados sociais (HORN; ELAGIB, 2018; MAGHSOOD et al., 2019; MONDINO et al., 2020b; SAPOUNTZAKI; DASKALAKIS, 2018) e somente um estudo aplicou duas técnicas (modelos numéricos empíricos e assimilação de dados) para processamento de dados sociais e físicos (SAWADA; HANAZAKI, 2020). Entre as técnicas categorizadas como “Outros”, Leong (2018), por exemplo, aplicou a metodologia quantitativa Q para investigar as subjetividades que explicam como a memória social das inundações resulta em diferentes respostas adaptativas e graus de vulnerabilidade.

Diversos tipos de fontes de dados e técnicas foram utilizados para analisar o mesmo componente em diferentes estudos. Dessa forma, foi conduzida uma análise de cluster e não foi possível identificar padrões ou tendências nos componentes e nas técnicas de coleta e de processamento utilizados. Para demonstrar essa diversidade, Nakamura e Oki (2018) consideraram o perigo de inundação e as instituições formais coletaram dados a partir de documentos oficiais e processados a partir da análise de conteúdo. Enquanto que Koutiva et al. (2020), mesmo aplicando componentes similares, obtiveram os dados a partir de questionários e grupos focais e realizaram o processamento dos dados aplicando modelo baseado em agentes. Esta diversidade e falta de diretrizes sobre dados e métodos dificultam a comparação entre os estudos.

A classificação da coleta das fontes dos dados e das técnicas de processamento (Figura 15) indicam a predominância de métodos quantitativos (65,9%), seguido por métodos mistos (22,7%) e qualitativos (11,4%). Embora a socio-hidrologia foi originalmente proposta como quantitativa (SIVAPALAN; SAVENIJE; BLÖSCHL, 2012), existem limitações em estudar o sistema acoplado ser humano-água exclusivamente utilizando dados e técnicas quantitativas (DI BALDASSARRE et al., 2021; RANGE-CROFT et al., 2021; WILSON; TODD WALTER; WATERHOUSE, 2015). Os resultados revelaram uma integração limitada entre os dados e técnicas quantitativos e qualitativos. De fato, mesmo quando utilizadas, as análises dos dados foram frequentemente conduzidas separadamente e seus resultados não foram combinados. Contudo, os métodos mistos podem fornecer contribuições valiosas para uma compreensão holística dos processos entrelaçados sociais e físicos. Alguns poucos artigos revisados aplicaram métodos mistos, tais como empregar dados qualitativos em modelos baseados em agentes (SHELTON et al., 2018) ou aplicar triangulação de dados (FERDOUS et al., 2018).

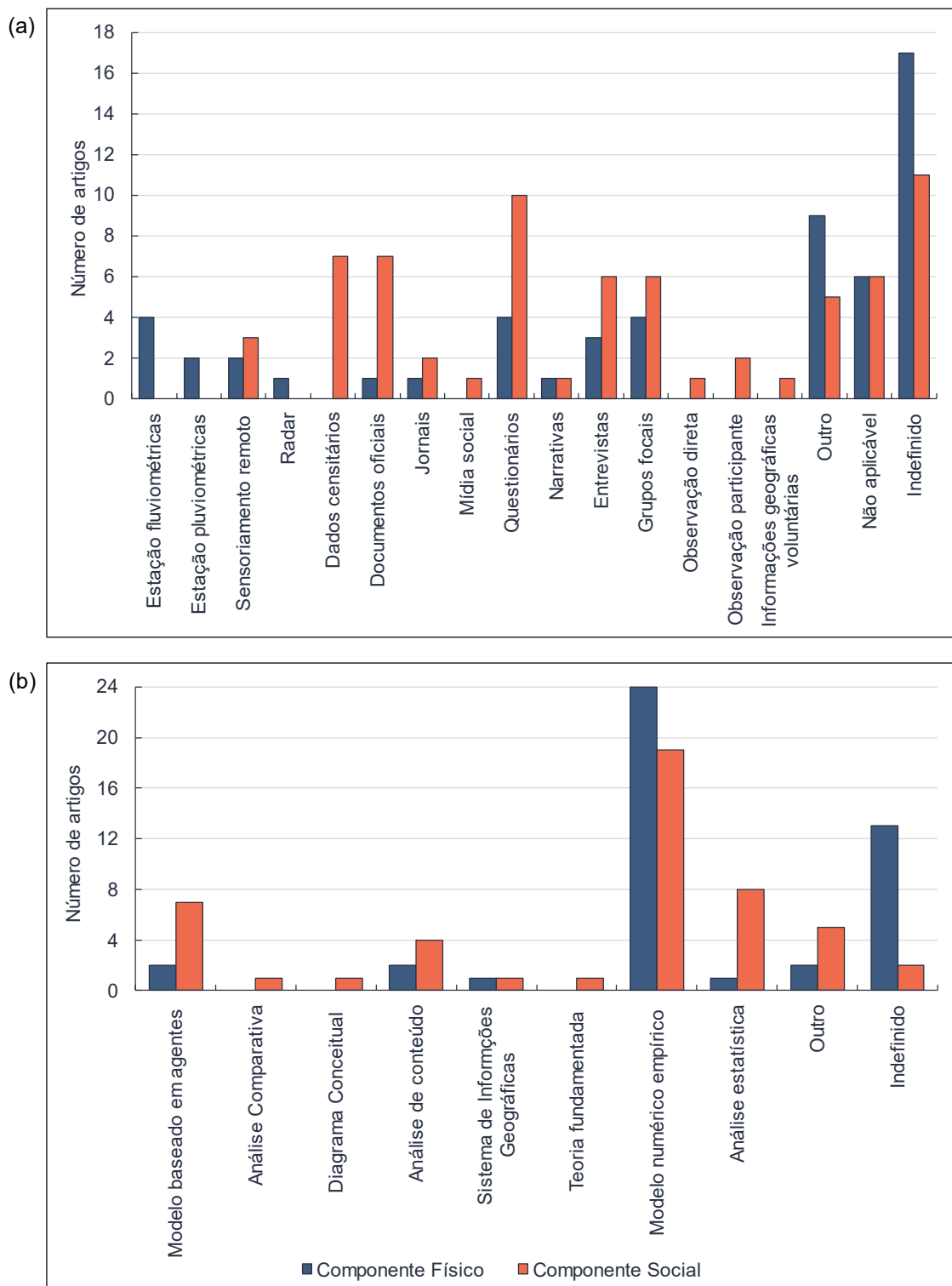


Figura 15 – (a) Fontes de coleta de dados e (b) técnicas de processamento dos dados para entendimento dos sistemas físicos e sociais. A soma não é igual a 44 pois a maior parte dos artigos utilizaram mais do que uma fonte de dados ou técnicas de processamento. “Não aplicável” se refere a estudos onde dados não foram coletados.

4.7 Tendências dos estudos quanto à interdisciplinaridade e transdisciplinaridade

Embora os desastres envolvam aspectos sociais e físicos, e conseqüentemente, diferentes técnicas e pesquisadores, a revisão sistemática demonstrou a predominância de estudos monodisciplinares (61,4%), principalmente das ciências naturais (Figura 16a). Estes resultados estão condizentes com aqueles encontrados por Seidl e Barthel (2017) e Xu et al., (2018): a socio-hidrologia é dominada por hidrólogos que adotam uma atitude hegemônica em relação à colaboração interdisciplinar dos cientistas. Entre os estudos multi ou interdisciplinares, os grupos de trabalhos frequentemente envolvem hidrólogos, geógrafos físicos, economistas, matemáticos e ecologistas (ABADIE; MARKANDYA; NEUMANN, 2019; BAEZA et al., 2019; MONDINO et al., 2020b). Ressalta-se que estes resultados devem ser interpretados com cuidado pois a classificação foi baseada nas afiliações dos autores, porém o departamento ao qual estão afiliados pode não refletir a sua especialização.

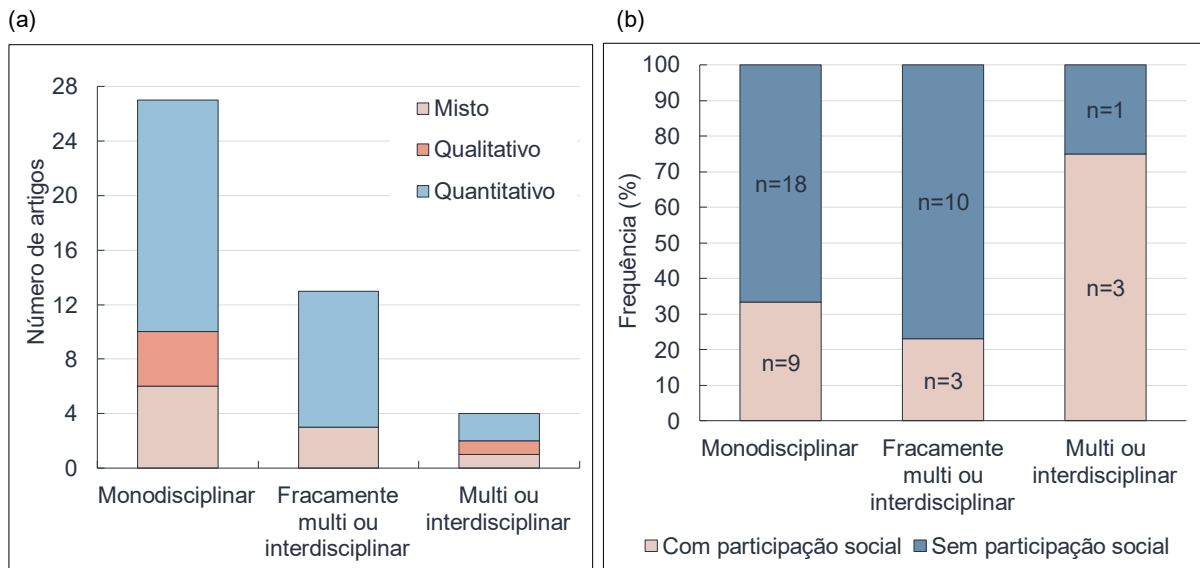


Figura 16 – Abordagem identificada nos estudos em termos de grau de (a) interdisciplinaridade e (b) transdisciplinaridade.

Além da baixa interação entre pesquisadores de diferentes disciplinas, a maior parte dos estudos também não envolve a população ou seus representantes. Entre os estudos monodisciplinares 33,3% incluem a participação de membros da sociedade, enquanto em estudos multi ou interdisciplinares, a maior parte dos estudos (75%) conta com a participação

social (Figura 16b). Isto pode conduzir a resultados que não são confiáveis pela população em geral e, portanto, não utilizados pelos interessados, uma vez que estes não foram envolvidos na análise (DE BRITO; EVERS; HÖLLERMANN, 2017; EVERS; ALMORADIE; DE BRITO, 2018). Nos poucos estudos transdisciplinares revisados, a participação da população ocorre em diferentes níveis. Mondino et al. (2020b) realizaram coletas longitudinais de dados sociais por meio da aplicação demais do que 450 questionários em duas comunidades. Ferdous et al. (2018) aplicaram aproximadamente 900 questionários e conduziram 12 grupos focais, com 20 participantes em cada. Já Koutiva et al. (2020) elaborou um modelo a partir dos resultados de questionários e grupos de discussão. Um dos coautores de Basel et al. (2020) se trata de um líder local que participou da escrita em colaboração com os pesquisadores.

4.8 Lacunas identificadas e perspectivas de pesquisa

A revisão sistemática possibilitou a elaboração de um panorama geral sobre os estudos da socio-hidrologia relacionados às pesquisas de desastres, riscos e perigos naturais. Embora tenham sido feitos progressos consideráveis durante a primeira década de desenvolvimento da socio-hidrológico, a revisão sistemática reconfirmou muitas lacunas persistentes, especialmente no que diz respeito ao grau em que as abordagens atuais são de fato integradas.

A primeira lacuna identificada se refere a predominância de estudos sobre inundação. Embora secas e múltiplos perigos causem danos consideráveis, esses tipos de perigos receberam menor atenção em comparação às inundações. Este resultado pode ser explicado pelo fato que as secas e os múltiplos perigos têm características mais complexas, o que torna a investigação dos sistemas acoplados mais desafiadora. É difícil pontuar o início, a recessão e a extensão espacial de uma seca (DE BRITO; KUHLLICKE; MARX, 2020), assim como múltiplas interconexões devem ser consideradas ao estudar os perigos compostos ou em cascata (KAPPES et al., 2012). No entanto, diante da expectativa de aumento nas ocorrências desses tipos de perigos (AGHAKOUCHAK et al., 2018; DE BRITO, 2021), esses eventos devem receber maior atenção nas investigações socio-hidrológicas. Além disso, todos os tipos de desastres podem ser considerados fenômenos socio-hidrológicos porque desastres estão diretamente e/ou indiretamente associados com a água, seja atuando com agente desencadeador ou por ser indispensável durante a resposta. Portanto, é necessário avançar a compreensão sobre

os processos físicos e sociais entrelaçados considerando as interações entre a sociedade e os diferentes tipos e combinações de perigos naturais.

A segunda lacuna se refere às análises através de diferentes escalas (*across scale*). A investigação das interações através das escalas espaciais é frequentemente preconizada pelos socio-hidrologos (e.g. DI BALDASSARRE et al., 2019; PANDE; SIVAPALAN, 2017; SIVAPALAN et al., 2014). Isto é requerido pois as interações entre a sociedade e os perigos naturais compartilham comportamentos não-lineares que são resultantes de agentes que interagem através de diferentes escalas espaciais e temporais (ADGER; ARNELL; TOMPKINS, 2005; BIRKMANN; VON TEICHMAN, 2010; NELSON et al., 2006; PETERS et al., 2004; RÄSÄNEN, 2021). Portanto reconhecer as interações através das escalas é fundamental para aprimorar projetos futuros, particularmente em sistemas dominados por dinâmicas sociais em mudança (SRINIVASAN et al., 2017; YORK; SULLIVAN; BAUSCH, 2019). Embora não tenham sido identificados estudos com essa escala na revisão no campo dos desastres, riscos e perigos naturais, existe esse tipo de análise em estudos socio-hidrológicos aplicados à gestão dos recursos hídricos (YORK; SULLIVAN; BAUSCH, 2019).

O uso da escala de análise estática limita a compreensão das conexões dos processos entre as escalas espaciais, o que pode resultar em práticas equivocadas (FORD et al., 2018). Nesse contexto, o conceito de glocal pode ser usado para fortalecer a ideia das interações e retornos que ocorrem através das diferentes escalas, onde conexões globais influenciam o nível local, ao mesmo tempo que as características heterogêneas influenciam as estratégias globais. Contudo, a criação de tais análises é um desafio devido à falta de dados sobre as interações do sistema acoplado ser humano-água (BRUNNER et al., 2021).

A terceira lacuna se refere a grande variedade de significados ao aspecto "social" na socio-hidrologia. Alguns artigos foram removidos durante a fase de triagem porque, embora os autores tenham declarado que tinham conduzido um estudo socio-hidrológico, nenhum aspecto social foi realmente considerado. Como Basel et al. (2020) salientaram, a socio-hidrologia está desenvolvendo o conhecimento das variáveis que impulsionam o sistema acoplado. Neste contexto, não existe consenso sobre os conceitos e as interpretações dos componentes sociais, o que dificulta as comparações entre os estudos e a produção de conhecimentos acumulados, bem como a identificação de padrões entre múltiplos estudos, ou seja, a realização de meta-análises. Assim, reitera-se a necessidade de uma compreensão mais profunda dos componentes sociais e das suas relações causais. Para isso, é essencial que os pesquisadores explicitem as variáveis que utilizam em seus estudos e as razões da escolha.

A quarta lacuna diz respeito à predominância de abordagens quantitativas para a coleta e processamento dos dados. A utilização de métodos mistos permite compreender melhor as diversas partes sociais, econômicas, ambientais e políticas que constituem os desastres naturais (ERIKSEN; GILL; BRADSTOCK, 2011). O uso de dados ou técnicas diferentes em uma abordagem mista é uma forma eficaz de verificar a sua validade e aumentar a confiança nos resultados (JICK, 1979; MUNAFÒ; DAVEY SMITH, 2018), além de que pode avaliar se os diferentes dados estão em convergência, se complementam ou se contradizem (O’CATHAIN; MURPHY; NICHOLL, 2010). Assim, a integração de métodos qualitativos e quantitativos deve ser utilizada em estudos futuros para examinar fenômenos socio-hidrológicos de múltiplas perspectivas, uma vez que isto permite expandir ou aprofundar a compreensão dos componentes sociais no sistema acoplado ser humano-água (DI BALDASSARRE et al., 2021; WILSON; TODD WALTER; WATERHOUSE, 2015). Para isso, diferentes tipos de desenhos de investigação podem ser utilizados, incluindo a coleta e análise simultânea de dados quantitativos e qualitativos (desenho paralelo convergente) ou a coleta e análise sequencial de dados (desenho sequencial explicativo ou exploratório) (CRESWELL, 2012).

A quinta lacuna se refere à baixa frequência de estudos envolvendo pesquisadores das ciências sociais e naturais, bem como entre cientistas e a população interessada, repercutindo em baixo grau de interdisciplinaridade e de transdisciplinaridade dos estudos socio-hidrológicos. Embora a área de conhecimento associado aos desastres, riscos e perigos naturais deva ser interdisciplinar, a maioria dos estudos revisados foram monodisciplinares, conduzidos por hidrólogos e com baixa participação da população. Quando existente, o engajamento social se limita à coleta de dados, sem direcionamentos claros a uma maior participação social. Tal fato traz à tona uma questão para reflexão: “Se a socio-hidrologia usa os mesmos métodos e perspectivas da hidrologia tradicional, como esperar que a socio-hidrologia alcance diferentes e novos conhecimentos sobre os sistemas complexos que envolvem o ser humano e a água?”.

As discussões colaborativas e a investigação entre as ciências sociais e naturais podem melhorar significativamente a forma como a investigação é concebida e realizada, bem como produzir resultados holísticos (CARR et al., 2020; RANGE-CROFT et al., 2021; THALER, 2021). Além disso, o desenvolvimento transdisciplinar contribui para a construção de perspectivas plurais, para transformar o conhecimento empírico em conhecimento prático e, particularmente para a redução do risco de desastres, aumentando a credibilidade e a implantação dos resultados (DE BRITO; EVERS; DELOS SANTOS ALMORADIE, 2018). Por meio do diálogo com os principais intervenientes e com os decisores, podem ser projetados

modelos e soluções que atendam às necessidades da população. No entanto, segundo Klenk et al. (2015), uma investigação verdadeiramente transdisciplinar vai além e conta com uma alta participação da população interessado que atua como coprodutores dessas soluções.

A sexta lacuna aponta a falta de transparência e abertura nos estudos revisados. Alguns artigos foram excluídos porque não descreviam os componentes social ou físico. Além disso, uma grande parte dos estudos não forneceu descrições claras sobre as escalas temporal e espacial adotadas e das técnicas de coleta e processamento dos dados utilizados. Isto restringe a reprodutibilidade e a replicação dos resultados da investigação e vai contra os princípios orientadores do Localizável, Acessível, Interoperável e Reutilizável (do inglês *FAIR - Findable, Accessible, Interoperable and Reusable*) para a gestão de dados científicos (WILKINSON et al., 2016). Assim, recomenda-se fortemente que os estudos futuros elaborem fluxogramas metodológicos claros e completos que possibilitem a sua reprodução por outros pesquisadores e, posterior, comparação dos resultados. Embora esta lacuna possa ser comumente observada em outras ciências (NOSEK et al., 2015; NÜST; PEBESMA, 2021), é importante abordar esta discussão na comunidade socio-hidrológica que está em pleno desenvolvimento.

A última lacuna se refere a considerações éticas sobre gestão dos dados sociais (FLINT; JONES; HORSBURGH, 2017), dinâmica de poder, e posição do investigador no trabalho de campo com os participantes (RANGECROFT et al., 2021). Estes tópicos não foram mencionados nos estudos revistos. Ao trabalhar com dados sociais, os investigadores devem seguir os princípios *FAIR* (WILKINSON et al., 2016), minimizar os riscos para os participantes e proteger a privacidade das pessoas (FLINT; JONES; HORSBURGH, 2017). As preocupações com a privacidade são especialmente importantes quando se trata de dados sensíveis sobre pessoas, particularmente dados espaciais de alta resolução, dados de consumidores, e dados de vestígios digitais dos meios de comunicação social (ZIPPER et al., 2019). Além disso, existem riscos para grupos desfavorecidos e populações minoritárias marginalizadas que precisam ser considerados (KOUNADI; LEITNER, 2014).

Os resultados demonstraram que o desenvolvimento da socio-hidrologia tem sido, majoritariamente, pautado em perspectivas newtonianas, ou seja, a busca por simplificar as complexidades em equacionamentos, onde as ciências hidrológicas se sobrepõem frequentemente às ciências sociais, sem uma troca profunda entre os conhecimentos (Figura 17a). Entretanto, é necessário diferir a socio-hidrologia da hidrologia e ir além da adição de apenas uma variável social em uma análise puramente, ou majoritariamente, newtoniana.

Portanto, os estudos socio-hidrológicos no campo dos desastres naturais necessitam avançar quanto à análise integrada.

Alguns estudos aplicaram técnicas e métodos tanto das ciências naturais como das ciências sociais (Figura 17b), apesar das diferenças filosóficas, metodológicas e de comunicação. Tal fato demonstra que os conhecimentos de ambas as ciências podem ser utilizados de forma complementar para fornecer uma perspectiva mais holística sobre problemas complexos. Contudo, o estudo de sistemas acoplados ser humano-água precisa avançar em termos de integração entre várias disciplinas e a participação social. O desenvolvimento transdisciplinar da socio-hidrologia tem por objetivo atingir essa integração, que envolve simultaneamente os conhecimentos complementares dos atores da sociedade, das ciências sociais e naturais para a coprodução de novos conhecimentos (Figura 17c). Esse avanço transdisciplinar da socio-hidrologia é essencial para conectar a pesquisa científica às realidades práticas da sociedade, como discutido no Capítulo 3 e ilustrado na Figura 10. Essa interação entre os conhecimentos subsidia a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos e dos Riscos e dos Desastres dando suporte à tomada de decisão dos gestores sob a perspectiva da socio-hidrologia.

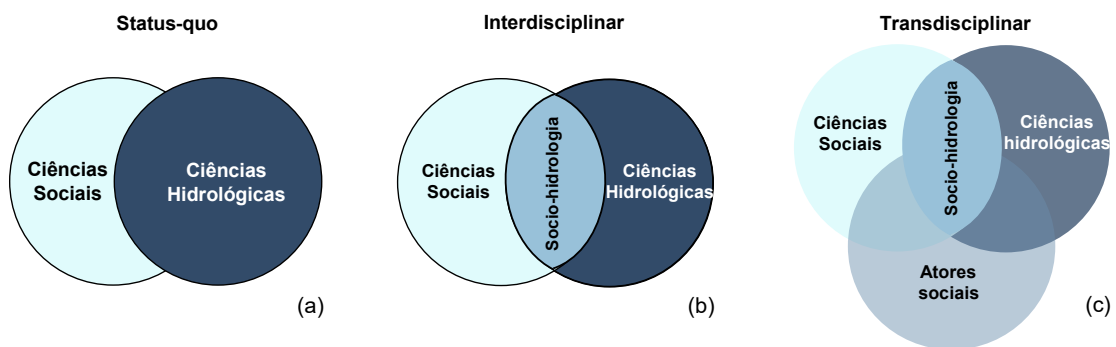


Figura 17 – Modelo conceitual da socio-hidrologia: (a) status-quo onde ciências hidrológicas se sobrepõem às ciências sociais; (b) interdisciplinar onde ocorre interação entre cientistas sociais e hidrólogos e seus conhecimentos; (c) transdisciplinar, onde além da interação entre diferentes conhecimentos científicos, novos conhecimentos são coproduzidos por interações com os diferentes atores da sociedade.

5 Compreendendo os riscos e os desastres em Rio Negrinho/SC sob a perspectiva da socio-hidrologia

Com base no desenvolvimento teórico dos capítulos anteriores, é possível afirmar que, apesar do potencial da socio-hidrologia na redução dos riscos e dos desastres, existem lacunas relacionadas a análise integrada. De maneira geral, podem ser destacadas três lacunas principais: (i) a baixa integração entre métodos qualitativos e quantitativos; (ii) o maior enfoque em aspectos físicos do que sociais; e (iii) o enfoque em análises isoladas de um único perigo natural. Mediante isso, o presente capítulo realizou um estudo de caso sob a perspectiva da socio-hidrologia visando superar essas lacunas. Para isso, métodos qualitativos e quantitativos e aspectos físicos e sociais foram abordados de forma complementar com o objetivo de investigar os riscos e os impactos de desastres decorrentes de diferentes tipos de perigos naturais.

5.1 Área de estudo

O município de Rio Negrinho possui área de aproximadamente 907 km² e está localizado no norte do estado de Santa Catarina fazendo divisa com o estado do Paraná (Figura 18). De acordo com os dados censitários, em 2010, a população correspondia a 39.846 habitantes com uma população estimada de 42.684 pessoas para 2021 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2022), porém os resultados preliminares do Censo Demográfico 2022 indicam uma redução populacional, correspondendo a 38.531 habitantes em 2022 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2023). A área urbana corresponde a cerca de 4% da área total (36 km²)

com uma densidade demográfica de aproximadamente 972,4 hab/km², considerando os dados censitários de 2010.

A vegetação original de Floresta Ombrófila Mista, pertencente ao bioma Mata Atlântica, se caracterizava pela presença de araucárias e lauráceas, como imbuia e canelalajeana. Tal condição impulsionou a indústria madeireira e de papel-celulose, que predominam na economia de Rio Negrinho, utilizando madeiras de reflorestamento, como pinus e eucalipto (TOMPOROSKI et al., 2020). De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), em 2020, estima-se que aproximadamente 38% da área era destinada à silvicultura, 13% ocupada por florestas, 3% de área agrícola, 41% corresponde a área caracterizada por ocupação mista de área agrícola, pastagem e/ou silvicultura associada ou não a remanescentes florestais, na qual não é possível uma individualização de seus componentes e 0,3% de área urbana.

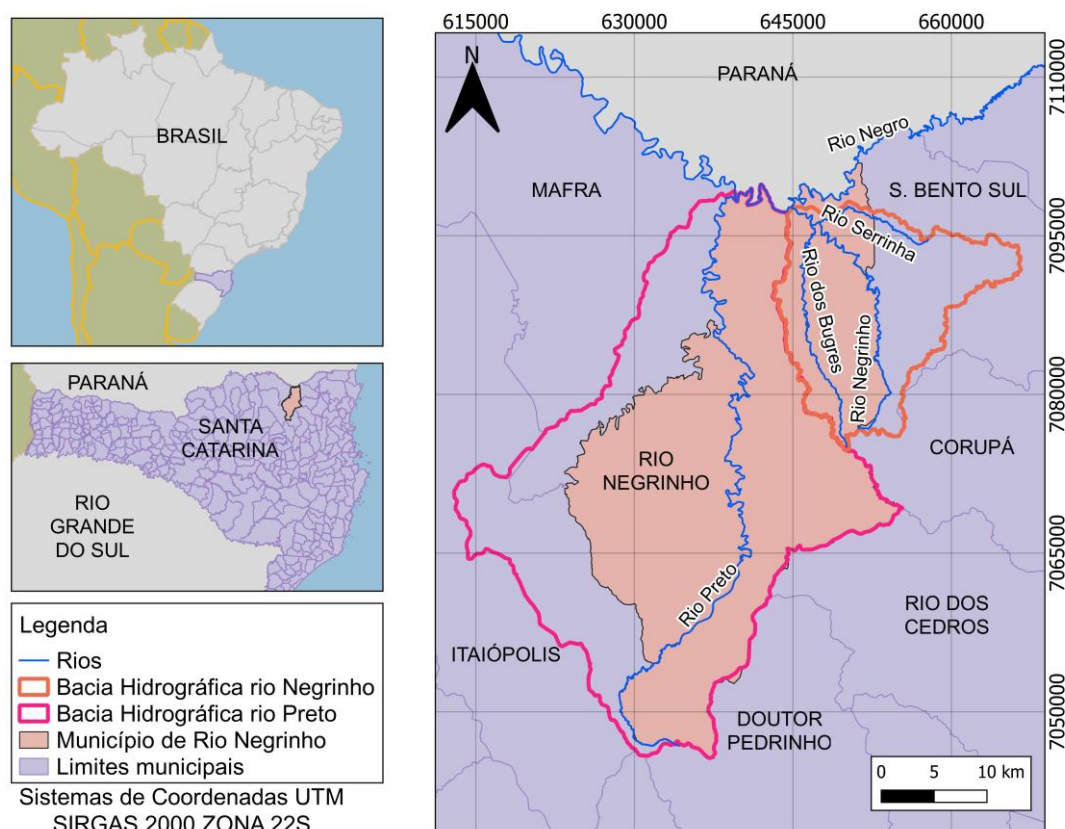


Figura 18 – Mapa de localização da área de estudo.

Como identificado no item 4.3, a escala espacial dos estudos socio-hidrológicos permeia por delimitações fisiográficas e político-administrativas. Buscando analisar as

interações do sistema ser humano-água acoplado, a área de estudo foi definida como o município de Rio Negrinho, inserido nas bacias hidrográficas do rio Negrinho (área de drenagem de aproximadamente 305 km²) e do rio Preto (área de drenagem de aproximadamente 1.000 km²) (Figura 18). A área urbana está totalmente inserida na bacia hidrográfica do rio Negrinho, tendo o rio homônimo como curso principal e os rios Serrinha e dos Bugres como principais afluentes. Ambas as bacias hidrográficas possuem seus respectivos exutórios localizados no rio Negro, que, por sua vez, flui até desaguar no rio Iguaçu, delimitando a divisão política entre os estados de Santa Catarina e Paraná (SANTA CATARINA, 2019). Assim, pretende-se ilustrar as interações que ocorrem nessa área envolvendo os processos hidrológicos cuja unidade territorial é a bacia hidrográfica e os processos sociais que foram avaliados a nível municipal.

Embora o município já tenha sido afetado por diferentes tipos de desastres naturais, destaca-se o histórico de inundações registradas desde 1891 na região correspondente a área urbana de Rio Negrinho (GIGLIO; KOBIYAMA, 2011; GIGLIO, 2010). De acordo com Giglio (2010), a cota atingida nessa inundação de 1891 foi utilizada como referência para a construção da ferrovia que atravessa o município. Além disso, as inundações ocorridas em 1983, 1992 e 2014 são frequentemente associados aos desastres que resultaram em maiores danos ao município (MÜHLBAUER, 2017; RIO NEGRINHO, 2021). A cota atingida em cada um desses três eventos foi pintada no muro da Igreja Matriz Santo Antônio de Pádua, área central do município. No entanto, recentemente, o local recebeu nova pintura e as marcas das inundações foram removidas (Figura 19).

Ressalta-se que essa área de estudo já foi tema de diversos trabalhos científicos focados na compreensão dos fenômenos hidrológicos, como por exemplo: Amorim et al. (2017); Brighenti, Bonumá e Chaffe (2016); Goerl, Kobiyama e Pellerin (2011, 2012); Innocente et al. (2017); dentre outros. Assim, a essência do presente estudo foi ir além da análise dos processos e aspectos físicos para ampliar a compreensão dos riscos e dos desastres naturais. A partir da perspectiva da socio-hidrologia, este estudo analisou de forma integrada os componentes físicos e sociais, empregando dados e métodos quantitativos e qualitativos e envolvendo a sociedade em diferentes níveis de participação para expandir rumo à transdisciplinaridade.

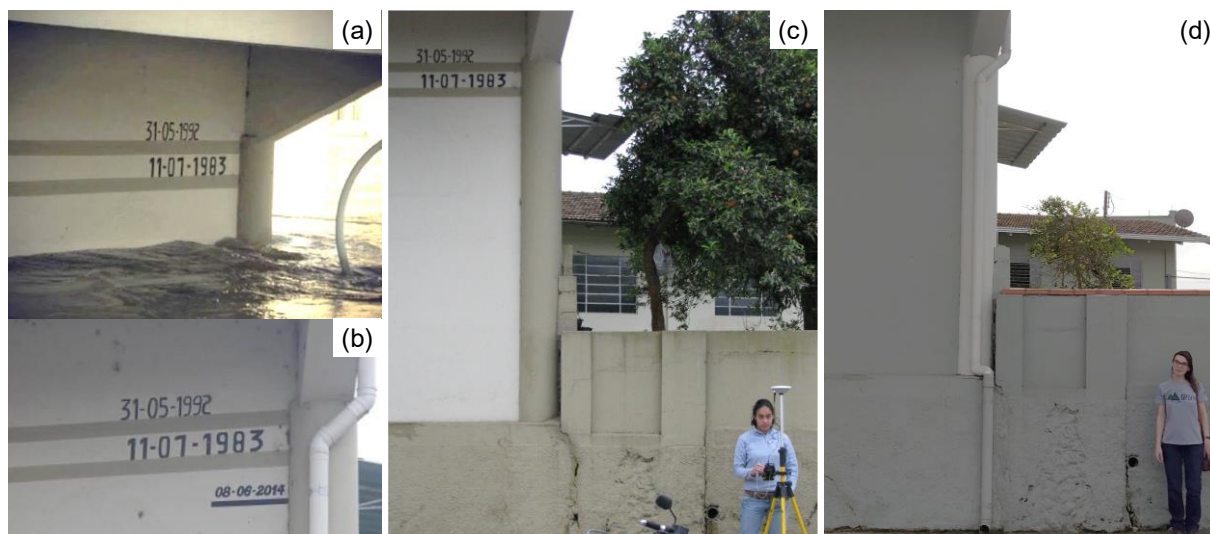


Figura 19 – Muro lateral da Igreja Matriz Santo Antônio de Pádua, no centro de Rio Negrinho: (a) Cota da inundação de 2014 durante o evento em comparação com as marcas dos eventos de 1983 e 1992; (b) Pintura no muro indicando as alturas das três grandes inundações, tendo atingido o máximo valor em 1992; (c) Registro fotográfico ocorrido no ano de 2010 apresentando uma visão mais ampla da parede com as marcas das inundações de 1992 e 1983; e (d) Registro fotográfico realizado em 2022 demonstrando que as marcas das inundações foram cobertas pela nova pintura. Fonte: (a) Rio Negrinho (2021); (b) Serviço Geológico Brasileiro (2018); (c) Giglio (2010); (d) Autora.

5.2 Metodologia

Empregou-se o método misto convergente concomitante, também denominado como triangulação, visando o uso de métodos qualitativos e quantitativos de forma complementar e fornecendo resultados que possibilitam uma interpretação mais compreensiva sobre as perguntas de pesquisa (CRESWELL, 2012; SAMPIERI; COLLADO; BAPTISTA LUCIO, 2013). Assim, recomenda-se utilizar as diferentes fontes de dados sistemáticos e não sistemáticos: evidências instrumental, documental e natural.

Mediante isso, a análise integrada consiste na coleta e processamento de dados e técnicas qualitativos e quantitativos para descrever os componentes físicos (variáveis hidrológicas, meteorológicas, hidráulicas, perigo de inundação) e sociais (experiência com evento prévio, vulnerabilidade, perdas humanas e materiais decorrentes de desastres, instituições formais, medidas de adaptação a nível institucional) associados a diferentes tipos de desastres naturais a fim de investigar os riscos e os impactos de desastres (Figura 20). Assim, em uma primeira etapa, realizou-se um levantamento de dados para a construção da linha temporal dos desastres associados a perigos naturais e que foram oficialmente reconhecidos. Essa etapa teve por objetivo buscar a compreensão da própria história do município de Rio

Negrinho, possibilitando a análise das interações entre os componentes físicos e sociais dos desastres. Com base nesses resultados, foi possível identificar que as inundações são os desastres mais críticos segundo os participantes. Portanto, esse perigo foi investigado em profundidade a partir da análise de desastres pareados. Por fim, foi realizada a análise integrada do risco, em termos de perigo e vulnerabilidade, com o intuito de apoiar a tomada de decisões associadas às estratégias para redução de risco e para lidar com o desastre apontado pelos participantes. Em todas as etapas ocorreu participação social com vistas a coprodução das soluções. Assim, ao longo de todo processo foram adotadas práticas éticas na relação com os participantes, que estavam cientes do teor e dos objetivos da pesquisa desenvolvida e apresentavam voluntariamente interesse em contribuir.



Figura 20 – Análise socio-hidrológica integrada para compreensão dos riscos e dos impactos dos desastres.

Ao longo de um ano de pesquisa na área de estudo foram conduzidas seis saídas a campo a fim de melhor compreender os aspectos físicos e sociais do local (Figura 21). Foram realizadas observações da paisagem urbana e natural (características fisiográficas) e reconhecimento de locais afetados pelas grandes inundações por meio de caminhadas guiadas por moradores, navegação pelo rio Negrinho até sua foz com o rio Negro e conversas informais com a população, principalmente comerciantes e pedestres, de modo a propiciar uma maior facilidade na comunicação de forma anônima (SWAIN; KING, 2022). Todas essas vivências no local e os conhecimentos produzidos contribuíram para a interpretação dos resultados.



Figura 21 – Fotografias ilustrativas das saídas a campo realizadas: (a) Réguas linimétricas no ponto de captação de água para abastecimento no SAMAE-RN; (b) Área central de Rio Negrinho onde o segundo piso das construções foi afetado pela inundação de 2014; (c) Navegação pelo rio Negrinho; (d) Caminhada para reconhecimento da área de mata ciliar do rio Negrinho no Parque Paul Harris.

5.2.1 *Linha temporal dos desastres, dos danos e das medidas de adaptação*

Uma linha temporal foi elaborada com o objetivo de nortear a compreensão das interações entre os componentes sociais e físicos associados aos desastres naturais ocorridos no município ao longo do tempo (BIGGS et al., 2021; MATANÓ et al., 2022). A linha temporal do período entre 1980 e 2022 contempla os desastres, os danos humanos e materiais e as medidas de adaptação, e foi elaborada empregando a metodologia ilustrada na Figura 22.

Inicialmente, foram listados todos os tipos de desastres associados a perigos naturais a partir de dados qualitativos e quantitativos obtidos por análise documental. As fontes utilizadas foram o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2012, Volume Santa Catarina (CEPED; UFSC, 2013), as séries históricas do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) para o período de 2003 a 2016 e os relatórios de reconhecimentos de Situação

de Emergência (SE) e Estado de Calamidade Pública (ECP) do S2iD de 2013 a 2022. O período de 1980 a 1990 não foi contemplado pelas fontes supracitadas, assim foram consultados dados não sistemáticos provenientes de literatura científica e de notícias.

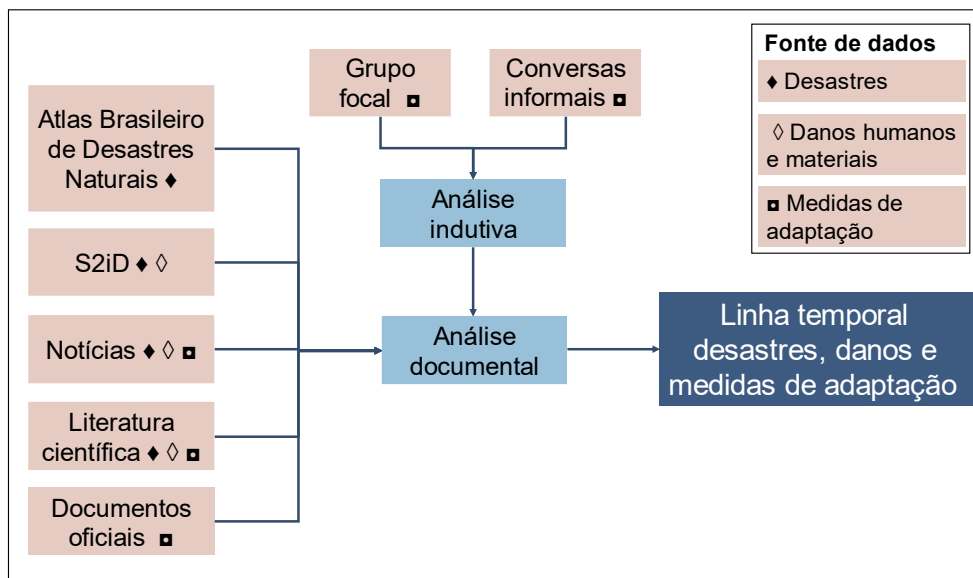


Figura 22 – Fontes dos dados e técnicas para elaboração da linha temporal dos desastres, danos e medidas de adaptação.

Mediante a baixa quantidade de dados disponíveis sobre os impactos decorrentes dos desastres ocorridos, buscou-se a identificação de danos humanos e materiais para representação dos impactos. Para isso, foram consultados os relatórios de danos informados disponíveis para o período de 2013 a 2022 no S2iD. Já para o período de 1980 a 2012, foram consultados dados não sistemáticos provenientes da literatura científica e de notícias.

Entendendo que a Gestão de Riscos e de Desastres é operacionalizada na forma de medidas estruturais e não-estruturais que influenciam tanto os componentes físicos quanto os sociais, as medidas para redução dos riscos de desastres e minimização dos impactos adotadas ao longo do tempo também foram inseridas na linha temporal. A obtenção de informações sobre “Instituições formais”, ou seja, medidas estruturais e não-estruturais institucionais oficialmente implementadas, se deu por meio de uma dinâmica envolvendo discussões em um grupo focal e análise documental. O grupo focal ocorreu no dia 24/06/2022, na sede da Associação Empresarial de Rio Negrinho (ACIRNE), centro de Rio Negrinho, e contou com a participação de 18 pessoas integrantes de diferentes instituições, tais como Prefeitura Municipal de Rio Negrinho (3 indivíduos), Serviço Autônomo Municipal de Saneamento Básico de Rio Negrinho

(SAMAE-RN) (1 indivíduo), Defesa Civil Municipal e Estadual (3 indivíduos), empresas privadas (4 indivíduos), imprensa (1 indivíduo) e membros da sociedade civil (6 indivíduos) (Figura 23).



Figura 23 – Participantes do questionário e do grupo focal.

As medidas citadas pelos participantes do grupo focal foram utilizadas como termos de busca no *Google*, a exemplo de Matanó et al. (2022), para busca em notícias e em publicações científicas realizadas na área de estudo para um delineamento inicial das medidas de redução de riscos e de desastres implementadas a nível institucional. Além disso, foi realizado o levantamento de documentos oficiais disponíveis na página eletrônica da Prefeitura Municipal de Rio Negrinho relacionados ao planejamento em todas as Secretarias Municipais, bem como documentos relacionados a gestão de riscos e de desastres (Quadro 5). Posteriormente, realizou-se a análise documental de notícias, publicações científicas e documentos oficiais.

Quadro 5 - Documentos analisados para identificação de medidas implementadas para redução dos riscos e dos desastres.

Secretaria	Documento	Ano de publicação
Planejamento e Meio Ambiente	Plano Diretor	2022
	Plano de Macrodrenagem	2019
	Plano de Mobilidade	2019
Defesa Civil	Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil	2021

5.2.2 Interações entre os componentes físicos e sociais associados aos desastres

Os desastres identificados na linha temporal foram analisados em detalhe com intuito de aprofundar a compreensão sobre as interações entre os componentes físicos e sociais. Para isso, foram coletados e processados dados referentes aos processos físicos e sociais de forma concomitante, conforme a metodologia ilustrada na Figura 24. Os componentes físicos foram representados por variáveis “Hidrológicas”, “Meteorológicas” e/ou “Hidráulicas”, dependendo do tipo do fenômeno natural. Já para complementar a compreensão sobre as interações sociais com os desastres ocorridos, investigou-se a “Experiência com evento prévio”.

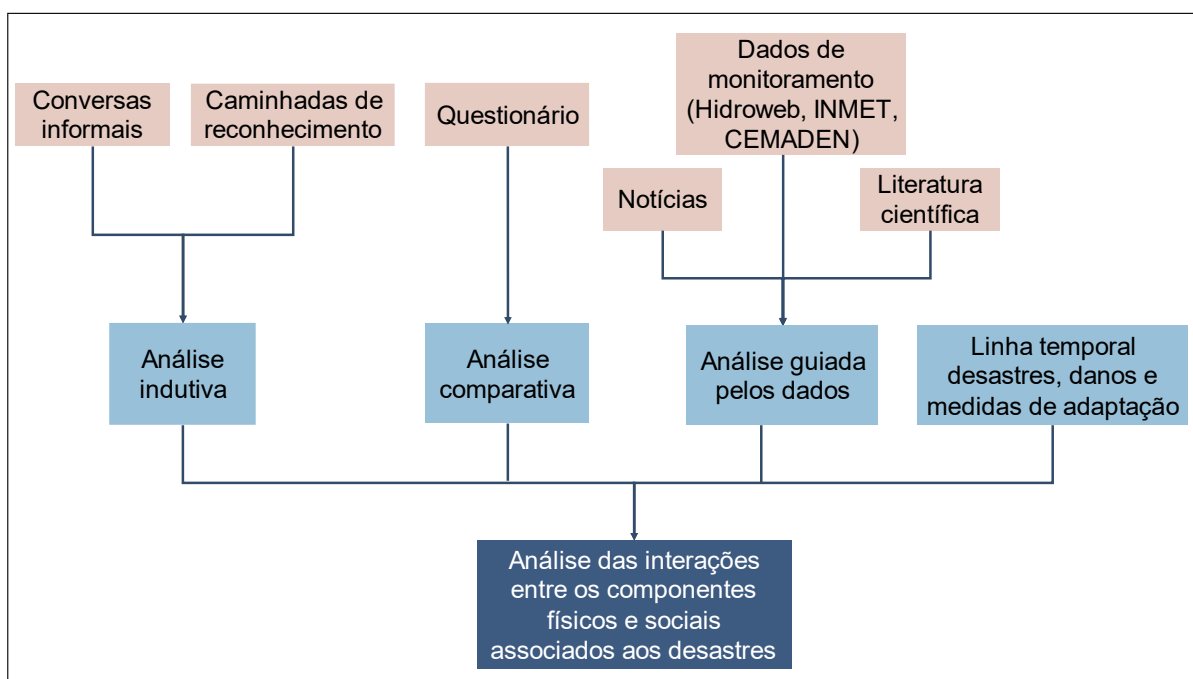


Figura 24 – Análise integrada para compreensão das interações entre os componentes físicos e sociais associados aos desastres.

Para identificação das interações físicas dos desastres foram utilizados dados sistemáticos de estações de monitoramento pluviométricas, fluviométricas e meteorológicas, e dados não sistemáticos provenientes de evidências documentais de forma complementar. A base de dados Hidroweb do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) gerenciado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) disponibiliza dados diários de precipitação em diferentes pontos na proximidade da bacia de rio

Negrinho e de nível do rio Negrinho (período de 2002 a 2018) e do rio Negro (1930 a 2017) (Figura 25). A caracterização dos eventos hidrológicos deve considerar, além das precipitações, o efeito de remanso do rio Negro no comportamento hidráulico do rio Negrinho e de seus afluentes, que contribui para o transbordamento das águas e amplia a extensão das áreas inundadas, bem como a profundidade da inundação (MONTEIRO; VANELLI; DUARTE, 2023).

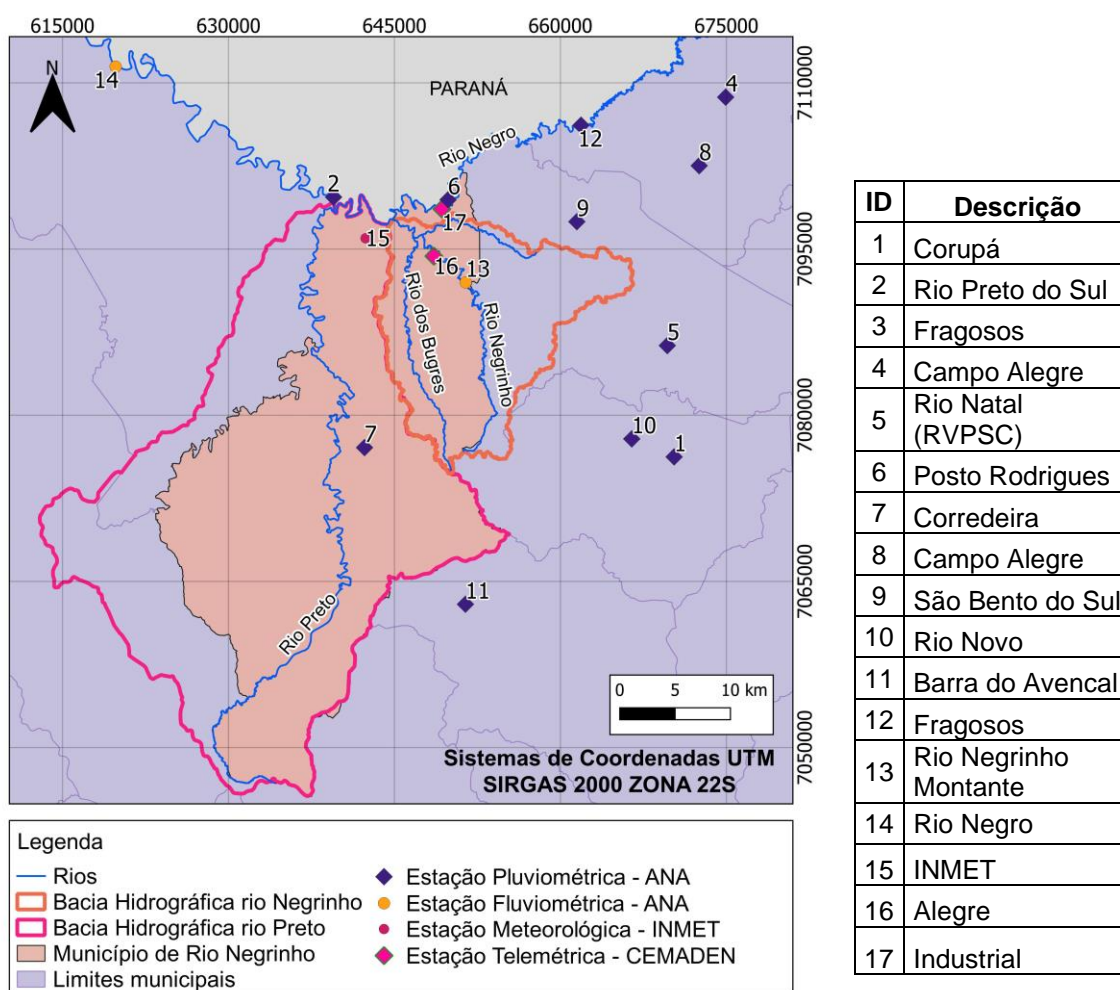


Figura 25 – Localização das estações de monitoramento.

Ressalta-se a importância de analisar o rio Negro, visto a ocorrência de efeito de remanso no rio Negrinho. Os dados diários de precipitação obtidos nessa base de dados foram interpolados espacialmente pelo método do inverso da distância ao quadrado considerando o centroide da bacia hidrográfica de rio Negrinho, obtendo-se uma série temporal com valores diários do período de 01/01/1980 a 31/12/2020.

A estação meteorológica (ID 15 - Figura 25) sob responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) foi instalada em Rio Negrinho em 2008 e disponibiliza dentre outros, dados horários de precipitação, evapotranspiração, velocidade da rajada máxima, bem como velocidade do vento. Existem também estações telemétricas sob responsabilidade do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) instaladas no município, que foram analisadas somente para alguns eventos devido ao período de dados disponíveis. Foram as estações denominadas “Rio Negrinho_Alegre” (ID 16 - Figura 25) e “Rio Negrinho_Industrial” (ID 17 - Figura 25).

Para investigação das interações sociais com os desastres ocorridos, aplicou-se um questionário ao mesmo grupo que integrou o grupo focal descrito anteriormente. Cada participante recebeu um questionário com a linha temporal dos desastres (Apêndice A) visando identificar a experiência deles com os desastres oficialmente reconhecidos em Rio Negrinho. Eles deveriam marcar uma ou mais opções correspondentes a suas interações com cada um dos eventos ou escrever no espaço disponível. As opções versavam sobre ter atuado como profissional ou como voluntário, a residência ter sido afetada, não ter sido afetado, não lembrar do desastre ou não estar no Município. Além disso, os participantes poderiam complementar a linha temporal dos desastres, caso julgassem necessário. Foi realizada uma análise comparativa das respostas e estabelecidas relações entre a lembrança do evento e ter sido afetado. Além das respostas na opção “Afetou minha casa”, foram consideradas as respostas escritas em “outros” que se referiam a ter sua rotina afetada também de outras formas, como por exemplo, a empresa ou o deslocamento ao trabalho.

5.2.3 Análise de desastres pareados com foco em inundações

A partir dos levantamentos realizados, identificou-se que apesar da diversidade de tipos de desastres, a inundação é o perigo natural entendido como mais relevante pela organização social. Assim, foi realizada a análise de eventos pareados para entender as interações entre os componentes físicos e sociais que influenciam o risco e os impactos diretos das inundações. Para isso, adaptou-se o método de análise empregado por Kreibich et al. (2017b), buscando evidenciar os processos sociais, físicos e suas interações.

Os eventos analisados se referem às inundações mais lembradas pelos participantes: julho de 1983, maio de 1992, junho de 2014 e maio de 2019. Para explorar as interações que

possuem dados mais robustos, adicionou-se o evento de dezembro de 2022, que de forma similar a 2019 foi classificado como desastre do subtipo chuvas intensas. Esse subtipo de desastre está relacionado a precipitação cujo volume acumulado desencadeia múltiplos desastres, tais como, inundações e movimento de massa ((BRASIL, 2016)). Dessa forma, enfoca-se na análise dessas ocorrências que repercutiram em um alto grau de interação entre o fenômeno perigoso e a organização social.

A análise dos desastres pareados foi composta por características do evento adverso (perigo) e da organização social (vulnerabilidade), bem como dos danos humanos e monetários (impactos). Não foram considerados os impactos indiretos devido à escassez de dados. O valor da precipitação foi considerado o valor acumulado em 10 dias. Já o remanso hidráulico assumido foi a cota na estação fluviométrica Rio Negro no dia da máxima área inundada que foi baseada em dados não sistemáticos. Para compreender a exposição foram consultados os números de habitantes nos Censos de 1980, 1991 e 2010. As medidas de adaptação, que influenciam a suscetibilidade a nível institucional, foram baseadas nas análises realizadas nas etapas anteriores. Já os danos humanos e materiais foram provenientes do S2iD, exceto 1983 e 1992, que foram baseados nos dados não sistemáticos.

5.2.4 Análise integrada de risco a inundações

Considerando as prioridades definidas pela população, foi realizada a análise integrada do risco a inundações na zona urbana do município de Rio Negrinho, região afetada por esse tipo de desastre. O mapeamento do risco a inundações foi obtido como função do perigo a inundações e da vulnerabilidade (Figura 26). Para isso, foi utilizado o mapeamento de perigo já existente elaborado por Monteiro, Duarte e Vanelli (2023). Este mapa foi elaborado a partir de características físicas - velocidade e profundidade do escoamento - e probabilísticas - tempos de retorno de 5, 20 e 100 anos - resultantes da modelagem hidrológica e hidrodinâmica e processadas por ferramentas de geoprocessamento. Os resultados foram verificados com a população pelos autores. Já o mapeamento de vulnerabilidade utilizado nesse estudo foi obtido a partir da metodologia de Moreira; De Brito; Kobiyama (2021), assumindo a vulnerabilidade como função da suscetibilidade e da exposição. O mapeamento da vulnerabilidade incorporou índices social, econômico e de infraestrutura, cujos indicadores foram adotados de acordo com a revisão sistemática realizada por Moreira, De Brito e Kobiyama (2021) (Tabela 2). Assim, os

índices adotados prioritariamente representam a suscetibilidade, enquanto a ponderação pela área de cada setor censitário se refere à exposição.

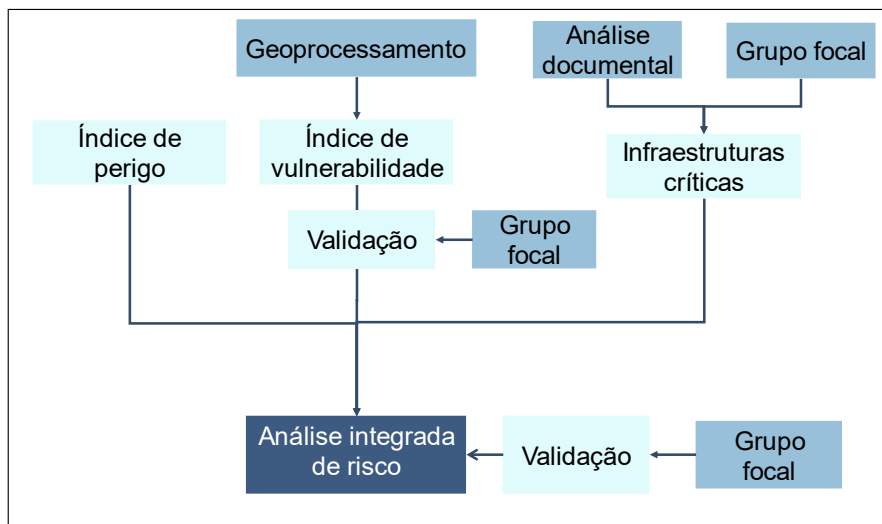


Figura 26 – Metodologia adotada para análise integrada do risco de inundação.

Tabela 2 – Indicadores que compõem os índices social, econômico e de infraestrutura para obtenção da vulnerabilidade.

Índice	Indicador	Unidade
Social	Densidade populacional	hab/km ²
	Densidade de mulheres	hab/km ²
	Densidade de domicílios com mais de 5 pessoas	domicílios/km ²
	Densidade de crianças entre 0 a 4 anos	hab/km ²
	Densidade de pessoas com 65 anos ou mais	hab/km ²
	Densidade de pessoas analfabetas	hab/km ²
Econômico	Renda per capita por área	R\$/hab/km ²
	Densidade de pessoas desempregadas	hab/km ²
	Densidade de domicílios alugados	domicílios/km ²
	Densidade de domicílios sem renda nominal mensal	domicílios/km ²
Infraestrutura	Densidade de domicílios sem tratamento de esgoto	domicílios/km ²
	Densidade de domicílios sem coleta de resíduo sólido	domicílios/km ²
	Densidade de domicílios sem acesso à eletricidade	domicílios/km ²

Em decorrência da indisponibilidade de dados censitários atualizados, a vulnerabilidade foi obtida a partir dos dados do Censo de 2010 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2011). Cada indicador foi ponderado em relação à área de cada setor censitário e, posteriormente, normalizado pelo método do mínimo e máximo: $y_i = [x_i - \min(x)] / [\max(x) - \min(x)]$, onde y_i é o valor normalizado, x_i é o valor observado, e $\min(x)$ e $\max(x)$ são os valores mínimos e máximos, respectivamente, da série de dados (JACOBS; SMITH; GODDARD, 2004). Os índices social, econômico e de infraestrutura foram calculados assumindo a média aritmética dos respectivos indicadores. Em seguida, o valor da vulnerabilidade da área urbana de Rio Negrinho foi obtido a partir da média aritmética dos índices social, econômico e de infraestrutura. Adotou-se o uso de pesos iguais, pois em comparação com a ponderação baseada em participantes, não há grandes mudanças nos resultados da vulnerabilidade (MOREIRA et al., 2023). Contudo, a participação social ocorreu por meio da apresentação de todos os mapeamentos para validação pela população por meio de grupo focal com 18 participantes descrito no item 5.2.1.

Os resultados dos mapeamentos de perigo de inundação e de vulnerabilidade foram normalizados de 0 a 1 e realizada a multiplicação entre os valores por meio de ferramentas de geoprocessamento para obtenção dos valores do risco a inundações. Posteriormente, o risco a inundações foi analisado em relação às infraestruturas críticas. Essa etapa é fundamental para compreender como elas e seu entorno serão influenciadas pelo fenômeno perigoso, possibilitando minimizar, e até mesmo evitar, o risco de desastres em cascata, que podem ocorrer caso esses locais ou serviços sejam afetados pelas inundações. As infraestruturas críticas e respectivas localizações foram listadas a partir de dados provenientes de documentos oficiais. Elas foram elencadas considerando sua relevância na gestão dos riscos e dos desastres ou pelas características de vulnerabilidade do público envolvido. Os locais foram validados pela população, que também complementaram a lista inicial durante a realização do grupo focal descrito no item 5.2.1.

A partir do mapeamento do risco a inundação foi investigada a distribuição espacial do risco na área de estudo, visando identificar regiões com maiores valores. Em seguida, foi analisado o valor do risco no próprio local das infraestruturas críticas. Caso o local não estivesse dentro de uma área inundada, avaliou-se os valores do risco em um raio de 50 m, de 100 m e 150 m. Caso houvesse células com valores distintos no local analisado, o valor era definido com base no valor predominante. Para validação dos resultados obtidos, foi realizada uma apresentação aos representantes da população em uma reunião no município, onde os

participantes puderam manifestar concordância ou não com os resultados. A reunião ocorreu no dia 23/02/2023, na sede da ACIRNE e contou com a participação de 35 pessoas oriundas de diferentes instituições, tais como Prefeitura Municipal de Rio Negrinho (5 indivíduos), Defesa Civil Municipal (2 indivíduos), empresas privadas (4 indivíduos), imprensa (2 indivíduos) e membros da sociedade civil (22 indivíduos) (Figura 27).



Figura 27 – Participantes da reunião para apresentação e discussão dos resultados.

5.3 Resultados e discussão

5.3.1 *Linha temporal dos desastres, dos danos e das medidas de adaptação*

A partir da análise documental, obteve-se uma linha temporal com um inventário de 19 desastres oficialmente reconhecidos durante o período de 1980 a 2022, predominando os desastres relacionados a inundações e a enxurradas (Figura 28). Tal fato condiz com os relatos da população sobre a ocorrência de eventos extremos hidrológicos de máxima. Salienta-se que ao realizar os levantamentos nas bases de dados oficiais, houve descrições sobre o evento de 2014 como deslizamento em alguns documentos e em outros como inundação. Ambos foram incluídos na linha temporal, pois com base em conversas informais e relatórios do FIDE disponíveis em Mühlbauer (2017), as características descritas denotam a ocorrência de um evento composto. Além disso, tal fato demonstra a dificuldade na tipificação dos desastres mesmo pelos técnicos, devido à complexidade dos fenômenos.

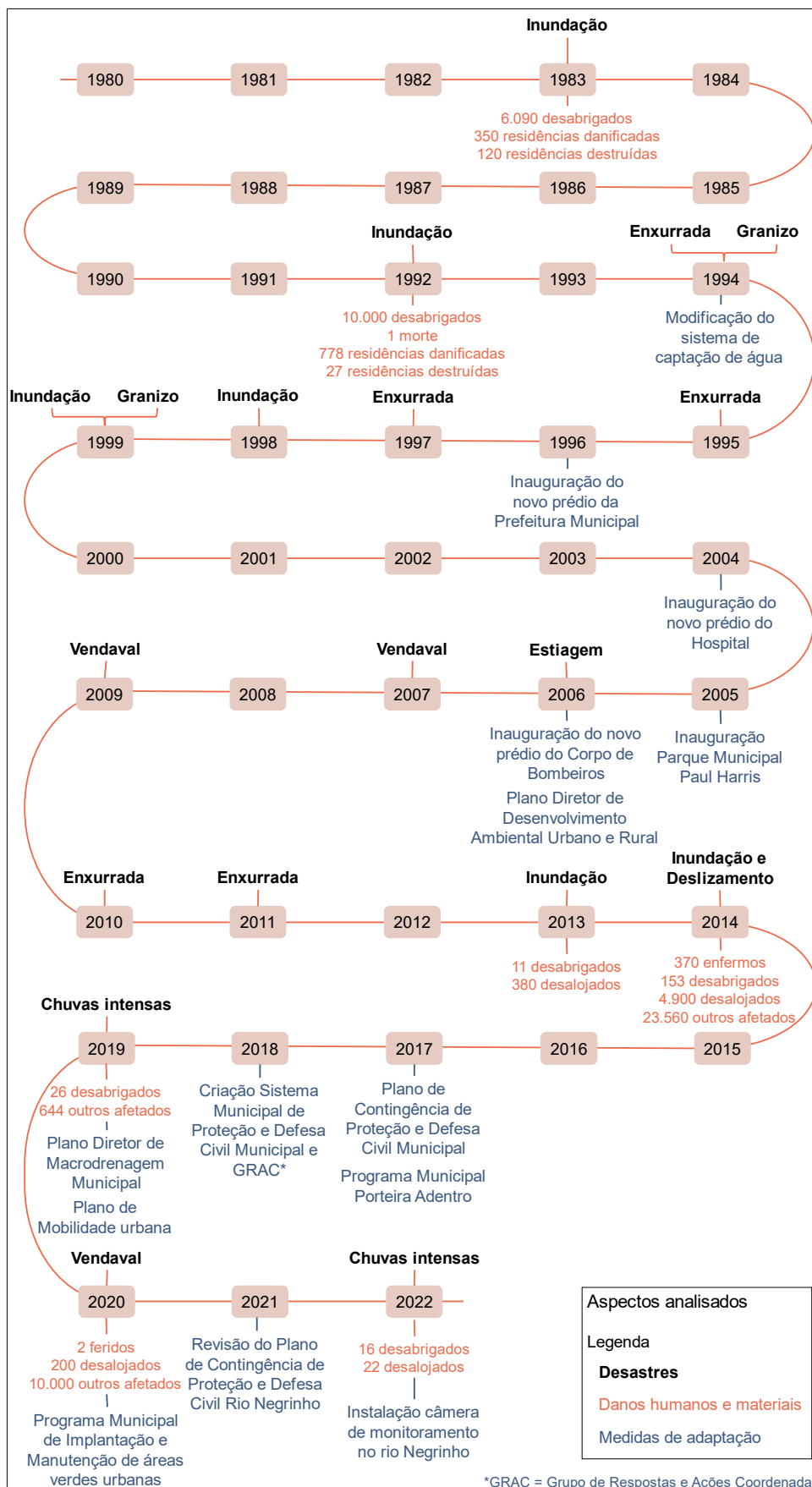


Figura 28 - Linha temporal dos desastres oficialmente reconhecidos, danos informados e medidas de adaptação no município de Rio Negrinho/SC no período de 1980 a 2022.

Os danos decorrentes dos desastres listados foram adicionados na linha temporal, quando os dados foram identificados, devendo ser evidenciada a escassez de dados no período anterior a 2012, ou seja, previamente aos registros do S2iD (Figura 28). De acordo com o levantamento realizado por Giglio (2010), em 1983 e 1992, respectivamente, houveram 6.090 e 10.000 desabrigados e uma morte, 350 e 778 residências danificadas e 120 e 27 destruídas, além de danos materiais registrados ao comércio, à indústria, à agropecuária e ao sistema viário. Considerando que as diversas infraestruturas críticas, inclusive a Prefeitura Municipal, foram afetadas pela inundação de 1992, os dados referentes aos danos podem estar subestimados. Nos relatórios existentes no S2iD não houve registro de mortes para o período de 2013 a 2022, porém 73% da população foi afetada pelo evento de 2014 e 25% pelo vendaval de 2020, onde dois indivíduos ficaram feridos. De acordo com Brasil (2004), desalojado e desabrigado são definições distintas. Em ambos os casos, a pessoa foi obrigada a desocupar temporária ou definitivamente sua habitação em decorrência dos efeitos diretos dos desastres, porém desabrigado requer abrigo público, enquanto desalojado não necessariamente.

Apesar da dinâmica do grupo focal focar em todos os desastres apresentados na linha temporal, os participantes destacaram mudanças associadas a duas das três grandes inundações ocorridas: 1992 e 2014. Eles indicaram a ocorrência de mudanças organizacionais após a inundação de 1992 e mudanças relacionadas a medidas não-estruturais depois da inundação de 2014, que se tratou de um evento composto envolvendo inundação e deslizamentos resultando em elevados danos humanos e materiais. Entre todas as medidas de adaptação identificadas não foram descritas medidas estruturais.

Os resultados da análise documental corroboram com as falas dos participantes do grupo focal, de modo que apesar da ocorrência da inundação em 1983, diversas infraestruturas críticas, tais como Prefeitura Municipal, Corpo de Bombeiros e o único hospital, foram afetadas durante a inundação de 1992 (BAIL, 2012, 2014; GIGLIO; KOBAYAMA, 2011; GIGLIO, 2010; GOERL, 2010; MÜHLBAUER, 2017). Conforme demonstrado na Figura 28, ao longo da década de 1990 e 2000, ocorreram mudanças na localização das infraestruturas críticas afetadas a fim de se instalarem fora da área suscetível a inundação. Evidencia-se que tais mudanças não foram imediatas, pois dependiam de negociações para compra de terrenos e construção de prédios (BAIL, 2012, 2014). A modificação do sistema de captação de água ocorreu em agosto de 1994 e o sistema de fornecimento de energia elétrica já havia sido

modificado quando ocorreu o evento de 2014, possibilitando o desligamento apenas dos setores que estavam inundados (MÜHLBAUER, 2017).

Entretanto, observa-se que algumas medidas não-estruturais não citadas pelos participantes do grupo focal foram implementadas antes de 2014. Uma dessas medidas é a revitalização e abertura ao público do Parque Municipal Paul Harris em fevereiro de 2005. Localizado às margens do rio Negrinho, embora não seja oficialmente denominado como parque linear, desempenha relevante papel tanto como área de lazer quanto reservatório temporário das águas pluviais contribuindo para a redução da vazão máxima. Embora o Programa de Implantação e Manutenção de Áreas Verdes Urbanas, que oportuniza a implantação de parques lineares contínuos e caminhos verdes, só tenha sido instituído pela Lei nº 3.436, em dezembro de 2020 (RIO NEGRINHO, 2020), esse parque municipal desempenhou funções similares ao de um parque linear na inundação de 2014.

Além disso, outra medida não-estrutural implementada antes da inundação de 2014 e que pode ter atuado para a redução dos riscos é o Plano Diretor Municipal. Em 2006, o Plano Diretor de Rio Negrinho foi instituído pela Lei Complementar nº35 de 10 de outubro de 2006 e vetou o parcelamento urbano de imóveis localizados abaixo da cota de 792,0 m (RIO NEGRINHO, 2006). Essa cota foi definida com base nas inundações de 1983 e 1992, de modo que abaixo dessa cota são áreas consideradas suscetíveis a inundação (GOERL, 2010). O Plano Diretor Municipal, revisado ao longo do ano de 2021 e atualizado em junho de 2022 (RIO NEGRINHO, 2022a), mantém essa regulamentação, de modo que o nível do piso de ocupação residencial deve estar acima da cota de 792,0 m.

Quase três anos após o evento de 2014, em maio de 2017 foi publicado Plano de Contingência de Rio Negrinho. A elaboração do Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil (PLANCON) é previsto pela PNPDEC (BRASIL, 2012b). Em julho de 2021 foi publicada a primeira revisão do PLANCON com alteração nos critérios para ativação, tornando-se mais protetivo. Entre os critérios atuais estão: a ocorrência de chuva superior ou igual a 300 mm, precedidos de períodos de chuva prolongados e quando o nível do rio Negrinho for superior ou igual a 4,0 m na captação do SAMAE-RN (RIO NEGRINHO, 2021). Os níveis de evolução da inundação foram classificados em normal, atenção, alerta e emergência. Além disso, houve atualização em relação ao setor operacional na revisão do PLANCON em 2021, que passou a ser o Grupo de Respostas e Ações Coordenadas (GRAC). Esse grupo foi criado em fevereiro de 2018 a partir da publicação da Lei Complementar nº 136 conjuntamente com o Sistema Municipal de Proteção e Defesa Civil (RIO NEGRINHO, 2018). O conteúdo desse documento

evidencia que o planejamento está majoritariamente dedicado a lidar com inundações, de modo que os demais tipos de desastres não são mencionados explicitamente.

Ainda em 2017, o Programa Municipal Porteira Adentro foi instituído pela Lei Municipal nº 2.946, com o objetivo de incentivar o desenvolvimento da agropecuária local, por meio do aumento da produção e da fixação do produtor rural no campo (RIO NEGRINHO, 2017). Diferentemente do que foi comentado no grupo focal, a implantação de novos açudes para lidar com a escassez hídrica não está explicitada no programa, somente a manutenção de açudes já em funcionamento. Apesar de apenas um dos 19 desastres elencados se referir à estiagem (ocorrência em 2006), alertas de atenção devido a baixos volumes pluviométricos podem ser identificados nos boletins informativos da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina e Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Epagri/Ciram) disponíveis a partir do ano de 2020. De acordo com os participantes do grupo focal, a área rural é a mais afetada por esse tipo de perigo natural, em decorrência da produção agrícola.

O Plano de Macrodrenagem é plano setorial e instrumento complementar ao Plano Diretor Municipal. Esse é um documento político com diretrizes a nível municipal, porém que se baseia na unidade territorial de bacia hidrográfica. O Plano de Macrodrenagem de Rio Negrinho foi publicado em 2019 (RIO NEGRINHO, 2019a) e entre seus resultados são apresentadas as áreas sujeitas a inundações, bem como a proposição de medidas estruturais e não-estruturais para mitigar os danos de inundações futuras. Dentre as medidas estruturais propostas e, até o momento, não executadas estão: a construção de um dique entre a foz do rio Negrinho e a área urbana do município, uma barragem no rio Negrinho e uma barragem no rio dos Bugres (RIO NEGRINHO, 2019a). Essas medidas estruturais projetadas para um tempo de retorno de 100 anos foram aprovadas pela população em audiência pública (RIO NEGRINHO, 2019a). Entretanto, os participantes do grupo focal demonstraram rejeição a construção dessas medidas estruturais em decorrência dos impactos ambientais negativos, bem como aos riscos decorrentes de uma manutenção inadequada das estruturas.

Analisando as medidas estruturais implementadas, observa-se que ao longo do processo de urbanização do município de Rio Negrinho houve a canalização e retificação de trechos de cursos d'água, porém diques e barragens não foram identificados na área de estudo. O Plano de Macrodrenagem traz entre suas proposições a construção de diques e barragens, mas elas não foram executadas até o momento. Embora compreendam que eventos de inundação de grande magnitude podem ocorrer novamente, os participantes do grupo focal

demonstraram rejeição à implementação dessas medidas estruturais. Ressalta-se que medidas estruturais com enfoque em soluções baseadas na natureza não integraram as alternativas propostas para votação em audiência pública do Plano de Macrodrenagem. Contribuindo com a ideia de convivência com o rio, destacam-se ações coletivas da população para coleta de resíduos sólidos no rio Negrinho, denotando zelo e proximidade com os cursos d'água (ACIRNE, 2023).

Outro plano setorial e instrumento complementar ao Plano Diretor Municipal é o Plano de Mobilidade Urbana de Rio Negrinho, também publicado em 2019 (RIO NEGRINHO, 2019b). Esse documento traz elementos importantes para lidar com a inundação, tais como garantir os fluxos e os serviços de transporte coletivo durante os períodos de inundação, bem como promover a integração entre as partes que ficam isoladas (RIO NEGRINHO, 2019b). Entretanto, não foram realizadas ações efetivas para cumprir essas diretrizes.

No final do ano de 2022, foi instalada uma câmera de monitoramento para observação remota das réguas linimétricas localizadas no local de captação da água no SAMAE-RN. As imagens da câmera estão disponíveis para acesso livre na página eletrônica da Prefeitura Municipal de Rio Negrinho, na guia da Defesa Civil. Esse ponto de monitoramento é uma das referências para ativação do PLANCON. As imagens da câmera estão disponibilizadas à toda população sendo seu acesso por meio da página eletrônica.

As bacias hidrográficas do rio Negrinho e do rio Preto fazem parte da bacia do rio Negro que se trata de uma bacia hidrográfica na divisa entre os estados de Santa Catarina e Paraná. O Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Canoinhas e Afluentes Catarinenses do Rio Negro está em fase de elaboração. Em novembro de 2022, foram realizados encontros em três municípios (São Bento do Sul, Mafra e Canoinhas) para estabelecer por meio da participação pública os cenários desejados para compor a proposta de enquadramento dos corpos d'água em classes de uso (SANTA CATARINA, 2022).

A análise integrada sob a perspectiva da socio-hidrologia revelou que a sociedade esteve exposta a uma grande diversidade de perigos naturais que resultaram em desastres. Contudo, ao compreender os mecanismos de adaptação ao longo do tempo, evidenciou-se que as inundações foram os principais catalizadores de mudanças organizacionais e da implementação de medidas associadas ao planejamento territorial e de gestão dos riscos e dos desastres. Salienta-se que a efetivação das medidas de adaptação a nível institucional formal dependeu de acordos e decisões políticas. Em outras palavras, a ocorrência do perigo natural

desencadeou a motivação para as adaptações, porém foram necessárias articulações políticas para a efetivação dessas propostas. Entre as medidas implementadas pode-se citar, por exemplo, que as características das inundações de 1983 e 1992 são utilizadas em instrumentos de gestão, tais como no planejamento de uso e ocupação do município e na ativação do PLANCON.

Além disso, parte dessas adaptações atuaram diretamente de forma a evitar que infraestruturas críticas sejam atingidas em eventos similares futuros. As mudanças organizacionais podem ser atribuídas à uma gestão estratégica dedicada à redução dos riscos de desastres em cascata, embora essa denominação não seja utilizada oficialmente. No entanto, ela está limitada às inundações, visto que os demais perigos naturais não são discutidos nos documentos oficiais analisados. Exemplo disso se refere às estiagens, que embora o município, até o momento, esteja conseguindo lidar com este tipo de perigo natural de modo que não se torne um desastre, é importante realizar o planejamento dos recursos hídricos considerando o agravamento destes cenários no futuro.

5.3.2 Interações entre os componentes físicos e sociais associados aos desastres

Diferentes fontes de dados foram analisadas visando compreender as interações entre os componentes físicos e sociais associados aos desastres oficialmente reconhecidos no município de Rio Negrinho. Dentre os desastres ilustrados na Figura 28, os resultados do questionário permitem destacar as inundações de 1983, 1992, 2013 e 2014, bem como o desastre denominado chuva intensa ocorrido em 2019 e o vendaval de 2020. Esses desastres são os mais lembrados e receberam o maior número de respostas com indicativos de ter afetado a casa, o trabalho ou a rotina (Figura 29). Portanto, entre os respondentes, existe uma lembrança dos desastres de grande magnitude associados a prejuízos mesmo que tenham ocorrido há 40 anos, bem como se observou relação entre ter sido afetado pelo desastre com a lembrança dele, principalmente relacionados a eventos recentes. Os eventos supracitados serão detalhados a seguir visando compreender os componentes físicos e sociais. Contudo, para esse estudo, também é importante compreender as interações dos desastres menos lembrados, mesmo que existam dificuldades em sua caracterização, como já observado no item 5.3.1.

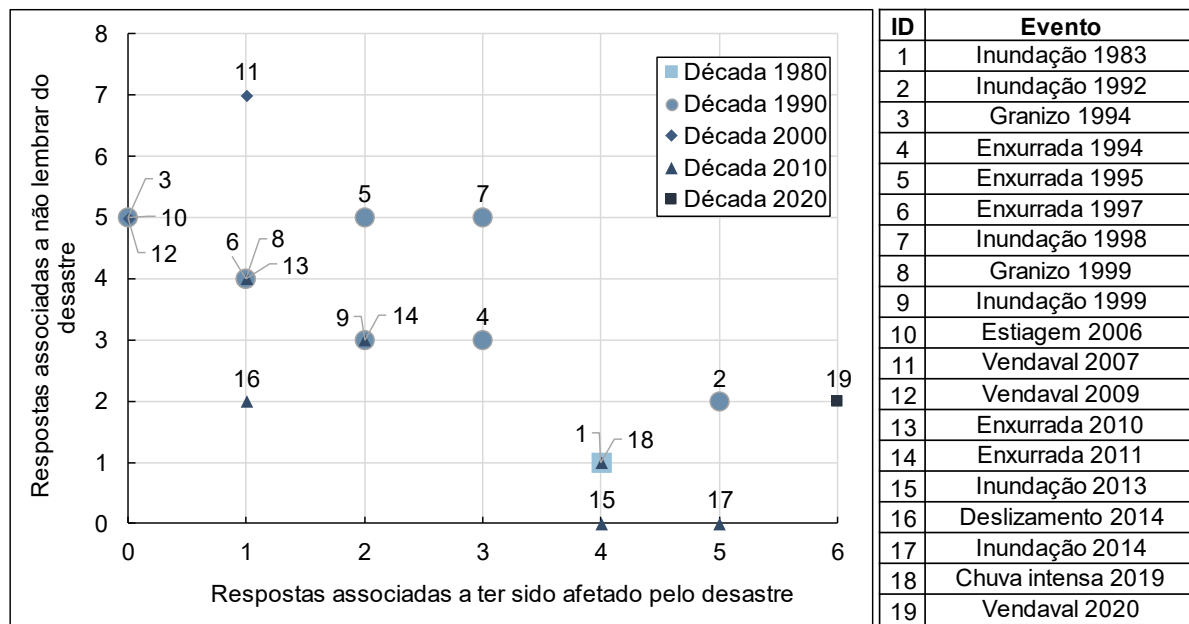


Figura 29 – Relação entre as respostas associadas a não lembrar e ter sido afetado pelo desastre.

A **inundação de julho de 1983** que atingiu Rio Negrinho foi decorrente de processos meteorológicos de mesoescala. Nesse ano ocorreram inundações atípicas em diferentes bacias hidrográficas no Brasil em decorrência de um forte evento de El Niño, que causou altas taxas de precipitação ao longo de todo ano, principalmente, em fevereiro, junho e julho (FLEISCHMANN et al., 2020). Tal cenário aponta a persistência das chuvas e dos elevados volumes precipitados, indicando alta saturação do solo. Durante esse desastre, o valor máximo precipitado estimado foi de 66,9 mm em 08/07/1983, com uma precipitação acumulada de 10 dias igual a 282,5 mm, considerando o dia 1 como o dia do nível máximo da inundação. De acordo com Giglio (2010), a precipitação acumulada de 10 dias apresentou maior coeficiente de correlação com a área inundada ($R^2=0,88$) quando comparado com os valores acumulados de 7, 10 e 30 dias. Giglio e Kobiyama (2011) sugerem que os valores de precipitação registrados estão subestimados em relação ao evento real. Não há dados de nível do rio Negrinho nem do rio Negro para este evento.

Embora outras inundações já tivessem atingido o município anteriormente, a magnitude desse evento surpreendeu a população que não possui um plano de ação para lidar com o desastre. Como demonstrado na Figura 28, esse desastre repercutiu em danos materiais, além de ter afetado cerca de 30% dos habitantes e atingido as infraestruturas críticas existentes desencadeando impactos negativos sequenciais. Na época, como forma de registro, a marca da altura máxima da inundação ocorrida no dia 11/07/1983 foi pintada no muro lateral da Igreja

Matriz Santo Antônio de Pádua, possuindo aproximadamente 5 m de altura em relação à cota da rua (GIGLIO, 2010).

Menos de 10 anos após a inundação de 1983, ocorreu em **1992 mais uma inundação de grande magnitude**. Entre o final de maio e início de junho deste ano, ocorreu uma precipitação estimada com volume acumulado em 10 dias de 356,0 mm, com maior valor de 126,5 mm no dia 29/05/1992. O valor da cota atingida pela inundação de maio 1992 também foi pintado no muro da igreja indicando cerca de 10 cm a mais do que o evento de 1983, com o nível máximo ocorrendo em 31/05/1992 (GIGLIO, 2010). Não há dados disponíveis do nível do rio Negrinho para esse evento, porém ao analisar os dados de nível do rio Negro, observa-se uma elevação de cerca de 12 m em relação ao seu nível normal que foi retomado somente no dia 22/06/1992. No dia 31/05/1992, data do maior nível de inundação no centro de Rio Negrinho, o nível do rio Negro foi 13,7 m, atingindo o valor máximo de 14,4 m em 02/06/1992 (Figura 30a).

A ocorrência de outro evento de grande magnitude em um curto período não era esperada pelos habitantes de Rio Negrinho (MÜHLBAUER, 2017). Como observado na linha temporal (Figura 28), cerca de 35% dos habitantes foram afetados pela inundação, bem como os danos materiais em 1992 foram superiores a 1983. Os resultados apresentados no item 5.3.1. denotam características que podem ser atribuídas a desastres em cascata, visto que infraestruturas críticas foram severamente afetadas, fazendo com que os impactos da inundação fossem amplificados ao longo do tempo.

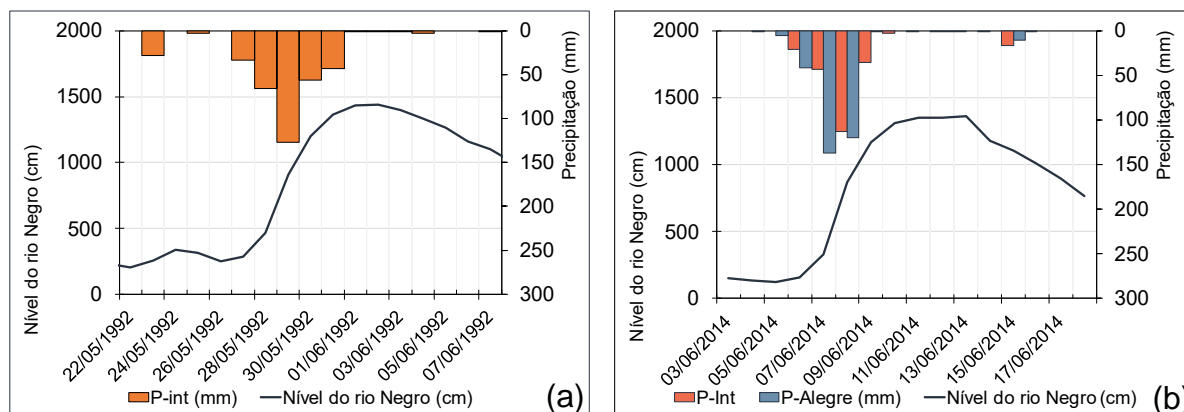


Figura 30 – Precipitação e nível do rio Negro durante a inundação em (a) 1992 e em (b) 2014.

Outro desastre elencado entre os mais lembrados também está associado à **inundação de 2013**, que também é o segundo desastre com maior número de respostas indicando atuação como voluntário (Figura 31). Esse evento teve características físicas que remetem a uma menor magnitude quando comparado às inundações de 1992 e 1983, porém como ilustrado na linha temporal da Figura 28 ocorreram danos materiais que resultaram em desabrigados e desalojados. Conforme dados não sistemáticos ocorreram chuvas em diversos municípios de Santa Catarina a partir do dia 20/09/2013. O valor da precipitação máxima foi de 80,4 mm em 22/09/2013 com acumulado em 10 dias de 230,0 mm (dados INMET). O maior nível do rio Negrinho registrado foi 5,3 m no dia 23/09/2013, enquanto o nível máximo do rio Negro chegou a 8,5 m no dia 25/09/2013.

No ano seguinte, em junho de **2014**, novamente, Rio Negrinho registrou a ocorrência de uma **inundação**. Os dados de precipitação interpolados apresentam valores subestimados em relação aos dados da estação telemétrica do CEMADEN denominada “Rio Negrinho_Alegre”, o que é esperado em casos de chuvas concentradas espacialmente. Com base nos dados do CEMADEN, o volume precipitado no acumulado de 10 dias é de 320,2 mm, com o máximo de 136,8 mm ocorrendo dia 07/06/2014. Embora existam valores de nível para o rio Negrinho, não é recomendado utilizá-lo, pois apresenta um comportamento atípico que denota inconsistência com a realidade (MONTEIRO; VANELLI; DUARTE, 2023). De acordo com Mühlbauer (2017), o operador não conseguiu realizar as medições. A partir da fotografia ilustrada na Figura 19a, pode ser inferido que o nível do rio Negrinho foi cerca de 20 cm abaixo de 1983, no entanto não há indicativo da data do registro. Em relação ao rio Negro, seu nível em 06/06/2014 estava 1,6 m, atingiu 8,7 m em 08/06/2014 e o valor máximo de 13,6 m ocorreu em 13/06/2014. Na Figura 30b é possível comparar os valores de precipitação e de nível do rio Negro para a inundação de 2014.

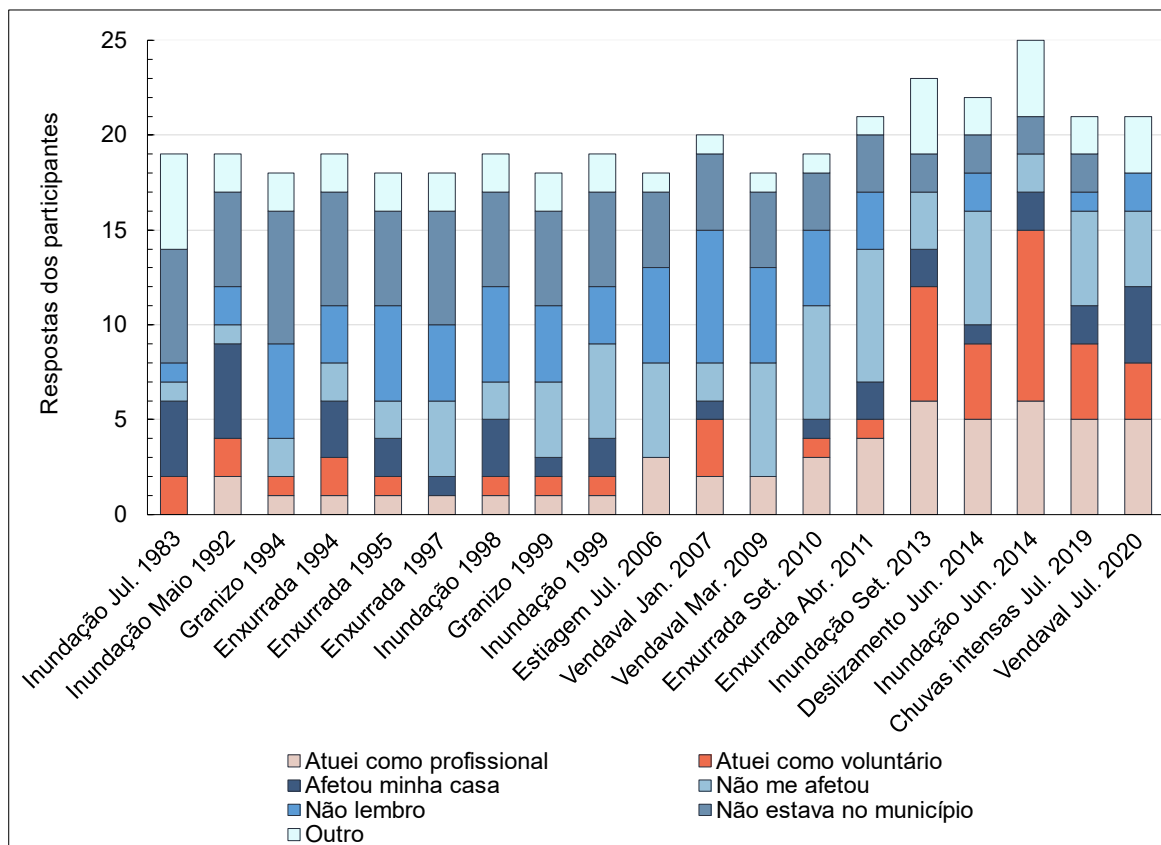


Figura 31 – Respostas do grupo focal sobre a linha temporal dos desastres e suas interações.

Assim como em 2013, a inundação de 2014 não deflagrou efeitos em cascata devido às infraestruturas críticas, pois essas já haviam sido realocadas para áreas não suscetíveis a inundação. Entretanto, de acordo com Mühlbauer (2017), algumas características desse evento contribuíram para os grandes danos materiais: (i) a evolução do evento se deu à noite, quando a retirada de bens móveis é mais complexa; (ii) muitos moradores e comerciantes não estavam em seus imóveis, pois o evento ocorreu entre à noite de sexta e o sábado; e (iii) comparado com o evento de 1992, o nível da água subiu rapidamente. Ressalta-se que ainda não havia sido estabelecido o PLANCON.

Apesar do reconhecimento oficial classificar o desastre de 2014 como inundação, esse desastre possui características de um evento composto visto que também ocorreram deslizamentos. De acordo com o levantamento realizado por técnicos do Serviço Geológico Brasileiro (2018), os movimentos de massa ocorridos foram deflagrados pelas chuvas intensas que geraram alta concentração de água no solo em associação com a intervenção antrópica, como cortes nas encostas ou residências situadas na base ou na crista da encosta. Nas respostas

dos questionários, nota-se que alguns participantes lembravam da inundação, porém não dos deslizamentos.

Além das inundações de 1983, 1992 e 2014, o **desastre meteorológico tempestade do subtipo chuva intensa em 2019** foi listado entre os mais lembrados pelos participantes do grupo focal. Embora o reconhecimento por meio S2id remeta a julho de 2019, o desastre ocorreu entre os dias 28 e 31/05/2019 (RIO NEGRINHO, 2019c). Este subtipo de desastre se refere a ocorrência de precipitações cujo volume acumulado pode desencadear inundações e deslizamentos. A mudança na tipificação do registro não se limitando apenas à inundação, mas também remetendo a ocorrência de deslizamentos, pode denotar que áreas antes consideradas seguras por não serem suscetíveis a inundação, passaram a ser mais frequentemente ocupadas e, conseqüentemente, atingidas pelos impactos decorrentes desse outro tipo perigo natural.

De acordo com os dados de precipitação interpolados e os provenientes do INMET, com valores máximos de 79,9 mm e 90,6 mm, respectivamente, para os dias 30 e 31/05/2019 (Figura 32). Monteiro, Vanelli e Duarte (2023) indicaram a ocorrência de inundação em algumas áreas, com o nível do rio Negrinho atingindo 4,94 m considerando as régua linimétricas na captação de água sob responsabilidade do SAMAE-RN. A partir do critério da primeira versão do PLANCON, quando o nível do rio Negrinho atingiu 4,6 m ocorreu a ativação do plano, ou seja, as ações de resposta ao desastre já estavam organizadas para lidar com a inundação, porém naquele momento não existiam ações claras para lidar com os deslizamentos. Ao analisarem a condição hidráulica, não foi observado o efeito de remanso neste caso, já que o nível do rio Negrinho conseguiu reduzir ao longo do tempo, enquanto os níveis do rio Negro continuaram aumentando até o dia 03/06/2019 atingindo 9,4 m (MONTEIRO; VANELLI; DUARTE, 2023).

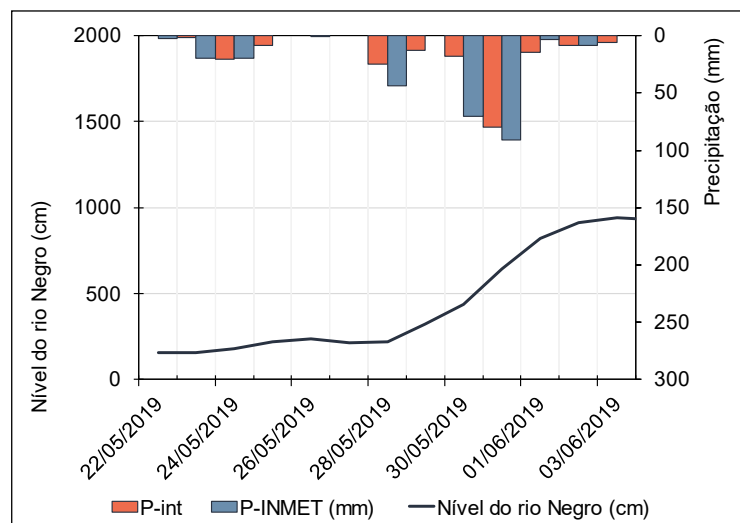


Figura 32 – Comparativo entre os dados pluviométricos interpolados e da estação meteorológica do INMET e o nível do rio Negro associados ao evento de maio de 2019.

O vendaval de 2020 também foi um dos mais lembrados pelos participantes e teve o maior número de respostas sobre ter sido afetado, apesar do maior número de registros de destelhamentos ter ocorrido na área rural de Rio Negrinho. Além de ser uma ocorrência mais recente, o evento foi um ciclone bomba que atingiu a região sul do país entre os dias 30/06/2020 e 01/07/2020 causando sérios danos em diversos municípios (PAIXÃO et al., 2021). De acordo com os dados meteorológicos do INMET, as rajadas atingiram o valor máximo de 73,4 km/h no dia 30/06/2020 e rajadas de 53,3 km/h em 01/07/2020. Esse valor está abaixo do esperado para ventos associados a ciclones, de modo que os dados possivelmente não estão representativos do fenômeno. Ao avaliar a precipitação registrada nessa mesma estação, houve registro de 15,4 mm sem chuvas nos dias subsequentes, similarmente ao representado pelos dados interpolados. Conforme discutido no item 5.3.1., a análise documental apontou que ainda não há estratégias definidas para lidar com esse tipo de desastre, porém supõe-se que a existência do GRAC já é um importante apoio para gerenciar situações de crise.

Embora os desastres supracitados tenham sido os mais lembrados pelos participantes, é importante, apesar das limitações dos dados, investigar as características dos componentes físicos e sociais relacionados aos demais desastres. Em relação às demais inundações oficialmente reconhecidas, tanto em 1998 quanto em 1999, observam-se dois eventos distintos. Enquanto em 1998, a precipitação persistiu por dias, atingindo um volume total acumulado de 148,1 mm entre 01 e 11/01/1998, com máxima de 68,0 mm em 08/01/1998. Já em julho de 1999, observa-se uma chuva concentrada temporalmente, com a ocorrência de um volume de 118,1 mm em 03/07/1999, valor diário máximo superior aos eventos de 1983 e 2014. Os valores

registrados como nível máximo do rio Negro foram de 7,1 m em 11/01/1998 e 9,8 m no dia 07/07/1999, similar ao observado no evento de 2019. A escassez de dados sobre os danos inviabiliza conhecer os impactos decorrentes de ambos os eventos, porém supõe-se que embora apresentem magnitudes inferiores aos eventos que antecederam, durante o contexto histórico podem ter indiretamente contribuído para reiterar a importância das mudanças organizacionais que ainda não haviam sido efetivadas.

As enxurradas também se referem a extremos hidrológicos de máxima, porém estão entre os desastres menos lembrados pelos participantes. A Tabela 3 apresenta os valores de precipitação máxima diária e dos níveis máximos do rio Negro e do rio Negrinho para cada um dos eventos. A enxurrada de 2011 ocorreu em 14/03/2011 de acordo com o Decreto Municipal, (RIO NEGRINHO, 2011), mas os dados das estações de monitoramento de precipitação e de nível do rio Negrinho apresentam falhas, o que pode ser um indicativo de evento extremo de máxima. Em todos esses casos, pode-se presumir que o rio Negro não causou efeito de remanso, de modo que o tempo de esvaziamento da bacia hidrográfica do rio Negrinho foi menor para esses eventos do que nos cenários de inundação. Tal fato pode ser associado a uma menor lembrança de tipos de desastre associados à enxurrada, visto um menor tempo de interrupção das atividades em decorrência do mais rápido esvaziamento em comparação a eventos de inundação.

Tabela 3 – Dados da precipitação máxima diária e do nível máximo do rio Negrinho e do rio Negro para cada um dos desastres associados a enxurradas.

Ano	Precipitação máxima diária (mm)	Nível do rio Negrinho (m)	Nível do rio Negro (m)
1994	12/05: 95,9 mm	Indisponível	14/05: 4,9 m
1995	08/07: 78,4 mm	Indisponível	10/07: 8,3 m
1997	21/01: 81,1 mm	Indisponível	24/01: 7,0 m
2010	26/04: 135,8 mm	27/04: 6,7 m	29/04: 10,5 m
2011	Falhas nos dados	Falhas nos dados	17/03: 3,3 m

Os desastres meteorológicos do tipo tempestade também estão entre os menos lembrados, tanto os do subtipo granizo ocorridos em 1994 e 1999, ambos no mês de novembro, quanto do subtipo vendaval ocorridos em janeiro de 2007 e de setembro de 2009. Apesar de não terem sido encontrados dados meteorológicos representativos dos eventos de granizo, os dados não sistemáticos apontam que ambos se concentraram, principalmente, na área rural, causando danos ao setor agrícola. Quanto aos vendavais, não foram encontrados dados de 2007, enquanto em 08/09/2009 foram registradas rajadas com até 109,5 km/h. De acordo com a Escala

de Beaufort, ventos com velocidades acima de 103 km/h correspondem ao grau 11 e costumam ser acompanhados por chuvas concentradas (CEPED; UFSC, 2013). Os dados de precipitação monitorados pela estação meteorológica do INMET indicam o valor máximo 56,2 mm em 08/09/2009.

Entre a predominância dos desastres associados a extremos hidrológicas de máxima, evidencia-se um único registro de **estiagem em 2006**. Esse desastre afetou predominantemente as áreas rurais causando perdas agrícolas, de modo que a área urbana não foi atingida, o que leva a uma menor experiência como observado na Figura 29. Além disso, os impactos das estiagens são decorrentes de processos mais lentos do que aqueles decorrentes de eventos de inundação ou enxurradas. Assim em um município com ocorrências de inundações de grande magnitude, ou seja, acostumados a ter que lidar com eventos de abundância de água, é necessário chamar a atenção para problemas de escassez hídrica.

Para analisar as características físicas da estiagem de julho de 2006, comparou-se os valores de precipitação média do ano de 2006 com os valores de precipitação média apresentados por Kobiyama et al. (2004). Observa-se que os valores mensais de precipitação do ano de 2006 foram abaixo dos valores médios, exceto para os meses de março e novembro. Entre abril e julho, os valores precipitados foram em média 75% menores do que os valores médios (Figura 33), denotando que as estiagens estão relacionadas à baixa pluviosidade.

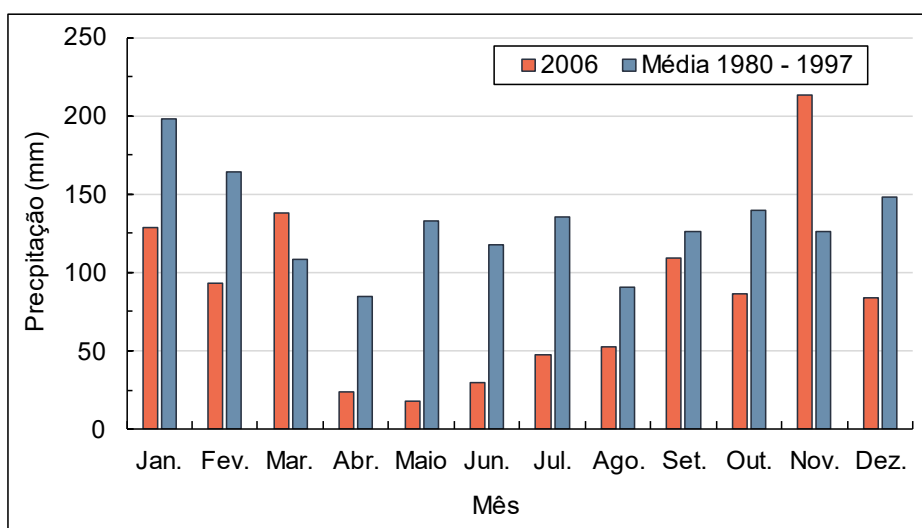


Figura 33 – Comparativo entre a pluviosidade mensal de 2006 e a precipitação média mensal do período de 1980 a 1997.

Por fim, após a realização do grupo focal, houve registro de um **desastre meteorológico do tipo tempestade em 2022**, subtipo chuva intensa, que foi reconhecido como Situação de Emergência em 05/01/2023. A precipitação iniciou em 26/11/2022 atingindo um volume acumulado de 240,8 mm em 06/12/2022 (Figura 34). No dia 28/11/2022 pela manhã, o rio já havia extravasado em alguns trechos do centro (NOSSAS NOTÍCIAS, 2022). De acordo com Rio Negrinho (2022b), as chuvas conjuntamente com ventos resultaram em inundações e deslizamentos em alguns pontos do Município. O volume precipitado é similar ao ocorrido em 2013, no entanto as condições hidráulicas são distintas.

O PLANCON revisado em 2021 foi ativado e, conforme previsto, a evolução da inundação foi sendo acompanhada e classificada desde seu estado de atenção até emergência, quando o nível do rio Negrinho atingiu 4,0 m. Pela primeira vez, o monitoramento pode ser realizado remotamente devido à câmera de monitoramento instalada às margens do rio Negrinho no ponto de captação de água para abastecimento no SAMAE-RN. Tanto a população quanto os membros da Defesa Civil Municipal e demais tomadores de decisão acompanhavam simultaneamente a elevação do nível do rio Negrinho. No entanto, é necessário atentar para possíveis falhas nesse sistema e tentar criar mecanismos de verificação dos dados.

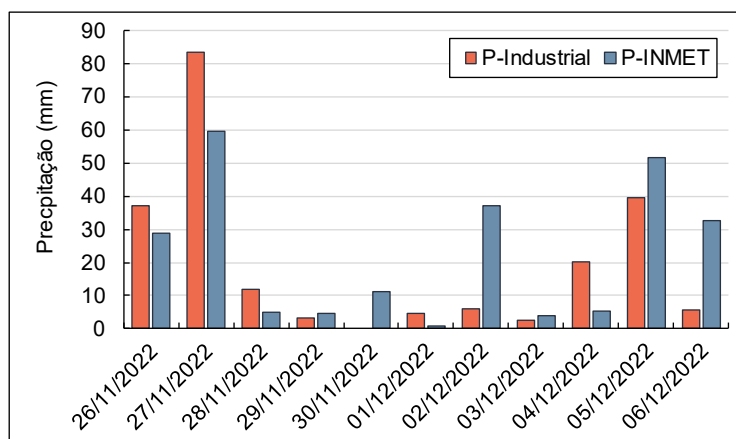


Figura 34 – Comparativo entre os dados pluviométricos interpolados e da estação meteorológica do INMET associados a tempestade de dezembro de 2022.

Evidencia-se que mesmo buscando utilizar dados sistemáticos e não sistemáticos de forma complementar, há uma grande dificuldade em retratar, especialmente, os componentes sociais. É notório que as narrativas sobre os desastres mais lembrados pelos participantes do grupo focal, discutidas no item 5.3.1., foram importantes para a compreensão dos componentes

físicos e sociais. Assim, mesmo que o objetivo seja reconhecer as interações, a escassez de dados torna limitada a compreensão dos desastres menos lembrados.

Além disso, também houve dificuldade na representação dos componentes físicos, visto que ocorre incremento de incertezas dos dados referente a eventos extremos hidrológicos de máxima e de mínima devido às suas próprias características (BRÁZDIL; KUNDZEWICZ; BENITO, 2006; MCMILLAN; WESTERBERG; KRUEGER, 2018). Entretanto, é fundamental ampliar e manter a rede de monitoramento hidrometeorológico e estabelecer uma parceria com a população a fim de reduzir as incertezas e complementar os dados, possibilitando uma perspectiva mais holística. Assim, desenvolver a socio-hidrologia a partir da aplicação de técnicas qualitativas e quantitativas para coleta e processamento dos dados pela e com a participação social, possibilita um enriquecimento da compreensão dos desastres reduzindo as incertezas tanto para pesquisas científicas como para implementação de estratégias para gestão dos riscos e dos desastres.

Ao longo do tempo ocorreu uma diversidade de tipos de desastres naturais, porém os danos registrados demonstram que as inundações de 1983, 1992 e 2014 foram de grande magnitude e estão presentes na memória. No entanto, a ausência de medidas estruturais tradicionais, como diques e barragens de controle, torna a inundação um fenômeno de recorrência no município mesmo para pequenas magnitudes. Dessa forma ações para uma convivência harmoniosa com esse fenômeno podem ser implementadas ao invés de tentar afastar ou eliminar o perigo. Observa-se que esses eventos moldaram a organização social, notando-se um aprimoramento da gestão de riscos e de desastres ao longo do tempo. Entretanto, outros tipos de desastres ocorridos também causaram danos e não recebem a mesma atenção no planejamento. Pode-se supor que a menor recorrência desses outros tipos de perigos naturais torne a população menos perceptiva a eles, bem como as complexidades dos diferentes fenômenos dificulte o monitoramento pelos tomadores de decisão. Entretanto, a existência do GRAC é fundamental e de extrema importância para resposta dos diferentes tipos de desastre.

A mudança nos registros dos desastres, de inundação para chuvas intensas, desperta o olhar para a ocorrência dos eventos compostos e, portanto, a necessidade de ampliar as estratégias de gerenciamento de risco e de desastres. Tal fato denota que a população já está sendo impactada pelos deslizamentos, além das inundações. A exemplo de outros municípios, as áreas da planície de inundação foram inicialmente ocupadas, onde se estabeleceu o centro de Rio Negrinho. No entanto, com o decorrer da expansão urbana ao longo dos anos, ocorreu a

ocupação de forma mais intensiva de áreas suscetíveis a movimentos de massa e em seus entornos (SERVIÇO GEOLÓGICO BRASILEIRO, 2018).

Outro tipo de desastre que teve baixa recorrência foi a estiagem, porém os alertas estão se tornando cada vez mais presentes nos boletins meteorológicos. Considerando que a indústria de móveis e papel tem relevante papel na economia local, parte do território de Rio Negrinho é dedicado à silvicultura, além das áreas agrícolas, de modo que em períodos de estiagem associados a temperaturas elevadas podem desencadear incêndios florestais, que levariam a perdas econômicas relevantes para o município e, conseqüentemente, à população. Assim, questiona-se como o aprendizado decorrente de “conflitos” com as inundações podem levar a sociedade a se adaptar e implementar medidas para lidar com os demais tipos de desastres. É necessário usufruir do aprendizado em lidar com as inundações para lidar com os demais tipos de desastres, a fim de promover a adaptação antes da ocorrência de desastres sem precedentes que causem grandes prejuízos à população.

5.3.3 Análise de desastres pareados com foco em inundações

Apesar da diversidade de tipos de desastres reconhecidos em Rio Negrinho, evidencia-se maior grau de interação com as inundações tanto em termos de experiência quanto na implementação de medidas de adaptação. As mudanças organizacionais e as medidas não-estruturais implementadas ao longo do tempo indicam um aprimoramento das estratégias para lidar com as inundações, baseado nas próprias experiências com os eventos de maior magnitude ocorridos no passado. Mediante isso, a análise para eventos pareados foi feita considerando as inundações de maior magnitude ocorridas em julho de 1983, maio de 1992 e junho de 2014 e os eventos compostos ocorridos em maio de 2019 e dezembro de 2022, cujos volumes de precipitação acumulada resultaram em inundações e deslizamentos. O objetivo dessa análise foi entender as interações entre os componentes físicos e sociais que influenciam o risco e os impactos diretos das inundações. A Figura 35 apresenta a comparação entre os mecanismos associados aos desastres e os respectivos impactos, considerando o evento imediatamente anterior como referência. É importante esclarecer que a análise comparativa ilustrada na Figura 35 deve ser complementada pela compreensão que cada desastre ocorre em cenários que envolvem processos físicos e sociais com complexidades únicas.

Entre as inundações, as maiores magnitudes estão associadas aos eventos de 1983, 1992 e 2014, com ocorrência de altos valores de precipitação acumulada e elevado nível do rio Negro. Embora os registros da precipitação de 1983 sejam subestimados (GIGLIO, 2010), os dados não sistemáticos indicam que as inundações de 1983 e 1992 apresentaram magnitudes similares. Os valores de precipitação acumulada em 10 dias para os eventos de 1992 e 2014 foram, respectivamente, 356,0 mm e 320,2 mm, com distinta distribuição temporal da precipitação. Em relação as cotas do nível do rio Negro não há registros de 1983, mas em decorrência da área inundada, supõe-se similaridade com o evento de 1992. Já em comparação com 2014, os registros indicam um nível máximo menor do que atingido pela inundação de 1992.

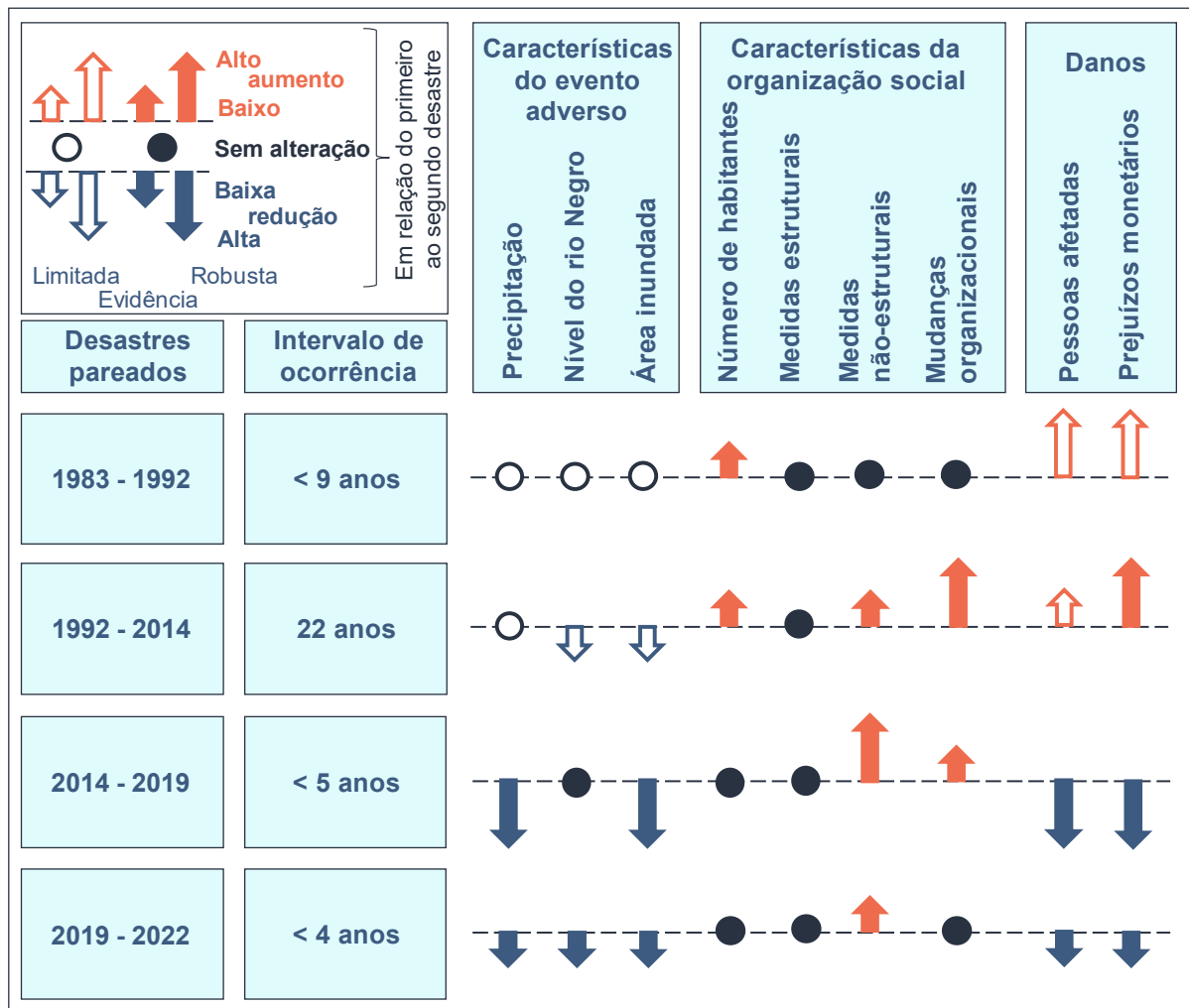


Figura 35 – Análise de desastres pareados.

Os desastres de 1983 e 1992 apresentam similaridade em termos de magnitude, no entanto a inundação de 1992 é dita como a mais severa, em virtude de seus danos terem sido maiores em comparação a 1983. Entre ambos os desastres ocorreu aumento populacional (i.e. maior exposição) (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 1992) e não houve aprimoramento das estratégias de gestão dos riscos e dos desastres. Ressalta-se que nesses dois eventos, as infraestruturas críticas foram afetadas pelas inundações gerando impactos negativos sequenciais que aumentaram a fragilidade da organização social. Após a ocorrência de duas inundações com alta magnitude em um curto espaço de tempo, ficou evidenciado aos membros da comunidade que tais eventos voltariam a ocorrer e seria necessário sair das áreas suscetíveis à inundação ou aprender a lidar com esse perigo natural (MÜHLBAUER, 2017). Entretanto, a implementação de mudanças organizacionais a nível institucional, bem como de medidas estruturais ou não-estruturais envolvem diversos aspectos que podem atuar como promotores ou inibidores das mudanças, tais como articulação social, decisões políticas, disponibilidade de recursos financeiros, dentre outros, de modo que nem sempre as mudanças derivam de um evento extremo recente (THALER et al., 2019).

O tempo entre os eventos de alta magnitude pode ser considerado um mecanismo importante para mudanças na organização social. A ocorrência de duas inundações de alta magnitude em menos de uma década mobilizou a sociedade a se organizar, tendo em vista a possibilidade de algo similar se repetir. Após mais de duas décadas (entre 1992 e 2014), mudanças organizacionais quanto às infraestruturas críticas já há haviam ocorrido, bem como a cota da inundação de 1992 passou a ser a balizadora no planejamento do uso e ocupação do solo. Entretanto, a organização social apresentava fragilidades para lidar com a iminência do desastre, visto que em 2014, o PLANCON não havia sido elaborado, nem o GRAC havia sido criado. Portanto, o aumento populacional (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2011), a falta de ações coordenadas para a resposta ao desastre, a evolução do desastre em um período noturno e próximo ao fim de semana, bem como a ocorrência de um evento composto (item 5.3.2.), podem ter contribuído para o aumento no número de pessoas afetadas e nos danos monetários em relação à inundação de 1992. Portanto, é equivocado estabelecer uma relação direta entre os impactos negativos e a magnitude do evento adverso (componente físico), visto a influência dos componentes sociais na definição de como os perigos irão interagir com a sociedade resultando em diferentes impactos.

Diferentemente da denominação oficial dos desastres de 1983, 1992 e 2014 como inundação, os eventos de 2019 e 2022 foram classificados como chuvas intensas, reconhecendo

a chuva como desencadeadora de múltiplos perigos que levam a ocorrência de um desastre composto. Tanto o evento de 2019 quanto de 2022 apresentaram menor volume precipitado do que nas grandes inundações, bem como apenas algumas regiões do município foram inundadas. Assim, embora os danos descritos para 2019 e 2022 se tratem não somente a inundações, mas também a deslizamentos, pode-se afirmar que as mudanças organizacionais bem como as medidas não-estruturais contribuíram para a gestão dos riscos a inundações, como também das ações de resposta. Estabelecer estratégias de gestão e aprender a lidar com um determinado tipo de desastre reduz, ou pode até eliminar, os riscos e seus impactos, e embora não se atue diretamente na redução ou eliminação dos demais perigos, essa estruturação pode contribuir para as ações de resposta a estes demais tipos de desastres. Considerando a menor frequência de outros desastres, que os recursos humanos e financeiros são limitados e que a gestão dos riscos e dos desastres deve estar preparada para eventos sem precedentes, uma forma de ampliar essa gestão pode ser o estudo, inicialmente, focado no perigo predominante.

Analisando a bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, na região nordeste brasileira, Medeiros e Sivapalan (2020) identificaram uma mudança nas estratégias para adaptação à estiagem: de medidas estruturais baseadas em reservatórios para medidas não-estruturais. Entretanto, o presente estudo de caso não identificou a implementação de medidas estruturais, como diques, de modo que ao longo do tempo seguem ocorrendo eventos de extravasamento do rio Negrinho e seus afluentes com característica de alta frequência e baixa magnitude. Embora causem transtornos, principalmente associados à mobilidade urbana, evidencia-se a tendência de não ocupação das áreas suscetíveis a inundações, bem como possibilitam a convivência dos moradores com esses eventos, o que pode levar a mudanças efetivas na mobilidade urbana, por exemplo. Além de reduzir os danos decorrentes de eventos com maior magnitude, em decorrência da redução na exposição da população. Assim, estudos mais aprofundados sobre os riscos a inundações são instrumentos relevantes para estimular a manutenção dessa convivência com eventos de menor magnitude.

5.3.4 *Análise integrada de risco a inundações*

Partindo de uma análise integrada envolvendo a investigação de diferentes tipos de desastres, identificou-se que no município catarinense de Rio Negrinho já ocorreu uma diversidade de desastres, bem como de eventos compostos. Todos os eventos foram analisados a partir de componentes físicos e sociais e, apesar do registro de danos associados a eventos de escassez hídrica ou a movimentos de massa úmido, a análise integrada evidenciou que os rio-negrinhenses ponderam as inundações como o perigo mais relevante e buscam estratégias para lidar com esse tipo de evento. As inundações de grande magnitude ocorridas em 1983, 1992 e 2014 motivaram mudanças organizacionais e implementação de medidas não-estruturais, sendo indissociável o papel da organização social atuando como promotora dessas adaptações, por meio de articulação social, decisões políticas e disponibilidade de recursos financeiros, por exemplo. Assim, embora o estudo tenha se originado da análise de múltiplos perigos naturais, a aplicação da análise integrada sob perspectiva da socio-hidrologia, direcionou a um enfoque para a análise das inundações.

As inundações afetam a área urbana do município, que está totalmente inserida na bacia do rio Negrinho. Diversas medidas não-estruturais já foram adotadas visando reduzir o risco a inundações e seus impactos, porém de forma preponderante elas se baseiam nos valores das cotas do rio Negrinho e das precipitações acumuladas durante a ocorrência das inundações históricas. Mediante isso, realizou-se o mapeamento do risco a inundações para a área urbana de Rio Negrinho, com base no cruzamento de índices de perigo a inundações e de vulnerabilidade. O índice de perigo variou entre baixo, médio e alto perigo, respectivamente, 0,33, 0,66 e 1,00. O valor mínimo da vulnerabilidade foi 0,06 e o máximo de 0,52 sendo os limites entre 0 e 1. Os resultados dos índices social, econômico, de infraestrutura e da vulnerabilidade estão ilustrados na Figura 36.

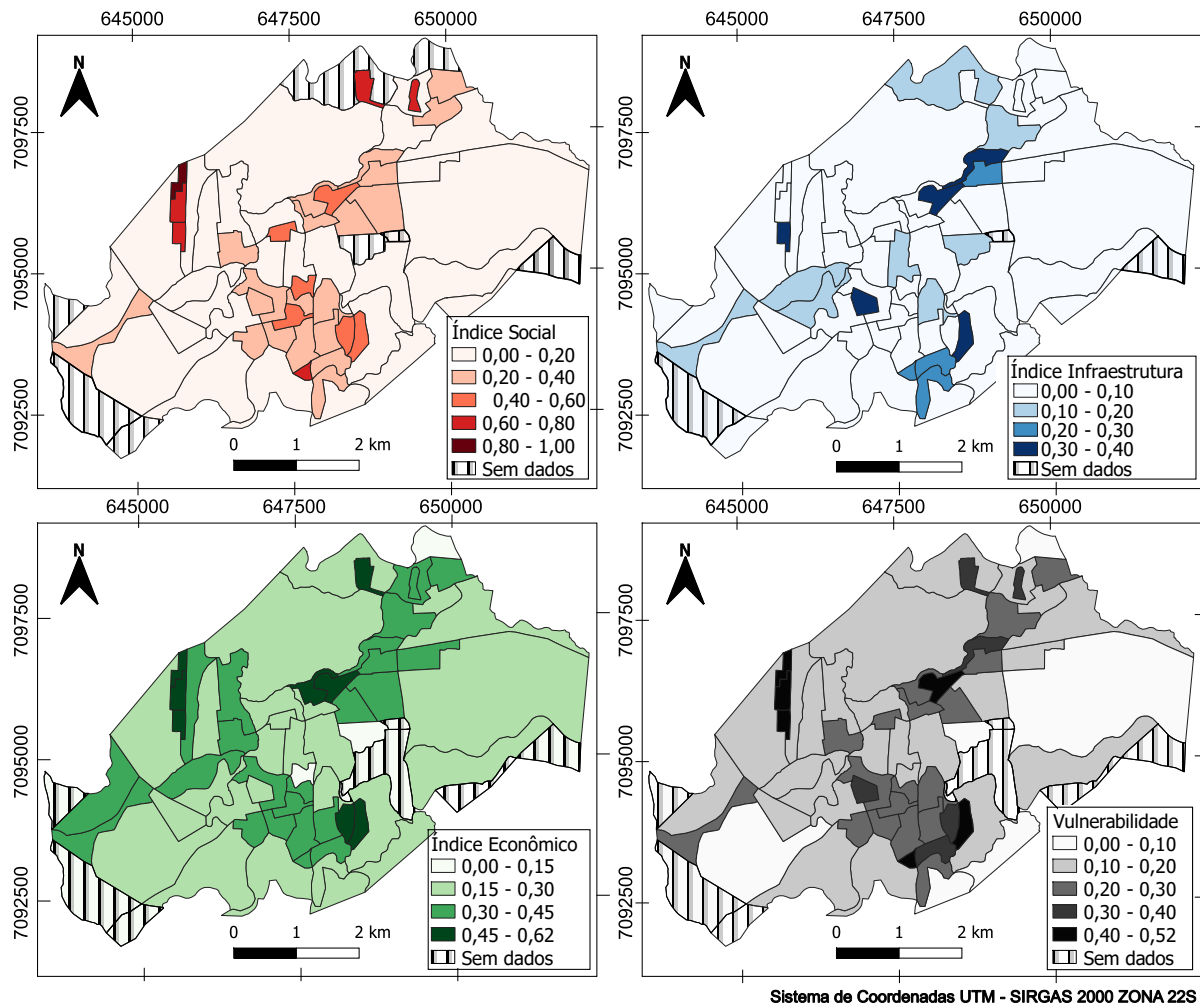


Figura 36 - Resultados dos índices (a) social, (b) econômico, (c) de infraestrutura, e (d) vulnerabilidade dos setores censitários da área urbana do município de Rio Negrinho/SC.

Os setores censitários com valores de vulnerabilidade igual ou superior a 0,35 estão localizados nos bairros: Vista Alegre, São Rafael, Alegre, Cruzeiro, Vila Nova, Campo Lençol, Industrial Norte, e Ceramarte. Alguns setores censitários não possuíam dados, sendo desconsiderados na análise. Em um grupo focal realizado no município, os resultados foram apresentados à comunidade a fim de validar os resultados reduzindo as incertezas. Embora alguns dos participantes tenham salientado a relevância de atualizar os resultados após a divulgação dos dados censitários referentes a 2022, houve concordância em relação aos setores censitários indicados como mais vulneráveis. Devido às distinções na divisão dos setores censitários, a comparação com os resultados obtidos em Goerl, Kobiyama e Pellerin (2011) não foi realizada.

A partir dos resultados de perigo a inundação produzido por Monteiro, Duarte e Vanelli (2023) e de vulnerabilidade foi gerado o mapa de risco a inundação para a área urbana

de Rio Negrinho (Figura 37). Em uma escala de 0 a 1, os valores de risco variaram de 0,00 a 0,46. Ao analisar o histograma dos resultados (Figura 38), identificou-se que 76% da frequência está associada a valores de risco baixo entre 0 e 0,14, enquanto 21% variam entre 0,15 e 0,28 (risco médio) e apenas 3% se referem a valores de risco alto igual ou superior a 0,29 que denotam área com necessidade de maior atenção.

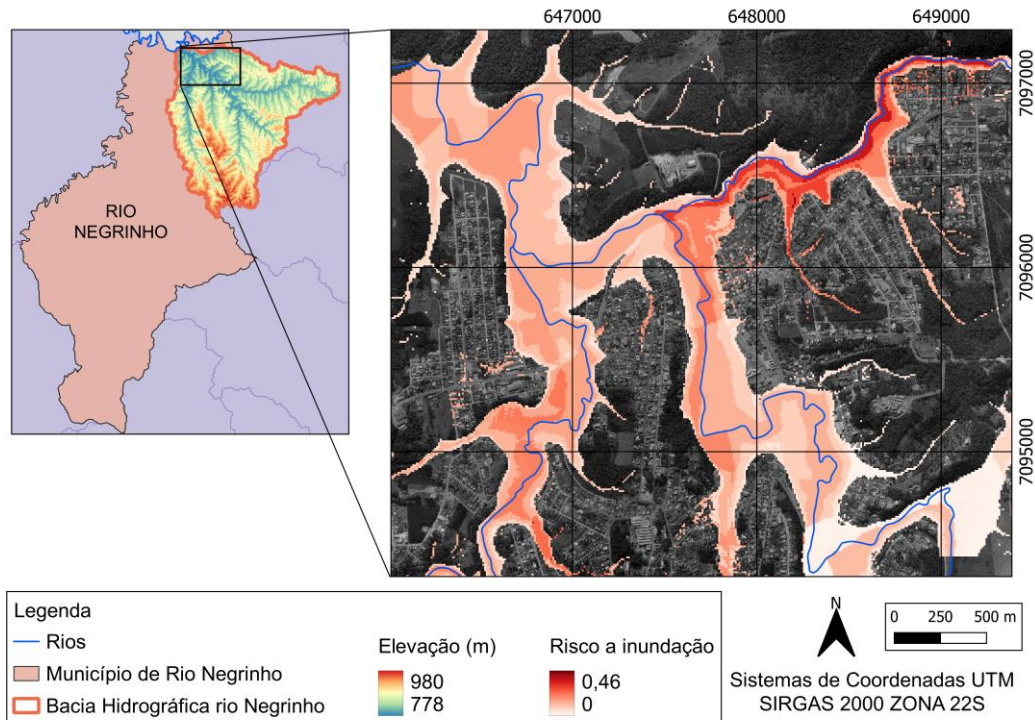


Figura 37 - Mapa de risco a inundação para a área urbana do município de Rio Negrinho/SC.

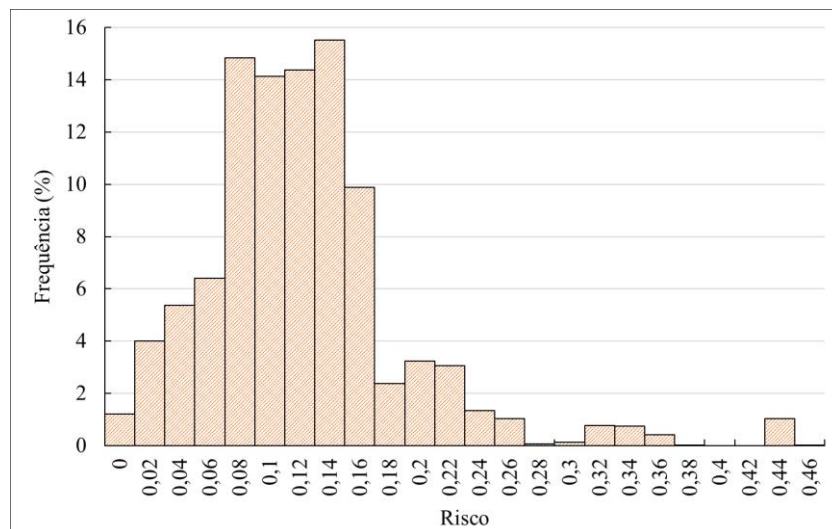


Figura 38 - Histograma dos valores de risco a inundação para a área urbana do município de Rio Negrinho/SC.

As seguintes infraestruturas críticas foram listadas inicialmente: escolas públicas e particulares de ensino básico e médio, centros de educação infantil e para pessoas excepcionais, centros de saúde, lar de idosos, sedes de Prefeitura, Polícia Civil, Militar e Rodoviária, Corpo de Bombeiros, Defesa Civil, duas estações de tratamento de esgoto (ETE), estação de tratamento de água (ETA) e duas subestações de energia elétrica. Os representantes de Rio Negrinho ao serem consultados indicaram a necessidade de incluir outros locais: três ginásios que servem como locais de alojamentos aos desabrigados durante os eventos extremos, uma casa de proteção a crianças e os dois fóruns do Município.

Foram identificadas 61 infraestruturas críticas neste levantamento, porém cinco centros de educação, três centros de saúde e as duas ETEs foram excluídos da análise pois estavam localizados fora da área do mapeamento. Assim, a análise do risco a inundação foi realizada para 51 infraestruturas críticas, dos quais 53% estão localizados em áreas com risco a inundação em um raio de até 100 m ou menos (Figura 39a). Os resultados obtidos para os locais analisados em relação à proximidade do risco a inundação são ilustrados na Figura 39b. Considerando um raio igual ou menor de 100 m das infraestruturas críticas, quatro (14%) estão em áreas de risco a inundação com valores entre 0,09 e 0,18 e o maior valor de risco identificado foi 0,29 em dois locais em um raio de 100 m.

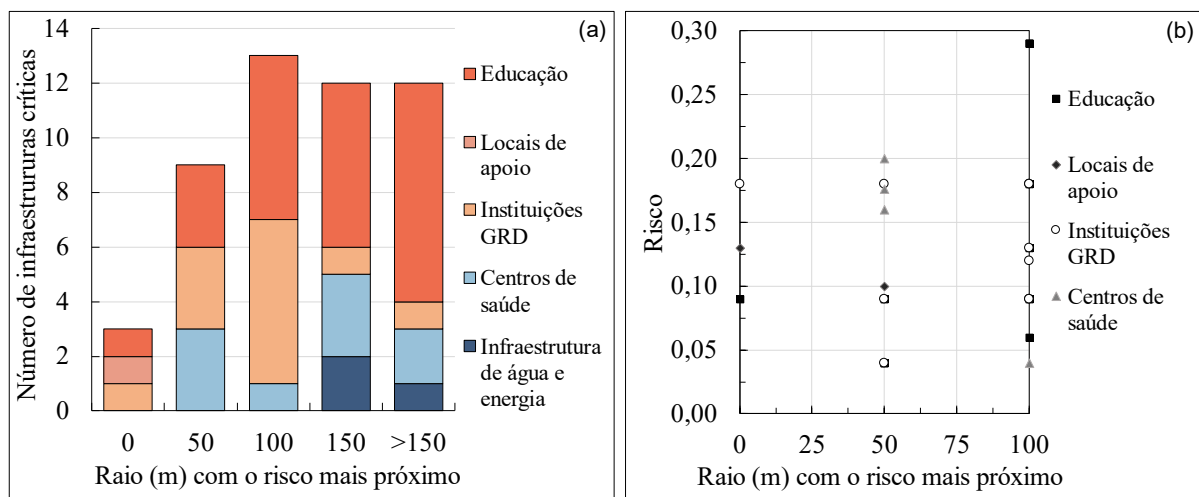


Figura 39 - (a) Número de infraestruturas críticas em relação ao raio com o risco mais próximo e (b) Valor do risco a inundação em relação à proximidade com as infraestruturas críticas, onde raio 0 m é o próprio local, e raio de 50 m e 100 m indicam áreas de risco no raio menor ou igual a esses valores. GRD significa Gestão dos Riscos de Desastres.

Ressalta-se que a subestação de energia e a Estação de Tratamento de Água estão em áreas a mais de 150 m de raio das áreas de risco, não sendo diretamente afetadas. No entanto, em decorrência de inundações, a captação pode ser prejudicada pelo aumento da quantidade de sólidos em suspensão. Em relação às instituições de apoio à Gestão de Riscos e de Desastres (GRD), o Corpo de Bombeiros está em um local indicado com médio risco de inundação com valor de 0,18, pois se trata de um ponto de convergência das águas, porém a declividade deve favorecer o escoamento das águas. Em relação às demais infraestruturas de apoio à GRD, a análise em profundidade demonstrou que, em função do relevo, mesmo próximas a áreas de risco, não são diretamente afetadas. A criação de rotas para deslocamento com base no mapeamento do risco é fundamental para assegurar que a população receba os serviços dessas infraestruturas na ocorrência de um evento hidrológico extremo.

Existe um centro de educação inserido em uma área de baixo risco a inundação com valor de 0,09. Essa instituição já foi afetada por inundações e possuem algumas medidas de atuação para minimizar os riscos. Recomenda-se a elaboração e efetivação de um plano com ações de educação e treinamento adequado ao público atendido. Entre os demais centros de educação localizados em uma distância de até 100 m das áreas de risco a inundação, o maior valor de risco é encontrado em dois locais e se deve ao alto índice de vulnerabilidade do setor censitário onde se localizam. Ambos os locais não possuem potencial de serem diretamente afetados pela inundação, mas o seu entorno pode ser afetado e em decorrência da vulnerabilidade, é importante que esses locais estejam aptos a dar suporte à comunidade.

Dos centros de saúde próximos a áreas de risco de inundação, observou-se que potencialmente não seriam afetados em decorrência da declividade do terreno proporcionar o escoamento das águas. Embora algumas vias de acesso possam ser impossibilitadas de uso, não seriam locais que ficariam isolados. Sugere-se a criação de planos, principalmente, considerando rotas para deslocamento seguro de modo a garantir a prestação dos serviços. Já o local de apoio a idosos está em área direta de risco a inundação (risco=0,13), sendo necessário a criação de plano de atuação em caso de inundação focado principalmente no levantamento de necessidades especiais para deslocamento do público atendido. Já o local de apoio a crianças está localizado próximo a um dos meandros do rio dos Bugres e, embora não esteja diretamente em uma área de risco, requer atenção.

Visando transparência com a população e a sua participação em todas as etapas, os resultados desse tópico foram apresentados em reunião ocorrida em 23/02/2023. Inicialmente, os conceitos de perigo, vulnerabilidade e risco foram esclarecidos ao público. Em seguida, os

resultados do mapeamento de risco a inundação foram discutidos e os participantes demonstraram concordância com os resultados. Após, as análises dos riscos a inundação em relação às infraestruturas críticas e as respectivas propostas elaboradas para os locais que requerem ações para reduzir o risco a inundação foram apresentadas. De modo geral, as manifestações foram favoráveis com o exposto.

O mapeamento de risco a inundação forneceu dados que podem nortear decisões de uso e ocupação do solo, embasar estudos de mobilidade urbana em situações de inundações, bem como incentivar não somente instituições, mas também aos moradores, a buscarem a elaboração de planos de ação para autoproteção, visando aumentar a preparação da população. Em Rio Negrinho, mesmo que outros tipos de desastres já tenham ocorrido, a população priorizou pela análise de risco a inundação, visando reduzir os riscos e os possíveis impactos associados. À medida que ações com esse propósito são efetivadas, a proximidade com a população pode viabilizar a implementação de estratégias para lidar com os demais tipos de perigos.

Além disso, dentro do escopo da presente pesquisa, entende-se que o desastre é uma construção social e física, onde os processos sociais não são somente respostas ao fenômeno natural perigoso. Assim, a Gestão de Risco e de Desastres, um mecanismo de organização social, é operacionalizada na forma de medidas estruturais e não-estruturais que influenciam tanto os componentes físicos quanto os sociais, e pode priorizar medidas de redução do risco, ou seja, em etapas pré-evento, contribuindo diretamente na redução dos impactos do desastre. Portanto, aprimorar a Gestão de Risco e de Desastres antes da ocorrência de eventos extremos sem precedentes, ou seja, de forma proativa, é fundamental para reduzir o número de mortes, pessoas afetadas e danos materiais.

Apesar de a hidrologia prover informações relevantes sobre os processos hidrológicos e estar avançando quanto à predição, compreender apenas a dimensão física por meio do evento perigoso não é suficiente para reduzir os riscos e os impactos dos desastres. A socio-hidrologia ao empregar a análise integrada é capaz de ponderar essas informações com as características locais e as vivências da população. Tal fato viabiliza maior efetividade das ações em decorrência da participação da população no processo de coprodução de soluções, desde a definição do problema até das ações prioritárias.

6 Conclusões e Recomendações

6.1 Principais conclusões

A presente Tese teve como objetivo principal desenvolver e aplicar uma estrutura conceitual, sob a perspectiva da socio-hidrologia, para analisar os riscos e os desastres associados a perigos naturais. De forma a se complementarem, foram realizadas pesquisas exploratórias e descritivas e a aplicação de um estudo de caso. Os resultados obtidos contribuem para ampliar tanto o conhecimento teórico quanto empírico da socio-hidrologia para redução dos riscos e dos desastres associados a perigos naturais.

Inicialmente, buscou-se responder à pergunta de pesquisa: “**Como a socio-hidrologia pode contribuir para redução dos riscos e dos desastres naturais?**”. Para isso, foi realizada uma pesquisa exploratória assumindo como premissa que tanto a socio-hidrologia quanto os desastres associados a perigos naturais compartilham similaridades em seu objeto de estudo: ambos se referem a interações bidirecionais entre componentes físicos e sociais. Concluiu-se que a socio-hidrologia, a partir de uma análise integrada, pode desempenhar um papel chave para a redução dos riscos e dos desastres naturais. De fato, a socio-hidrologia pode contribuir para (i) o aumento da transdisciplinaridade ao envolver cientistas e cidadãos em um mesmo nível, conectando os conhecimentos locais e científicos com a tomada de decisões; (ii) a coprodução de conhecimentos aprofundados sobre o sistema acoplado ser humano-água; (iii) o subsídio para ações integradas entre a Gestão dos Recursos Hídricos e a Gestão de Riscos e de Desastres; (iv) o aumento da confiabilidade e aceitação pela comunidade das estratégias para redução dos riscos e dos desastres.

Com base na relevância da integração de conhecimentos e métodos para redução dos riscos e dos desastres e tendo em vista o recente desenvolvimento da socio-hidrologia surgiu

outra pergunta de pesquisa: **“Os estudos socio-hidrológicos no campo dos desastres estão sendo verdadeiramente integrados considerando os sistemas físicos e sociais acoplados e o uso de diferentes tipos de conhecimento?”**. Para responder essa pergunta, no Capítulo 4 foi realizada uma pesquisa descritiva embasada por uma revisão sistemática. Os resultados indicam lacunas significativas relacionadas à análise integrada, tais como, predominância de técnicas quantitativas, baixa interdisciplinaridade e pouca participação da comunidade. Especificamente em relação ao estudo dos desastres, observa-se que os estudos socio-hidrológicos têm se concentrado na análise isolada de um único perigo. Portanto, os estudos socio-hidrológicos no campo dos desastres, predominantemente, estão sendo desenvolvidos de forma pouco integrada, o que dificulta a contribuição efetiva da socio-hidrologia para redução dos riscos e dos desastres proposta no Capítulo 3. Assim, recomenda-se: (i) a investigação de múltiplos perigos que podem desencadear desastres compostos e em cascata; (ii) a condução de estudos através de escalas espaciais e temporais; (iii) a definição clara dos componentes sociais e físicos, de modo que tenham a mesma importância no estudo; (iv) o uso de métodos de pesquisa mistos; (v) o incentivo à grupos de trabalhos interdisciplinares e com mais envolvimento de membros da comunidade em todos os estágios do estudo; (vi) a adoção de princípios éticos e clareza nos dados e métodos empregados, assim como deve ser em toda investigação científica.

O desenvolvimento teórico demonstrou que a socio-hidrologia tem capacidade de atuar com vistas à redução dos riscos e dos desastres, porém, para isso, requer que os estudos sejam realizados empregando análises mais integradas. Assim, elaborou-se a terceira pergunta de pesquisa: **“Como operacionalizar um estudo socio-hidrológico empregando uma análise integrada visando a redução dos riscos e dos desastres?”**. A partir das contribuições teóricas realizadas nos primeiros capítulos da Tese foi desenvolvida uma estrutura conceitual e aplicada em um estudo de caso no município catarinense de Rio Negrinho conforme apresentado no Capítulo 5. Sob a perspectiva da socio-hidrologia, as interações entre os componentes físicos e sociais associados aos desastres foram investigadas, com vistas a analisar como influenciam os riscos e os impactos. A aplicação da estrutura conceitual demonstrou a relevância de superar o pensamento dicotômico para alcançar uma abordagem verdadeiramente integrada na socio-hidrologia.

Ao investigar os riscos e os desastres naturais na hidrologia tradicional, em geral, os dados e técnicas quantitativos são utilizados em detrimento dos qualitativos. Embora alguns componentes sociais possam ser representados nesses estudos, isso ocorre de forma implícita, muitas vezes na própria modelagem dos processos (i.e. modelagem hidrológica,

geomorfológica, hidrodinâmica). Usualmente, as variáveis sociais são traduzidas em números e enfocam nos componentes físicos como, por exemplo, intervenções humanas no curso hídrico que alteram o comportamento hidráulico e os usos e ocupações do solo que resultam em respostas hidrológicas distintas. Além disso, existem algumas representações do risco de desastre norteadas pela gestão tecnocrática (abordagem *top-down*), onde o componente social é baseado somente em aspectos econômicos. Por outro lado, a socio-hidrologia a partir do uso integrado de dados e técnicas qualitativos e quantitativos provenientes de conhecimentos locais e científicos pode fornecer uma compreensão holística dos componentes físicos e sociais associados aos riscos e aos desastres. A socio-hidrologia analisa o risco de forma integrada como função do perigo (características físicas e probabilísticas) e da vulnerabilidade (susceptibilidade e exposição), com a participação social em todas as etapas do estudo (abordagem *bottom-up*).

Ao realizar o estudo de caso no município de Rio Negrinho, a análise integrada com os dados qualitativos em conjunto com os quantitativos dos componentes físicos e sociais possibilitou um entendimento mais profundo sobre: (i) os eventos hidrológicos extremos cujas características resultam no incremento das incertezas dos dados; (ii) a experiência da população com os diferentes tipos de desastres ocorridos; (iii) o contexto socio-histórico na ocorrência dos eventos hidrológicos extremos; (iv) os mecanismos socio-hidrológicos associados à implementação das medidas de adaptação, (v) a formulação de estratégias para redução dos riscos e dos desastres, tendo por foco a prioridade da população.

Embora outros tipos de desastres tenham ocorrido, observa-se que a organização social foi moldada pelas inundações, visto a mudança de local das infraestruturas críticas e a adoção de critérios do uso territorial e da gestão de risco e de desastre norteados pelas características de eventos de alta magnitude. As medidas de adaptação institucionais foram catalisadas pelas inundações de 1992 e 2014, porém a implementação ocorreu de forma gradual ao longo dos anos, pois dependiam de aspectos sociopolíticos, tais como articulação social, decisões políticas e disponibilidade de recursos financeiros para serem efetivadas. Apesar das estratégias de gestão dos riscos e dos desastres focarem prioritariamente em inundação, evidencia-se que a estruturação dessas estratégias pode contribuir para a resposta a outros tipos de desastre, como observado nos eventos compostos de 2019 e 2022.

A socio-hidrologia ao empregar a análise integrada pondera os componentes sociais e físicos e envolve a população local e os cientistas possibilitando uma perspectiva mais completa dos riscos e desastres. Essa integração possibilita a identificação conjunta de problemas e a

coprodução de soluções, desde a definição do problema até das ações prioritárias, resultando em maior efetividade das proposições. Por exemplo, o Plano de Macrodrenagem de Rio Negrinho, proposto em 2019, demonstra a forma de lidar com as inundações na hidrologia tradicional, onde as medidas são focadas no controle dos processos hidrológicos e hidrodinâmicos. A construção de medidas estruturais – diques e barragens – foi proposta sem se avaliar os efeitos na organização social ao longo do tempo e nem em relação aos demais fenômenos hidrológicos. Já na análise integrada sob a perspectiva da socio-hidrologia, apresentada no presente estudo, evidencia-se que a organização social de Rio Negrinho é capaz de se adaptar. Ao passo que diferentes perspectivas se complementam e a população se sente parte das decisões, as medidas não-estruturais podem representar significativas reduções nos riscos e nos impactos dos desastres, mesmo para perigos não frequentes, pois a estruturação do repasse de informação e das ações de resposta se fortalecem. Portanto, diante dos cenários de agravamento dos eventos extremos sem precedentes, compostos e em cascata, essa abordagem colaborativa e inclusiva contribui para a construção de soluções mais sustentáveis e socialmente aceitáveis.

6.2 Limitações do estudo

Apesar dos esforços para realizar um estudo transdisciplinar é necessário reconhecer as limitações existentes. Embora o estudo de caso tenha sido proposto visando analisar os perigos naturais de forma múltipla, a população direcionou a análise para um enfoque em inundações. Tal fato deve ser associado a predominância desse tipo de desastre e aos danos materiais e humanos já causados em comparação com os demais tipos de desastres. Além disso, as atividades com a população se concentraram no centro urbano, área afetada predominantemente por eventos hidrológicos extremos de máxima. Assim, ao fim, a pesquisa se concentrou na análise das inundações, porém deve ser salientado que efeitos em cascata decorrentes de infraestruturas críticas serem afetadas pelas inundações foram investigados.

Uma segunda limitação refere-se ao fato de que o presente estudo não estabeleceu relações de causa e consequência, devido à complexidade dos cenários que envolvem interações entre diversos componentes sociais e físicos. A partir da análise integrada foram investigados dados quantitativos e qualitativos referentes aos componentes sociais e físicos associados aos desastres naturais em nível institucional (“Instituições Formais”), possibilitando o

reconhecimento amplo das modificações sociais e físicas que foram mutuamente se influenciando. No entanto, os dados disponíveis não possibilitam estabelecer relações diretas entre causa e consequência, bem como não expressam medidas de adaptação adotadas informalmente pelos habitantes.

6.3 Recomendações

Espera-se que as contribuições teóricas e empíricas resultantes do presente estudo sirvam de suporte para o desenvolvimento de estudos futuros e avanço da socio-hidrologia no campo dos desastres. A seguir são apresentadas algumas recomendações aos pesquisadores da socio-hidrologia dedicados a pesquisas para redução dos riscos e dos desastres para o prosseguimento dos estudos:

- Aplicar a estrutura conceitual para outros estudos de caso, adaptando as fontes dos dados e as técnicas aplicadas para se adequarem às particularidades e contexto de cada área, envolvendo a população em todas as etapas do estudo;
- O conhecimento proveniente da socio-hidrologia verdadeiramente integrada pode colaborar com a próxima Década Científica 2023 - 2032 da IAHS intitulada como “*Science for solutions: Hydrology Engaging Local People IN one Global world -HELPING*”, que demonstra a necessidade de integração entre as escalas local e global e entre a população e os cientistas para lidar com a crise hídrica.

Em relação ao estudo de caso, sugere-se:

- Avançar a investigação com enfoque na área rural de Rio Negrinho, para compreender as experiências prévias em relação aos demais desastres indicados na linha temporal, especialmente estiagens que atingem de maneira desproporcional ao setor agrícola;
- Investigar as medidas de adaptação realizadas pelos habitantes de Rio Negrinho em suas residências e/ou local de trabalho para ampliar a perspectiva para “Instituições Informais”, além das “Instituições Formais” que foram enfoque do presente estudo.

Considerando a participação e contribuição dos rio-negrinhenses na realização do estudo de caso apresentado, entende-se a importância de registrar algumas recomendações aos gestores para efetivação das ações prioritárias coproduzidas:

- Fomentar a intersetorialidade entre as diretrizes políticas de planejamento para atingir uma gestão mais integrada dos recursos hídricos e dos riscos e desastres, com estratégias para lidar com diferentes cenários de eventos extremos;
- Realizar estudos em profundidade sobre o uso de medidas estruturais alternativas, tais como parques lineares, que priorizam o armazenamento da água na bacia hidrográfica por mais tempo, ao invés do rápido escoamento, e que possibilitam a convivência da população com o rio, evitando-se a criação de uma falsa segurança em relação às inundações e buscando minimizar possíveis impactos decorrentes de estiagens.
- Fortalecer a memória dos desastres já ocorridos por meio da criação de memoriais.

Referências

- ABADIE, L. M.; MARKANDYA, A.; NEUMANN, M. B. Accounting for economic factors in socio-hydrology: Optimization under uncertainty and climate change. **Water (Switzerland)**, v. 11, n. 10, p. 1–17, 2019.
- ABEBE, Y. A. et al. Flood risk management in Sint Maarten – A coupled agent-based and flood modelling method. **Journal of Environmental Management**, v. 248, n. May, p. 109317, 2019.
- ACIRNE. **Mutirão de limpeza do rio Negrinho**. Disponível em: <<https://www.acirne.org.br/agendas/mutirao-de-limpeza-do-rio-negrinho/>>. Acesso em: 15 maio. 2023.
- ADGER, W. N.; ARNELL, N. W.; TOMPKINS, E. L. Successful adaptation to climate change across scales. **Global Environmental Change**, v. 15, n. 2, p. 77–86, 2005.
- ADIKARI, Y.; YOSHITANI, J. **Global Trends in Water-Related Disasters: an insight for policymakers**. 1. ed. Paris: UNESCO, 2009.
- AGHAKOUCHAK, A. et al. How do natural hazards cascade to cause disasters? **Nature**, v. 561, n. 7724, p. 458–460, 24 set. 2018.
- AGHAKOUCHAK, A. et al. Climate Extremes and Compound Hazards in a Warming World. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 48, p. 519–548, 2020.
- ALBERTINI, C. et al. Socio-Hydrological Modelling : The Influence of Reservoir Management and Societal Responses on Flood Impacts. **Water**, v. 12, n. 5, p. 1384, 2020.
- ALONSO VICARIO, S. et al. Unravelling the influence of human behaviour on reducing casualties during flood evacuation. **Hydrological Sciences Journal**, v. 65, n. 14, p. 2359–2375, 2020.
- AMORIM, P. B. DE et al. Desempenho dos modelos de clima CMIP5 integrados no modelo hidrológico SWAT para estimativa de chuva e vazão na bacia do rio Negrinho. **XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, p. 1–8, 2017.
- ARNOLD, J. G. et al. Hydrological processes and model representation: Impact of soft data on calibration. **Transactions of the ASABE**, v. 58, n. 6, p. 1637–1660, 2015.
- ASSUNÇÃO, V. K. DE. MEMÓRIAS DA ENCHENTE DE 1974 E PRODUÇÃO DO ESPAÇO EM TUBARÃO (SC). **Mercator**, v. 17, n. e17001, p. 1–16, 2018.
- BAEZA, A. et al. Operationalizing the feedback between institutional decision-making, socio-political infrastructure, and environmental risk in urban vulnerability analysis. **Journal of Environmental Management**, v. 241, n. April, p. 407–417, 2019.
- BAIL, O. **Fundação Hospitalar Rio Negrinho, desde 1952. Baseado no texto originalmente publicado no Jornal Perfil - 23/01/2012 e atualizado pelo autor do blog**. Disponível em: <<http://blogdoosmairbail.blogspot.com/2012/04/fundacao-hospitalar-rio-negrinho-desde.html>>. Acesso em: 15 nov. 2022.
- BAIL, O. **Corpo de Bombeiros Militar em Rio Negrinho. O texto tem por base a exposição realizada 03/10/2010 na sessão festiva pela Câmara de Vereadores de Rio Negrinho em homenagem ao Corpo de Bombeiros e foi atualizado em 2014**. Disponível em: <<http://blogdoosmairbail.blogspot.com/2014/07/>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

- BAKER, V. R. Paleoflood hydrology: Origin, progress, prospects. **Geomorphology**, v. 101, n. 1–2, p. 1–13, 2008.
- BAKKER, K. From state to market?: Water mercantilization in Spain. **Environment and Planning A**, v. 34, n. 5, p. 767–790, 2002.
- BASEL, B. et al. Bee mietii rak rkabni nis (The people know how to seed water): A Zapotec experience in adapting to water scarcity and drought. **Climate and Development**, 2020.
- BELOW, R.; WIRTZ, A.; GUHA-SAPIR, D. **Disaster Category Classification and peril Terminology for Operational Purposes**. 1. ed. Munich: CRED/MunichRe, 2009.
- BENITO, G. et al. Use of systematic, palaeoflood and historical data for the improvement of flood risk estimation. Review of scientific method. **Natural Hazards**, v. 31, n. 3, p. 623–643, 2004.
- BIGGS, R. et al. **The routledge handbook of research methods for social-ecological systems**. 1. ed. New York: Routledge, 2021.
- BIRKMANN, J.; VON TEICHMAN, K. Integrating disaster risk reduction and climate change adaptation: Key challenges-scales, knowledge, and norms. **Sustainability Science**, v. 5, n. 2, p. 171–184, 2010.
- BLÖSCHL, G.; VIGLIONE, A.; MONTANARI, A. Emerging Approaches to Hydrological Risk Management in a Changing World. **Climate Vulnerability: Understanding and Addressing Threats to Essential Resources**, v. 5, p. 3–10, 2013.
- BORGA, M. et al. Forensic analysis of flash flood response. **WIREs Water**, v. 6, n. 2, p. 1–9, 2019.
- BRASIL. **Política Nacional de Recursos Hídricos Lei N° 9.433/1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1° da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, q**Brasil, 1997.
- BRASIL. Política Nacional de Defesa Civil. Ministério da Integração Nacional. **Ministério da Integração Nacional**, 2000.
- BRASIL. **Glossário de Defesa Civil: Estudos de riscos e medicina dos desastres** (A. L. C. De Castro, Ed.). Brasília: Brasil, 2004. Disponível em: <<http://www.ichf.uff.br/pdf-docs/DefesaCivil-Glossario.pdf>>.
- BRASIL. **Instrução Normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012. Ministério da Integração Nacional.**, 2012a.
- BRASIL. **Política Nacional de Proteção e Defesa Civil**, 2012b.
- BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.**, 2015.
- BRASIL. **Instrução Normativa N°02, de 20 de Dezembro de 2016. Ministério da Integração Nacional.**, 2016.
- BRASIL. **Decreto N° 9.573, de 22 de novembro de 2018. Aprova a Política Nacional de Segurança de Infraestruturas Críticas.**Brasil, 2018.
- BRÁZDIL, R.; KUNDZEWICZ, Z. W. Historical hydrology - Editorial. **Hydrological Sciences Journal**, v. 51, n. 5, p. 733–738, 2006.

- BRÁZDIL, R.; KUNDZEWICZ, Z. W.; BENITO, G. Historical hydrology for studying flood risk in Europe. **Hydrological Sciences Journal**, v. 51, n. 5, p. 739–764, 2006.
- BRÉDA, J. P. L. F. et al. Climate change impacts on South American water balance from a continental-scale hydrological model driven by CMIP5 projections. **Climatic Change**, v. 159, n. 4, p. 503–522, 2020.
- BRIGHENTI, T. M.; BONUMÁ, N. B.; CHAFFE, P. L. B. Calibração hierárquica do modelo SWAT em uma bacia hidrográfica catarinense. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 1, p. 53–64, 2016.
- BRUNNER, M. I. et al. Challenges in modeling and predicting floods and droughts: A review. **WIREs Water**, v. 8, n. 3, maio 2021.
- BRYMAN, A. Barriers to Integrating Quantitative and Qualitative Research. **Journal of Mixed Methods Research**, v. 1, n. 1, p. 8–22, 2007.
- BUARQUE, A. C. S. et al. Using historical source data to understand urban flood risk: a socio-hydrological modelling application at Gregório Creek, Brazil. **Hydrological Sciences Journal**, v. 65, n. 7, p. 1075–1083, 2020.
- BUYTAERT, W. et al. Citizen science in hydrology and water resources: Opportunities for knowledge generation, ecosystem service management, and sustainable development. **Frontiers in Earth Science**, v. 2, n. October, p. 1–21, 2014.
- CAPRA, F. **O Tao da Física: Uma análise dos paralelos entre a Física Moderna e o Misticismo Oriental**. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 2013.
- CARR, G. et al. People and water: Understanding integrated systems needs integrated approaches. **Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA**, v. 69, n. 8, p. 819–832, 2020.
- CATTON JR., W. R.; DUNLAP, R. E. Sociologia ambiental: um novo paradigma. **Sociedade e Estado**, v. 36, n. 2, p. 773–788, 2021.
- CEPED; UFSC. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2012 - volume Santa Catarina**. Florianópolis: CEPED/UFSC, 2013. v. 2
- CHAGAS, V. B. P.; CHAFFE, P. L. B.; BLÖSCHL, G. Climate and land management accelerate the Brazilian water cycle. **Nature Communications**, v. 13, n. 1, 2022.
- CHEN, X. et al. From channelization to restoration: Sociohydrologic modeling with changing community preferences in the Kissimmee River Basin, Florida. **Water Resources Research**, v. 52, p. 1227–1244, 2016.
- CHMUTINA, K.; VON MEDING, J. A Dilemma of Language: “Natural Disasters” in Academic Literature. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 10, n. 3, p. 283–292, 2019.
- CIULLO, A. et al. Socio-hydrological modelling of flood-risk dynamics: comparing the resilience of green and technological systems. **Hydrological Sciences Journal**, v. 62, n. 6, p. 880–891, 2017.
- CRESWELL, J. **Educational research: planning, conducting and evaluating quantitative and qualitative research**. 4. ed. Boston: Pearson, 2012.
- DALTON, J.; MURTI, R.; CHANDRA, A. Utilizing Integrated Water Resource Management approaches to support disaster risk reduction. In: **The role of ecosystems in disaster risk reduction**. Tokyo: United Nations University Press, 2013. p. 381–389.

- DE ANDRADE, S. C. et al. Mining rainfall spatio-temporal patterns in twitter: A temporal approach. **Lecture Notes in Geoinformation and Cartography**, p. 19–37, 2017.
- DE BRITO, M. M. Compound and cascading drought impacts do not happen by chance: A proposal to quantify their relationships. **Science of the Total Environment**, v. 778, p. 1–11, 2021.
- DE BRITO, M. M.; EVERS, M.; DELOS SANTOS ALMORADIE, A. Participatory flood vulnerability assessment: A multi-criteria approach. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 22, n. 1, p. 373–390, 2018.
- DE BRITO, M. M.; EVERS, M.; HÖLLERMANN, B. Prioritization of flood vulnerability, coping capacity and exposure indicators through the Delphi technique: A case study in Taquari-Antas basin, Brazil. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 24, p. 119–128, set. 2017.
- DE BRITO, M. M.; KUHLCHE, C.; MARX, A. Near-real-time drought impact assessment: A text mining approach on the 2018/19 drought in Germany. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 10, 2020.
- DI BALDASSARRE, G. et al. Towards understanding the dynamic behaviour of floodplains as human-water systems. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 17, n. 8, p. 3235–3244, 2013a.
- DI BALDASSARRE, G. et al. Socio-hydrology: Conceptualising human-flood interactions. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 17, n. 8, p. 3295–3303, 2013b.
- DI BALDASSARRE, G. et al. Debates - Perspectives on socio-hydrology: Capturing feedbacks between physical and social processes. **Water Resources Research**, v. 51, n. 6, p. 4770–4781, 2015.
- DI BALDASSARRE, G. et al. Human-flood interactions in Rome over the past 150 years. **Advances in Geosciences**, v. 44, p. 9–13, 2017.
- DI BALDASSARRE, G. et al. An Integrative Research Framework to Unravel the Interplay of Natural Hazards and Vulnerabilities. **Earth's Future**, v. 6, n. 3, p. 305–310, 2018.
- DI BALDASSARRE, G. et al. Sociohydrology: Scientific Challenges in Addressing the Sustainable Development Goals. **Water Resources Research**, v. 55, n. 8, p. 6327–6355, 2019.
- DI BALDASSARRE, G. et al. Integrating Multiple Research Methods to Unravel the Complexity of Human-Water Systems. **AGU Advances**, v. 2, n. 3, p. 1–6, 2021.
- DOOGE, J. C. I. Background to modern hydrology. **IAHS-AISH Publication**, n. 286, p. 3–12, 2004.
- DU, E. et al. Exploring the Role of Social Media and Individual Behaviors in Flood Evacuation Processes: An Agent-Based Modeling Approach. **Water Resources Research**, v. 53, n. 11, p. 9164–9180, 2017.
- DULAC, V. F.; KOBAYAMA, M. Interfaces entre políticas relacionadas a estratégias para redução de riscos de desastres: recursos hídricos, proteção e defesa civil e saneamento. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 14, n. 10, p. 1–20, 2017.
- ERIKSEN, C.; GILL, N.; BRADSTOCK, R. Trial by fire: Natural hazards, mixed-methods and cultural research. **Australian Geographer**, v. 42, n. 1, p. 19–40, 2011.
- EVERS, M.; ALMORADIE, A.; DE BRITO, M. M. Enhancing Flood Resilience Through

- Collaborative Modelling and Multi-criteria Decision Analysis (MCDA). In: **The Urban Book Series**. The Urban Book Series: Springer, 2018. p. 221–236.
- FALKENMARK, M. Water and Mankind: A Complex System of Mutual Interaction. **Ambio**, v. 6, n. 1, p. 3–9, 1977.
- FALKENMARK, M. Main Problems of Water Use and Transfer of Technology. **GeoJournal**, v. 3, n. 5, p. 435–443, 1979.
- FALKENMARK, M.; LUNDQVIST, J.; WIDSTRAND, C. Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches: Aspects of vulnerability in semi-arid development. **Natural Resources Forum**, v. 13, n. 4, p. 258–267, 1989.
- FEKETE, A. Common criteria for the assessment of critical infrastructures. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 2, n. 1, p. 15–24, 2011.
- FERDOUS, M. R. et al. Socio-hydrological spaces in the Jamuna River floodplain in Bangladesh. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 22, n. 10, p. 5159–5173, 2018.
- FERDOUS, M. R. et al. The interplay between structural flood protection, population density, and flood mortality along the Jamuna River, Bangladesh. **Regional Environmental Change**, v. 20, n. 1, p. 1–9, 2020.
- FISCHER, A. et al. A Systematic Review of Spatial-Temporal Scale Issues in Sociohydrology. **Frontiers in Water**, v. 3, n. September, p. 1–19, 2021.
- FLEISCHMANN, A. S. et al. The great 1983 floods in South American large rivers: a continental hydrological modelling approach. **Hydrological Sciences Journal**, v. 65, n. 8, p. 1358–1373, 2020.
- FLINT, C. G.; JONES, A. S.; HORSBURGH, J. S. Data Management Dimensions of Social Water Science: The iUTAH Experience. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 53, n. 5, p. 988–996, 2017.
- FORD, J. D. et al. Vulnerability and its discontents: the past, present, and future of climate change vulnerability research. **Climatic Change**, v. 151, n. 2, p. 189–203, 2018.
- FRANCES, F.; SALAS, J. D.; BOES, D. C. Flood frequency analysis with systematic and historical or paleoflood data based on the two-parameter general extreme value models. **Water Resources Research**, v. 30, n. 6, p. 1653–1664, 1994.
- FREITAS, L. E. DE; NETTO, A. L. C. Gestão de riscos de desastres e participação popular: lições aprendidas e a relevância da educação para a consolidação da rede de gestão de riscos da bacia hidrográfica do Córrego D'antas (Reger-CD), Nova Friburgo / RJ. **Giramundo**, v. 4, n. 7, p. 89–101, 2017.
- GAILLARD, J. C.; MERCER, J. From knowledge to action: Bridging gaps in disaster risk reduction. **Progress in Human Geography**, v. 37, n. 1, p. 93–114, 2013.
- GIGLIO, J.; KOBAYAMA, M. **Uso de registros históricos para análise de inundações: estudo de caso do município de Rio Negrinho-SC**. XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Anais...**2011.
- GIGLIO, J. N. **Caracterização das áreas de inundação em Rio Negrinho - SC**. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GILBERT, C. Studying Disaster: a review of the main conceptual tools. **International**

- Journal of Mass Emergencies and Disasters**, v. 13, n. 3, p. 231–240, 1995.
- GLEESON, T. et al. The Water Planetary Boundary: Interrogation and Revision. **One Earth**, v. 2, n. 3, p. 223–234, 2020.
- GOBER, P. .; WHEATER, H. S. Debates—Perspectives on socio-hydrology: Modeling flood risk as a public policy problem. **Water Resources Research**, v. 51, n. 6, p. 4782–4788, 2015.
- GOERL, R. F. **Estudo de inundações em Rio Negrinho – SC sob a ótica dos desastres naturais**. [s.l.] Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.
- GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M.; PELLERIN, J. R. G. M. Mapeamento de Vulnerabilidade no Município de Rio Negrinho – SC: Uma Proposta Metodológica. **Revista Caminhos da Geografia**, v. 12, n. 40, p. 205–221, 2011.
- GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M.; PELLERIN, J. R. G. M. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho – SC. **Boletim de Geografia**, v. 30, n. 1, 2012.
- GOPALAKRISHNAN, C. Water and disasters: A review and analysis of policy aspects. **International Journal of Water Resources Development**, v. 29, n. 2, p. 250–271, 2013.
- GOURLEY, J. J. et al. A unified flash flood database across the United States. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 94, n. 6, p. 799–805, 2013.
- GRAMES, J. et al. Modeling the interaction between flooding events and economic growth. **Ecological Economics**, v. 129, p. 193–209, 2016.
- GRAMES, J. et al. Optimal investment and location decisions of a firm in a flood risk area using impulse control theory. **Central European Journal of Operations Research**, v. 27, n. 4, p. 1051–1077, 2019.
- GRAY, D. E. **Pesquisa no Mundo Real**. 2. ed. [s.l.] Grupo A, 2014.
- GÜNTHER, W. M. R. et al. O desafio da avaliação da resiliência comunitária aos desastres: uso de indicadores. In: GÜNTHER, W. M. R.; CICCOTTI, L.; RODRIGUES, A. C. (Eds.). . **Desastres: multiplas abordagens e desafios**. Desastres: multiplas abordagens e desafios: Elsevier, 2017. p. 277.
- HADDAWAY, N. R. et al. ROSES Reporting standards for Systematic Evidence Syntheses: Pro forma, flow-diagram and descriptive summary of the plan and conduct of environmental systematic reviews and systematic maps. **Environmental Evidence**, v. 7, n. 7, 2018.
- HAGENLOCHER, M. et al. Drought vulnerability and risk assessments: State of the art, persistent gaps, and research agenda. **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 8, 2019.
- HAN, S. et al. Socio-hydrological perspectives of the co-evolution of humans and groundwater in Cangzhou, North China Plain. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 21, n. 7, p. 3619–3633, 2017.
- HAN, Y. et al. The growth mode of built-up land in floodplains and its impacts on flood vulnerability. **Science of the Total Environment**, v. 700, p. 134462, 2020.
- HERRERA-FRANCO, G. et al. Groundwater resilience assessment in a communal coastal aquifer system. The case of manglaralto in Santa Elena, Ecuador. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 19, 2020.
- HOEPPE, P. Trends in weather related disasters - Consequences for insurers and society.

Weather and Climate Extremes, v. 11, p. 70–79, 2016.

HORN, F.; ELAGIB, N. A. Building socio-hydrological resilient cities against flash floods: Key challenges and a practical plan for arid regions. **Journal of Hydrology**, v. 564, n. July, p. 125–132, 2018.

HORTON, R. The field, scope, and status of the science of hydrology. **Eos Trans. AGU**, v. 12, n. 1, p. 189–202, 1931.

HUBBERT, M.; RUBEY, W. W. Role of Fluid Pressure in Mechanics of Overthrust Faulting. **Geological Society of America Bulletin**, v. 70, n. 2, p. 115, 1959.

INNOCENTE, C. et al. **Análise do Tempo de Concentração em Quatro Bacias Experimentais**. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais...**2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Cobertura e uso da terra Santa Catarina**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html?caminho=informacoes_ambientais/cobertura_e_uso_da_terra/monitoramento/grade_estatistica/serie_revisada_2022/vetores_compactados/UFs>. Acesso em: 1 dez. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo demográfico 1991**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Panorama Cidades. Rio Negrinho**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/rio-negrinho/panorama>>. Acesso em: 1 out. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico. Prévia da População dos Municípios com base nos dados do Censo Demográfico 2022 coletados até 25/12/2022**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 1 dez. 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Assessment Report 6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. [s.l.] Cambridge University Press, 2021.

JACKSON, G.; MCNAMARA, K.; WITT, B. A Framework for Disaster Vulnerability in a Small Island in the Southwest Pacific: A Case Study of Emae Island, Vanuatu. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 8, n. 4, p. 358–373, 2017.

JACOBS, R.; SMITH, P.; GODDARD, M. Measuring performance: An examination of composite performance indicators. **Technical paper series**, v. 29, p. 112, 2004.

JICK, T. D. Mixing Qualitative and Quantitative Methods: Triangulation in Action. **Administrative Science Quarterly**, v. 24, n. 4, p. 602, 1979.

JOHNSON, R. B.; ONWUEGBUZIE, A. J. Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come. **Educational Researcher**, v. 33, n. 7, p. 14–26, 2004.

JOHNSON, R. B.; ONWUEGBUZIE, A. J.; TURNER, L. A. Toward a definition of mixed methods research. **Journal of Mixed Methods Research**, v. 1, n. 2, p. 112–133, 2007.

JUN, X.; YI, D.; LEI, Z. Developing socio-hydrology: research progress, opportunities and challenges. **Journal of Geographical Sciences**, v. 32, n. 41890824, p. 2131–2146, 2022.

- KADAM, A. et al. Hydrological response-based watershed prioritization in semiarid, basaltic region of western India using frequency ratio, fuzzy logic and AHP method. **Environment, Development and Sustainability**, v. 21, n. 4, p. 1809–1833, 2019.
- KADRI, F.; BIRREGAH, B.; CHÂTELET, E. The impact of natural disasters on critical infrastructures: A domino effect-based study. **Journal of Homeland Security and Emergency Management**, v. 11, n. 2, p. 217–241, 2014.
- KANDASAMY, J. et al. Socio-hydrologic drivers of the pendulum swing between agricultural development and environmental health: A case study from Murrumbidgee River basin, Australia. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 18, n. 3, p. 1027–1041, 2014.
- KAPPES, M. S. et al. Challenges of analyzing multi-hazard risk: A review. **Natural Hazards**, v. 64, n. 2, p. 1925–1958, 2012.
- KLENK, N. L. et al. Stakeholders in climate science: Beyond lip service? **Science**, v. 350, n. 6262, p. 743–744, 2015.
- KNEZ, I. et al. Before and after a natural disaster: Disruption in emotion component of place-identity and wellbeing. **Journal of Environmental Psychology**, v. 55, p. 11–17, 2018.
- KOBIYAMA, M. et al. Abordagem Integrada Para Gerenciamento De Desastre Em Região Montanhosa Com Ênfase No Fluxo De Detritos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, p. 31, 2018.
- 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, p. 206–231, 2018.
- KOUADIO, I. K. et al. Infectious diseases following natural disasters: Prevention and control measures. **Expert Review of Anti-Infective Therapy**, v. 10, n. 1, p. 95–104, 2012.
- KOUNADI, O.; LEITNER, M. Why does geoprivacy matter? The scientific publication of confidential data presented on maps. **Journal of Empirical Research on Human Research Ethics**, v. 9, n. 4, p. 34–45, 2014.
- KOUTIVA, I. et al. Investigating decision mechanisms of statutory stakeholders in flood risk strategy formation: A computational experiments approach. **Water (Switzerland)**, v. 12, n. 10, 2020.
- KOUTSOYIANNIS, D. Reconciling hydrology with engineering. **Hydrology Research**, v. 45, n. 1, p. 2–22, 2014.
- KREIBICH, H. et al. Scientific debate of Panta Rhei research – how to advance our knowledge of changes in hydrology and society? **Hydrological Sciences Journal**, v. 62, n. 3, p. 331–333, 2017a.
- KREIBICH, H. et al. Adaptation to flood risk: Results of international paired flood event studies. **Earth's Future**, v. 5, n. 10, p. 953–965, 2017b.
- KRUEGER, T. et al. A transdisciplinary account of water research. **WIREs Water**, v. 3, n. 3, p. 369–389, 2016.
- KRYVASHEYEU, Y. et al. Rapid assessment of disaster damage using social media activity. **Science Advances**, v. 2, n. 3, p. 1–12, 2016.
- KUIL, L. et al. Conceptualizing socio-hydrological drought processes: The case of the Maya collapse. **Water Resources Research**, v. 52, p. 6222–6242, 2016.

- KUIL, L. et al. Learning from the Ancient Maya: Exploring the Impact of Drought on Population Dynamics. **Ecological Economics**, v. 157, n. April 2018, p. 1–16, 2019.
- KURAJI, K. Expectation from society for forest hydrological sciences : Towards establishment of forest sociohydrology. In: COMPANY, M. P. (Ed.). . **Forest hydrology: Exploring the fate of water in forest ecosystem**. Tokyo: [s.n.]. p. 309–327.
- LEONG, C. The Role of Narratives in Sociohydrological Models of Flood Behaviors. **Water Resources Research**, v. 54, n. 4, p. 3100–3121, 2018.
- LERNER, A. M. et al. Governing the gaps in water governance and land-use planning in a megacity: The example of hydrological risk in Mexico City. **Cities**, v. 83, n. May, p. 61–70, 2018.
- LINTON, J.; BUDDS, J. The hydrosocial cycle: Defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water. **Geoforum**, v. 57, p. 170–180, 2014.
- LITTLE, W. **Introduction to Sociology**. 2nd Canadi ed. [s.l: s.n.].
- LONDE, L. D. R. et al. **Water-related disasters in Brazil: Perspectives and recommendations**. [s.l: s.n.]. v. 17
- LOUCKS, D. P. Debates—Perspectives on socio-hydrology: Simulating hydrologic-human interactions. **Water Resources Research**, v. 51, p. 4789–4794, 2015.
- LOURENÇO, N. Globalização e glocalização. O difícil diálogo entre o global e o local. **Mulemba**, v. 4, n. 8, p. 17–31, 2014.
- LUCCHESI, L. V.; DE OLIVEIRA, G. G.; PEDROLLO, O. C. Attribute selection using correlations and principal components for artificial neural networks employment for landslide susceptibility assessment. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 2, 2020.
- MADANI, K.; SHAFIIEE-JOOD, M. Socio-hydrology: A new understanding to unite or a new science to divide? **Water**, v. 12, n. 7, p. 1–26, 2020.
- MAGHSOOD, F. F. et al. Social acceptability of flood management strategies under climate change using contingent valuation method (CVM). **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 18, 2019.
- MARCHEZINI, V. A produção simbólica dos desastres naturais: composições, seleções e recortes. **Interseções: Revista de Estudos Interdisciplinares**, v. 16, n. 1, p. 174–196, 2014.
- MARCHEZINI, V. “What is a Sociologist Doing Here?” An Unconventional People-Centered Approach to Improve Warning Implementation in the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 11, n. 2, p. 218–229, 2020.
- MARTINEZ, C. A. F. Entrevista com Erik Swyngedouw. **Geosul**, v. 33, n. 67, p. 277–287, 2018.
- MASSAZZA, A.; BREWIN, C. R.; JOFFE, H. The Nature of “Natural Disasters”: Survivors’ Explanations of Earthquake Damage. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 10, n. 3, p. 293–305, 2019.
- MATALAS, N. C.; LANDWEHR, J. M.; WOLMAN, M. G. Prediction in Water Management. In: NATIONAL ACADEMY PRESS (Ed.). . **Scientific Basis of Water-Resource Management, Studies in Geophysics**. Washington DC: [s.n.]. p. 118–127.
- MATANÓ, A. et al. Caught between Extremes: Understanding Human-Water Interactions

During Drought-To-Flood Events in the Horn of Africa. **Earth's Future**, v. 10, n. 9, p. 1–20, 2022.

MATTEDI, M. Dilemas e perspectivas da abordagem sociológica dos desastres naturais. **Tempo Social**, v. 29, n. 3, p. 261–285, 2017.

MATTEDI, M. A.; BRIKNER, V. M. K. Desastres e Desenvolvimento. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 15, n. 3, p. 48–61, 2019.

MATTEDI, M. A.; BUTZKE, I. C. A relação entre o social e o natural nas abordagens de hazards e de desastres. **Ambiente & Sociedade**, n. 9, p. 93–114, 2001.

MCCLAIN, M. E. et al. Training hydrologists to be ecohydrologists and play a leading role in environmental problem solving. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 16, n. 6, p. 1685–1696, 2012.

MCCURLEY, K. L.; JAWITZ, J. W. Hyphenated hydrology: Interdisciplinary evolution of water resource science. **Water Resources Research**, v. 53, n. 4, p. 2972–2982, 2017.

MCMILLAN, H. et al. Panta Rhei 2013-2015: Global perspectives on hydrology, society and change. **Hydrological Sciences Journal**, v. 61, n. 7, p. 1174–1191, 2016.

MCMILLAN, H. K.; WESTERBERG, I. K.; KRUEGER, T. Hydrological data uncertainty and its implications. **WIREs Water**, v. 5, n. 6, p. 1–14, 2018.

MEDEIROS, P.; SIVAPALAN, M. From hard-path to soft-path solutions: slow–fast dynamics of human adaptation to droughts in a water scarce environment. **Hydrological Sciences Journal**, v. 65, n. 11, p. 1803–1814, 2020.

MICHAELIS, T.; BRANDIMARTE, L.; MAZZOLENI, M. Capturing flood-risk dynamics with a coupled agent-based and hydraulic modelling framework. **Hydrological Sciences Journal**, v. 65, n. 9, p. 1458–1473, 2020.

MONDINO, E. et al. The role of experience and different sources of knowledge in shaping flood risk awareness. **Water (Switzerland)**, v. 12, n. 8, 2020a.

MONDINO, E. et al. Exploring changes in hydrogeological risk awareness and preparedness over time: a case study in northeastern Italy. **Hydrological Sciences Journal**, v. 65, n. 7, p. 1049–1059, 2020b.

MONTANARI, A. et al. “Panta Rhei-Everything Flows”: Change in hydrology and society-The IAHS Scientific Decade 2013-2022. **Hydrological Sciences Journal**, v. 58, n. 6, p. 1256–1275, ago. 2013.

MONTE, B. E. O. et al. Terminology of natural hazards and disasters: A review and the case of Brazil. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 52, n. 101970, 2021.

MONTEIRO, L.; KOBAYAMA, M. Proposta de metodologia de mapeamento de perigo de inundação. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 10, n. 2, p. 13–25, 2013.

MONTEIRO, L. R.; DUARTE, B. C.; VANELLI, F. M. **Mapeamento de perigo de inundação para Rio Negrinho/SC**. (ABRHidro, Ed.)III Encontro Nacional de Desastres. **Anais...Niterói**: 2023.

MONTEIRO, L. R.; VANELLI, F. M.; DUARTE, B. C. **Mapeamento de Risco a Inundação da Área Urbana de Rio Negrinho e Avaliação de Ações Prioritárias**. Joinville: LACIA/UEDESC, 2023.

MOREIRA, L. L. et al. Sensitivity analysis of indicator weights for the construction of flood

- vulnerability indexes: A participatory approach. **Frontiers in Water**, v. 5, 2023.
- MOREIRA, L. L.; DE BRITO, M. M.; KOBAYAMA, M. Review article: A systematic review and future prospects of flood vulnerability indices. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, p. 1–23, 2021.
- MOSTERT, E. An alternative approach for socio-hydrology : case study research. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 22, p. 317–329, 2018.
- MÜHLBAUER, R. **Metodologia para mitigação de problemas de inundação em cidades – estudo de caso: Rio Negrinho - SC**. [s.l.] Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia. Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2017.
- MUNAFÒ, M. R.; DAVEY SMITH, G. Robust research needs many lines of evidence. **Nature**, v. 553, n. 7689, p. 399–401, jan. 2018.
- NACE, R. L. *Water and Man. A World View*. 1969.
- NAKAMURA, S.; OKI, T. Paradigm Shifts on Flood Risk Management in Japan: Detecting Triggers of Design Flood Revisions in the Modern Era. **Water Resources Research**, v. 54, n. 8, p. 5504–5515, 2018.
- NELSON, G. C. et al. Anthropogenic drivers of ecosystem change: An overview. **Ecology and Society**, v. 11, n. 2, 2006.
- NOSEK, B. A. et al. Promoting an open research culture. **Science**, v. 348, n. 6242, p. 1422–1425, 2015.
- NOSSAS NOTÍCIAS. **Ruas centrais de Rio Negrinho no início da manhã desta segunda-feira, 28 de novembro de 2022**. Disponível em: <https://www.instagram.com/p/ClgDcE_uYgK/?igshid=YzdkMWQ2MWU%3D>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- NÜST, D.; PEBESMA, E. Practical Reproducibility in Geography and Geosciences. **Annals of the American Association of Geographers**, v. 111, n. 5, p. 1300–1310, 2021.
- O’CATHAIN, A.; MURPHY, E.; NICHOLL, J. Three techniques for integrating data in mixed methods studies. **BMJ (Online)**, v. 341, n. 7783, p. 1147–1150, 2010.
- O’KEEFE, P.; WESTGATE, K.; WISNER, B. Taking the naturalness out of natural disasters. **Nature**, v. 260, p. 566–567, 1976.
- PAIXÃO, M. A. et al. 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.
- PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. The Challenge in Disaster Reduction for the Water and Sanitation Sector: Improving quality of life by reducing vulnerabilities. **Pan American Health**, p. 49, 2006.
- PANDE, S. et al. Never Ask for a Lighter Rain but a Stronger Umbrella. **Frontiers in Water**, v. 3, n. January, p. 1–3, 2022.
- PANDE, S.; SIVAPALAN, M. Progress in socio-hydrology: a meta-analysis of challenges and opportunities. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Water**, v. 4, n. 4, p. e1193, 2017.
- PANWAR, V.; SEN, S. Disaster Damage Records of EM-DAT and DesInventar: A Systematic Comparison. **Economics of Disasters and Climate Change**, v. 4, n. 2, p. 295–317, 2020.

- PESCAROLI, G.; ALEXANDER, D. A definition of cascading disasters and cascading effects : Going beyond the “ toppling dominos ” metaphor ". **Planet@Risk, Global Forum Davos**, v. 3, n. 1, p. 58–67, 2015.
- PETERS, D. P. C. et al. Cross-scale interactions, nonlinearities, and forecasting catastrophic events. **PNAS**, v. 101, n. 42, p. 15130–15135, 2004.
- PLANK, T. et al. Why do mafic arc magmas contain ~4wt% water on average? **Earth and Planetary Science Letters**, v. 364, p. 168–179, 2013.
- QUARANTELLI, E. L. **What is a disaster?: perspectives on the question**. London: Routledge, 1998. v. 2
- QUARANTELLI, E. L. Statistical and conceptual problems in the study of disasters. **Disaster Prevention and Management: An International Journal**, v. 10, n. 5, p. 325–338, 2001.
- RAI, P.; KHAWAS, V. Traditional knowledge system in disaster risk reduction: Exploration, acknowledgement and proposition. **J’ambá - Journal of Disaster Risk Studies**, v. 11, n. 1, p. 1–7, 2019.
- RANGECROFT, S. et al. Guiding principles for hydrologists conducting interdisciplinary research and fieldwork with participants. **Hydrological Sciences Journal**, v. 66, n. 2, p. 214–225, 2021.
- RÄSÄNEN, A. Cross-scale interactions in flood risk management: A case study from Rovaniemi, Finland. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 57, n. 7491, 2021.
- RIO NEGRINHO. **Decreto nº 10.575 de 14 de março de 2011.**, 2011.
- RIO NEGRINHO. **Lei nº 2946/2014. Institui o Programa Municipal “Porteira Adentro” e estabelece outras providências**, 2017.
- RIO NEGRINHO. **Lei Complementar nº 136 de 15 de fevereiro de 2018.**, 2018.
- RIO NEGRINHO. **Plano Diretor de Macrodrenagem do Município de Rio Negrinho - SC**. Rio Negrinho: Prefeitura Municipal de Rio Negrinho, 2019a. v. 1, Fase 5
- RIO NEGRINHO. **Plano de Mobilidade Urbana Rio Negrinho**. Rio Negrinho: UFSC; AMUNESC; Prefeitura de Rio Negrinho - Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente, 2019b.
- RIO NEGRINHO. **Decreto nº 13.543, de 31 de maio de 2019.**, 2019c.
- RIO NEGRINHO. **Lei nº 3.436/2020. Dispões sobre o Programa Municipal de implantação e manutenção de áreas verdes urbanas e dá outras providências.**, 2020. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/sc/r/rio-negrinho/lei-ordinaria/2020/344/3436/lei-ordinaria-n-3436-2020-dispoe-sobre-o-programa-municipal-de-implantacao-e-manutencao>>
- RIO NEGRINHO. **Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil - PLANCON Rio Negrinho**. 2. ed. Rio Negrinho: Prefeitura Municipal de Rio Negrinho. Defesa Civil Municipal., 2021.
- RIO NEGRINHO. **Decreto nº 15.078/2022. Declara Situação anormal caracterizada como Situação de Emergência em áreas do município de Rio Negrinho afetadas por chuvas intensas.**, 2022.
- RIOS, J. O que é e como surgiu a Sociologia Rural. **Ciência & Trópico**, v. 1, p. 85–103,

1979.

ROBERTSON, R. Globalisation or glocalisation? **Journal of International Communication**, v. 1, n. 1, p. 33–52, 1994.

RUSCA, M.; DI BALDASSARRE, G. Interdisciplinary critical geographies of water: Capturing the mutual shaping of society and hydrological flows. **Water (Switzerland)**, v. 11, n. 10, 2019.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; BAPTISTA LUCIO, M. DEL P. **Metodologia de Pesquisa**. 5ed. ed. Porto Alegre, RS: [s.n.].

SANDERSON, M. R. et al. Bringing the “social” into sociohydrology: Conservation policy support in the Central Great Plains of Kansas, USA. **Water Resources Research**, v. 53, n. 8, p. 6725–6743, 2017.

SANTA CATARINA. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Canoinhas e Afluentes Catarinenses do Rio Negro** Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (org.). [s.l: s.n.].

SANTA CATARINA. **Definição do Enquadramento dos Cursos de Água será o tema da segunda oficina participativa do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Canoinhas e Afluentes Catarinenses do Rio Negro**. Disponível em: <<https://www.aguas.sc.gov.br/base-documental-rio-canoinhas/noticias-rio-canoinhas/item/8502-definicao-do-enquadramento-dos-cursos-de-agua-sera-o-tema-da-segunda-oficina-participativa-do-plano-de-recursos-hidricos-da-bacia-do-rio-canoinhas-e-afluentes-catar>>. Acesso em: 10 fev. 2023.

SAPOUNTZAKI, K.; DASKALAKIS, I. Transboundary resilience: the case of social-hydrological systems facing water scarcity or drought. **Journal of Risk Research**, v. 19, n. 7, p. 829–846, 2016.

SAPOUNTZAKI, K.; DASKALAKIS, I. Expansionary Adaptive Transformations of Socio-Hydrological Systems (SHSs): The Case of Drought in Messara Plain, Crete, Greece. **Environmental Management**, v. 61, n. 5, p. 819–833, 2018.

SAWADA, Y.; HANAZAKI, R. Socio-hydrological data assimilation: Analyzing human-flood interactions by model-data integration. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 24, n. 10, p. 4777–4791, 2020.

SEIBERT, J.; MCDONNELL, J. J. On the dialog between experimentalist and modeler in catchment hydrology: Use of soft data for multicriteria model calibration. **Water Resources Research**, v. 38, n. 11, p. 23-1-23–14, 2002.

SEIBERT, J.; MCDONNELL, J. J. Gauging the ungauged basin: Relative value of soft and hard data. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 20, n. 1, p. 1–6, 2015.

SEIDL, R.; BARTHEL, R. Linking scientific disciplines: Hydrology and social sciences. **Journal of Hydrology**, v. 550, p. 441–452, 2017.

SERVIÇO GEOLÓGICO BRASILEIRO. **Setorização de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massa, Enchentes e Inundações - Rio Negrinho - Santa Catarina**. Rio Negrinho: Serviço Geológico Brasileiro, 2018.

SHAW, A. M. et al. Hydrogen isotopes in Mariana arc melt inclusions: Implications for subduction dehydration and the deep-Earth water cycle. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 275, n. 1–2, p. 138–145, 2008.

SHELTON, R. E. et al. Managing household socio-hydrological risk in Mexico city: A game

- to communicate and validate computational modeling with stakeholders. **Journal of Environmental Management**, v. 227, n. August, p. 200–208, 2018.
- SIVAPALAN, M. et al. Socio-hydrology: Use-inspired water sustainability science for the Anthropocene. **Earth's Future**, v. 2, p. 225–230, 2014.
- SIVAPALAN, M. Debates—Perspectives on socio-hydrology: Changing water systems and the “tyranny of small problems”—Socio-hydrology. **Water Resources Research**, v. 51, p. 4795–4805, 2015.
- SIVAPALAN, M.; BLÖSCHL, G. Time scale interactions and the coevolution of humans and water. **Water Resources Research**, v. 51, n. 9, p. 6988–7022, set. 2015.
- SIVAPALAN, M.; SAVENIJE, H. H. G.; BLÖSCHL, G. Socio-hydrology: A new science of people and water. **Hydrological Processes**, v. 26, n. 8, p. 1270–1276, 2012.
- SKILODIMOU, H. D. et al. Multi-hazard assessment modeling via multi-criteria analysis and GIS: a case study. **Environmental Earth Sciences**, v. 78, n. 2, p. 1–21, 2019.
- SLATER, K.; ROBINSON, J. Social learning and transdisciplinary co-production: A social practice approach. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 18, p. 1–17, 2020.
- SORANNO, P. A. et al. Cross-scale interactions: Quantifying multi-scaled cause-effect relationships in macrosystems. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 12, n. 1, p. 65–73, 2014.
- SRINIVASAN, V. et al. Prediction in a socio-hydrological world. **Hydrological Sciences Journal**, v. 62, n. 3, p. 338–345, 2017.
- STARKEY, E. et al. Demonstrating the value of community-based (‘citizen science’) observations for catchment modelling and characterisation. **Journal of Hydrology**, v. 548, p. 801–817, 2017.
- STEPHENSON, D. Integrated flood plain management strategy for the Vaal. **Urban Water**, v. 4, n. 4, p. 423–428, 2002.
- STOLLEY, K. **The basics of sociology**. Westport: Greenwood Press, 2005.
- SUK, J. E. et al. Natural disasters and infectious disease in Europe: A literature review to identify cascading risk pathways. **European Journal of Public Health**, v. 30, n. 5, p. 928–935, 2020.
- SUNG, K. et al. Effects of Flood Control Strategies on Flood Resilience Under Sociohydrological Disturbances. **Water Resources Research**, v. 54, n. 4, p. 2661–2680, 2018.
- SWAIN, J.; KING, B. Using Informal Conversations in Qualitative Research. **International Journal of Qualitative Methods**, v. 21, p. 1–10, 2022.
- SWYNGEDOUW, E. Globalisation or ‘glocalisation’? Networks, territories and rescaling. **Cambridge Review of International Affairs**, v. 17, n. 1, p. 25–48, 2004.
- SWYNGEDOUW, E. The Political Economy and Political Ecology of the Hydro-Social Cycle. **Journal of Contemporary Water Research & Education**, v. 142, n. 1, p. 56–60, 2009.
- THALER, T. et al. Drivers and barriers of adaptation initiatives – How societal transformation affects natural hazard management and risk mitigation in Europe. **Science of the Total Environment**, v. 650, p. 1073–1082, 2019.

- THALER, T. Social justice in socio-hydrology—how we can integrate the two different perspectives. **Hydrological Sciences Journal**, v. 66, n. 10, p. 1503–1512, 2021.
- THIESEN, J. DA S. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, n. 39, p. 545–554, 2008.
- TOMPOROSKI, A. A.; (ORG.). **Rio Negrinho em dados socioeconômicos: 2019/2020**. Mafra: Universidade do Contestado, 2020.
- UNITED NATIONS - UN. **Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction**. Geneva: UN, 2016.
- UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION - UNESCO. **International Hydrological Decade, Intergovernmental Meeting of Experts, Final Report**. Paris: UNESCO, 1964.
- UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION - UNESCO. **The United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change**. Paris: UNESCO, 2020.
- UNITED NATIONS FOR DISASTER RISK REDUCTION - UNDRR. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030**. Geneva, Switzerland: UNDRR, 2015.
- UNITED NATIONS FOR DISASTER RISK REDUCTION - UNDRR. **Human Cost of Disasters** (UNDRR, Ed.) **Human Cost of Disasters**. Geneva: UNDRR, 2020.
- VALENCIO, N. et al. **Sociologia dos desastres**. São Carlos: Rima, 2009.
- VANELLI, F. M.; KOBİYAMA, M. **Situação atual da socio-hidrologia no mundo e no Brasil**. XXIII Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos. **Anais...**Foz do Iguaçu: 2019. Disponível em: <<http://anais.abrh.org.br/works/5932>>
- VANELLI, F. M.; KOBİYAMA, M. How can socio-hydrology contribute to natural disaster risk reduction? **Hydrological Sciences Journal**, v. 66, n. 12, p. 1758–1766, 2021.
- 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, n. 8, p. 2301–2317, 2022.
- VIGLIONE, A. et al. Insights from socio-hydrology modelling on dealing with flood risk - Roles of collective memory, risk-taking attitude and trust. **Journal of Hydrology**, v. 518, n. PA, p. 71–82, 2014.
- VILÍMEK, V.; SPILKOVÁ, J. Natural hazards and risks: the view from the junction of natural and social sciences. **Geografie**, v. 114, n. 4, p. 332–349, 2009.
- VOGEL, R. M. et al. Hydrology: The interdisciplinary science of water. **Water Resources Research**, v. 51, n. 6, p. 4409–4430, 2015.
- WALLINGTON, K.; CAI, X. Feedback Between Reservoir Operation and Floodplain Development: Implications for Reservoir Benefits and Beneficiaries. **Water Resources Research**, v. 56, n. 4, p. 1–20, 2020.
- WALOWSKI, K. J. et al. Slab melting beneath the Cascade Arc driven by dehydration of altered oceanic peridotite. **Nature Geoscience**, v. 8, n. 5, p. 404–408, 2015.
- WANG, G. et al. Impact of expansion pattern of built-up land in floodplains on flood vulnerability: A case study in the North China plain area. **Remote Sensing**, v. 12, n. 19, p. 1–

29, 2020.

WARD, P. J. et al. The need to integrate flood and drought disaster risk reduction strategies. **Water Security**, v. 11, n. 2020, 2020.

WENS, M. et al. Integrating human behavior dynamics into drought risk assessment—A sociohydrologic, agent-based approach. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Water**, n. June 2018, p. e1345, 2019.

WESTERBERG, I. K. et al. Perceptual models of uncertainty for socio-hydrological systems: a flood risk change example. **Hydrological Sciences Journal**, v. 62, n. 11, p. 1705–1713, 2017.

WHITE, G. F.; KATES, R. W.; BURTON, I. Knowing better and losing even more: The use of knowledge in hazards management. **Environmental Hazards**, v. 3, n. 3, p. 81–92, 2001.

WIERIKS, K.; VLAANDEREN, N. Water-related disaster risk reduction: Time for preventive action! Position paper of the High Level Experts and Leaders Panel (HELP) on water and disasters. **Water Policy**, v. 17, p. 212–219, 2015.

WILKINSON, M. D. et al. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. **Scientific Data**, v. 3, p. 1–9, 2016.

WILSON, N. J.; TODD WALTER, M.; WATERHOUSE, J. Indigenous knowledge of hydrologic change in the Yukon river basin: A case study of Ruby, Alaska. **Arctic**, v. 68, n. 1, p. 93–106, 2015.

WORLD BANK; UNITED NATIONS. **Natural Hazards, UnNatural Disasters**. Washington DC: [s.n.].

XU, L. et al. Reframing socio-hydrological research to include a social science perspective. **Journal of Hydrology**, v. 563, n. September, p. 76–83, 2018.

YORK, A. M.; SULLIVAN, A.; BAUSCH, J. C. Cross-scale interactions of socio-hydrological subsystems: Examining the frontier of common pool resource governance in Arizona. **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 12, p. 125019, 2019.

YOUNOS, T. et al. Introduction to the special issue “socio-hydrology: The new paradigm in resilient water management”. **Hydrology**, v. 8, n. 3, p. 2–4, 2021.

YU, D. J. et al. Incorporating institutions and collective action into a sociohydrological model of flood resilience. **Water Resources Research**, v. 53, p. 1336–1353, 2017.

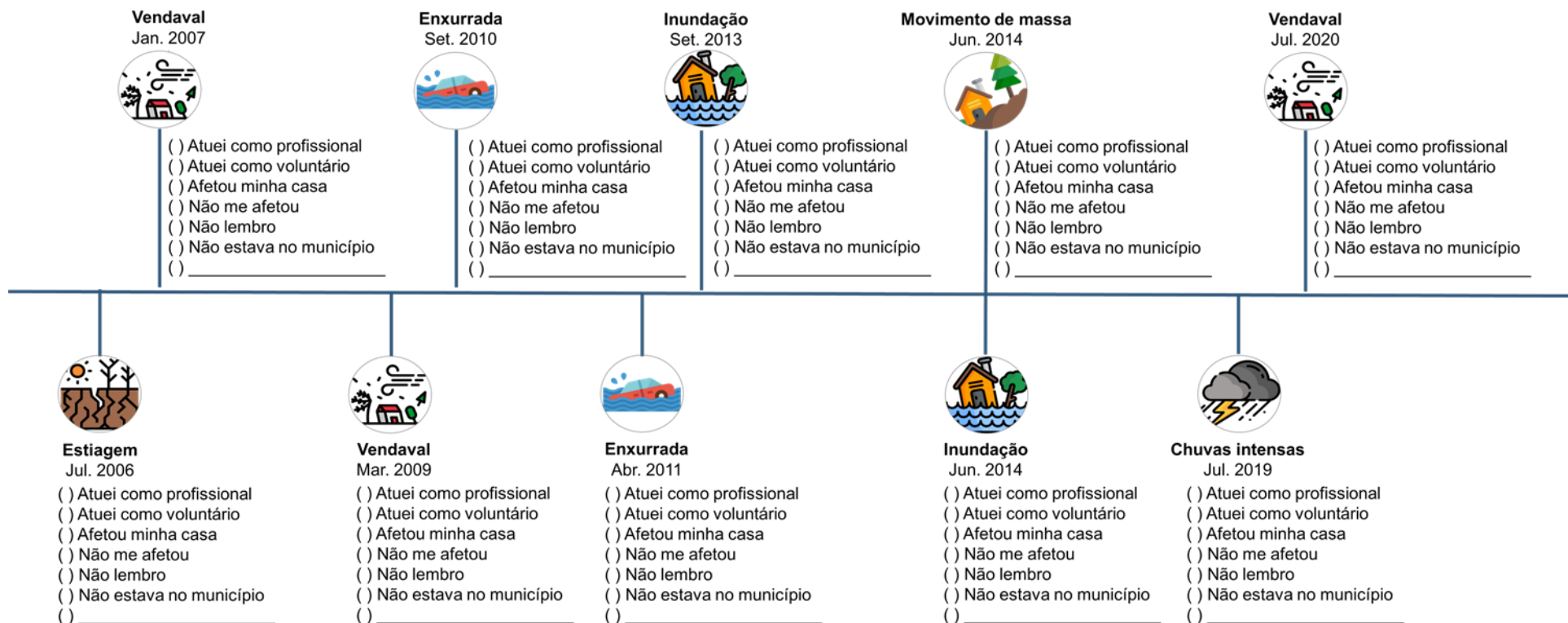
YU, D. J. et al. On capturing human agency and methodological interdisciplinarity in socio-hydrology research. **Hydrological Sciences Journal**, v. 67, n. 13, p. 1905–1916, 2022.

ZHOU, K.; LIU, B.; FAN, J. Post-earthquake economic resilience and recovery efficiency in the border areas of the Tibetan Plateau: A case study of areas affected by the Wenchuan Ms 8.0 Earthquake in Sichuan, China in 2008. **Journal of Geographical Sciences**, v. 30, n. 8, p. 1363–1381, 2020.

ZIPPER, S. C. et al. Balancing Open Science and Data Privacy in the Water Sciences. **Water Resources Research**, v. 55, n. 7, p. 5202–5211, 2019.

APÊNDICE A – Questionário com a linha temporal dos desastres aplicado aos participantes da reunião em Rio Negrinho (SC).

Parte2 da linha do tempo



4- Caso alguns eventos relevantes não tenham sido mencionados na linha do tempo, por gentileza, nos informe o que e quando ocorreram?
